

ESTUDIO DE LA IMPLANTACIÓN DE GNL EN EL PUERTO DE LA LUZ Y DE LAS PALMAS.

INFORME DE DEMANDA ESTIMADA 2020 / 2050



Septiembre 2017

INDICE GENERAL

1. ANTECEDENTES	1
2. ALCANCE DEL ESTUDIO DE DEMANDA	4
3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE DEMANDA	6
4. FACTORES DETERMINANTES DE LA EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE GNL COMO COMBUSTIBLE MARINO	7
5. METODOLOGÍA.....	10
6. PROCESO DE TRABAJO.....	15
6.1. Caracterización de la flota mundial	15
6.2. Caracterización de la flota mundial propulsada por GNL (5) (6) (7).....	17
6.3. Caracterización de la flota que escala en el puerto de La Luz y de Las Palmas (17).....	20
6.4. Estimación de los buques propulsados por GNL que realizarán suministros en el puerto de La Luz y de Las Palmas	23
6.4.1 Renovación de la flota	24
6.4.2 Transformación a GNL de la flota en el puerto de La Luz y de Las Palmas.....	27
6.4.3 Factores no económicos decisivos para la transformación a GNL	39
6.4.4 Escenarios.....	43
6.4.5 Resultados de la estimación de buques con transformación a GNL .	44
6.5. Estimación de demanda de GNL para suministro a buques en el puerto de La Luz y de Las Palmas	45
6.6. Caracterización de la demanda estimada de GNL en el puerto de la Luz y de las Palmas	53
6.7. Demanda complementaria de GNL.....	54
6.8. Demanda de GNL en el ámbito portuario.....	56
6.9. Resumen general de la demanda estimada en el puerto de La Luz y de las Palmas	57
BIBLIOGRAFÍA	58

ABREVIATURAS	60
GLOSARIO	61
RELACIÓN DE CONTACTOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de la flota GNL por tipo y GT	17
Figura 2 Zona geográfica de influencia de la flota propulsada por GNL	19
Figura 3 Escalas realizadas por tipo de buque y GT	21
Figura 4 Distribución por edad de las escalas en el puerto de La Luz y de Las Palmas	23
Figura 5 Datos considerados en el análisis de renovación de flota en buques tipo (T1).....	25
Figura 6 Sustitución anual de buques por tipo en el puerto de La Luz y de Las Palmas	26
Figura 7 Contenido máximo en azufre del combustible marino según área de navegación. (18)	27
Figura 8 Ejemplo de datos técnicos de propulsión recogidos. (27).....	34
Figura 9 Comparación de precios MDO-ULSFO. (28) (29).....	38
Figura 10 Previsión demanda energía térmica en Gran Canaria, en toneladas equivalentes de petróleo	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de las características de la flota global.....	16
Tabla 2 Órdenes de construcción respecto del total de la flota	16
Tabla 3 Órdenes de construcción de buques propulsados por GNL por tipo. (6) (2) (3) (7).....	18
Tabla 4 Resumen de las principales características de los motores de 4 tiempos DF. (10) (11) (12) (13)	19
Tabla 5 Resumen de las principales características de los motores de 2 tiempos DF. (14) (15) (16)	20
Tabla 6 Media de escalas anuales por tipo de buque	21
Tabla 7 Comparación de edad media de la flota en el puerto de La Luz y de Las Palmas con la global. (1)	23
Tabla 8 Costes de inversión para diferentes tecnologías de propulsión. (20) (22) (23) (24) (25) (26)	30
Tabla 9 Comparativa bibliográfica del coste de inversión en diferentes sistemas de propulsión.....	31
Tabla 10 Factores económicos para los escenarios planteados	43
Tabla 11 Porcentaje de transformación a GNL en el escenario intermedio	44
Tabla 12 Porcentaje de transformación a GNL en los escenarios optimista y pesimista	45
Tabla 13 Demanda combustible en toneladas equivalentes de GNL por tipo de buque T1 en 2016.....	47
Tabla 14 Demanda de combustible en toneladas equivalentes de GNL por tipo de buque T2 en 2016.....	48
Tabla 15 Demanda marítima final ajustada de GNL en el puerto de La Luz y de Las Palmas	50
Tabla 16 Demanda marítima estimada de GNL para buques tipo T1	51
Tabla 17 Demanda marítima estimada de GNL para buques tipo T2.....	52
Tabla 18 Suministro medio de combustible por tipo de buque y GT.....	53
Tabla 19 Caracterización del suministro por medio de bunkering	53
Tabla 20 Demanda complementaria de GNL	55
Tabla 21 Demanda de GNL en el ámbito portuario	57
Tabla 22 Resumen de demandas estimadas en el puerto de La Luz y de Las Palmas	57

1. ANTECEDENTES

El gas natural es un combustible de origen fósil no derivado del petróleo formado mediante una rica mezcla en hidrocarburos ligeros. Entre sus formas de presentación, se encuentra el gas natural licuado (GNL). En este caso el gas es sometido a un proceso de licuefacción para reducir su volumen en 600 veces y hacer posible su transporte en buques especializados. Para alcanzar la licuefacción se somete al gas a un proceso de reducción de temperatura a -162 grados centígrados, temperatura ésta a la que es transportado y almacenado en tanques criogénicos que permiten el mantener esta baja temperatura y evitar su gasificación.

Si realizamos una revisión histórica de la evolución de la propulsión en el transporte marítimo, la literatura describe dos grandes revoluciones tecnológicas que generaron grandes avances. El primer avance fue la transición de la vela a la energía de vapor, y la segunda el paso desde el vapor a la propulsión diésel con motores de combustión interna. El primer salto tecnológico (de la vela al vapor) en el transporte, resultó ser un proceso relativamente largo que coincidió con mejoras en la tecnología de los veleros, que incluso potenció una nueva era de veleros. Como resultado, los veleros siguieron operando en el mercado marítimo durante aproximadamente un siglo después de la introducción de los buques de vapor. Incluso se fabricaron por todo el mundo, buques de propulsión mixta vela-vapor. En España el primer buque de propulsión mixta fue el “Miguel Martínez de Pinillos” que se encargó al astillero inglés Laings of Deptford Yard, Sunderland en 1885 y que estuvo operativo hasta 1925.

La transición del vapor a los motores diésel de combustión interna se hizo a partir de 1925. El cambio fue impulsado por la simplicidad de suministro y economía de combustible de los motores diésel. A principios de los años cincuenta, el diésel contaba ya con más del 50% de cuota de mercado. Es decir, que un cambio en el que factores claves de decisión aportaban mejoras significativas, necesitó de 25 años hasta alcanzar el 50% del total de la flota.

El cambio a buques con GNL no supondrá una variación tan drástica como las transiciones tecnológicas anteriores, pero sí parece aportar mejoras importantes, en especial como solución más eficiente desde el punto de vista medio ambiental. Sin embargo, la evolución hasta esta fecha, apunta a que también será un cambio lento.

En los últimos años el desarrollo del gas natural licuado (GNL), en el ámbito del transporte, es mayoritariamente utilizado en vehículos pesados interurbanos y en buques. Como combustible marítimo está creciendo a un ritmo inferior al esperado en los diversos estudios que se han realizado hasta la fecha. De manera general el crecimiento se viene produciendo tanto en flota disponible y nuevas órdenes de construcción como en infraestructuras. De forma más específica, en lo que a

buques –generadores de demanda- se refiere, el crecimiento resulta más acentuado en tipos de buques concretos y en zonas geográficas muy determinadas. A nivel global tanto en rango geográfico como en las tipologías de buques generadoras de altos volúmenes de demanda el crecimiento viene siendo lento.

El grueso de la flota mercante mundial es propulsado por combustibles convencionales, fueles pesados y diésel marino. La nueva normativa medio ambiental, aplicable desde enero de 2020, podría resultar impulsora en la tendencia hacia el GNL en el transporte marítimo, especialmente –como ya decíamos – en determinadas zonas geográficas y en determinadas tipologías de buques.

En concreto, la Unión Europea, en su estrategia Europa 2020 que promueve un crecimiento inteligente, sostenible e integrador, se plantea la reducción de combustibles derivados del petróleo y un ambicioso objetivo de reducir en un 60% las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte para el año 2050. En este marco el Parlamento Europeo aprobó a finales de 2014 la directiva 2014/94 relativa a la “implantación de Infraestructuras de Combustibles Alternativos” que viene a concretar, y establecer compromisos y objetivos para el desarrollo de infraestructuras, a la vez que fijar las especificaciones técnicas comunes en la Unión Europea que faciliten la transición a nuevos combustibles en el transporte y que fundamentalmente pivotan sobre GNL y el GNC.

La directiva establece claros compromisos a los estados miembros. En concreto en su artículo 6, “Suministro de gas natural para el transporte”, en su punto 1, dice “*Los Estados miembros dispondrán lo necesario, a través de sus marcos de acción nacionales, para que exista un número adecuado de puntos de repostaje de GNL, en los puertos marítimos, a fin de que las embarcaciones de GNL de navegación interior o marítimas, puedan circular a través de la red básica de la RTE-T el 31 de diciembre de 2025 a más tardar, ...*”

El Ministerio de Fomento en España recibe este reto no sólo con la obligación de cumplir su compromiso como cualquier estado miembro, sino con interés estratégico de liderar esta transición en Europa capitalizando las infraestructuras existentes de GNL que hacen a España junto con Noruega, líderes europeos en este sector. Así, el Ente Público Puertos del Estado junto a la compañía Enagás y un conjunto de empresas y Autoridades Portuarias han preparado un proyecto ambicioso (2015-2018) que mediante estudios y acciones pilotos servirá de soporte para la implantación del GNL en el sector del transporte marítimo, así como para el desarrollo de la directiva 2014/94 en los puertos españoles. Este proyecto ha sido presentado para su cofinanciación al programa *Connecting Europe Facility 2014* que financia el desarrollo de la Red Transeuropea de Transportes TEN-T.

Nos encontramos en un contexto positivo para la evolución hacia combustibles menos contaminantes en el transporte marítimo, pero no se producirá esa evolución si las compañías navieras no adoptan decisiones de cambio sobre la motorización de sus buques en activo, y en especial sobre sus nuevas construcciones. Esta toma

de decisiones, vendrá condicionada por diferentes factores, que constituyen las claves del cambio que se concretan en aspectos fundamentales y muy definidos. Los factores de cambio fundamentales son de tipo económico, de tipo medioambiental, de tipo regulatorio, y de disponibilidad de infraestructuras en los puertos como garantía de suministros. También influirán en la toma de decisiones factores menos objetivos, como los de resistencia al cambio inherentes a cualquier evolución importante o factores positivos como el aprovechamiento vía marketing de la adhesión a políticas “verdes” y medioambientalmente sostenibles, entre otros. En el punto 3 de este informe se desarrollan en mayor detalle estos factores.

El desarrollo del análisis de demanda estimada de este trabajo, se basará fundamentalmente en el estudio de estos factores clave de decisión, y en la consideración de diferentes escenarios en su proyección futura.

Situándonos en ámbito local, el puerto de La Luz y de Las Palmas, ha sido incluido dentro de los puertos españoles de la red principal o red básica, por lo que de acuerdo al artículo 6.1 de la directiva referida, deberá disponer de las infraestructuras adecuadas y suficientes con anterioridad al 31 de diciembre de 2025. Es en este contexto en el que la Autoridad Portuaria de Las Palmas se plantea su posicionamiento y su estrategia de gas natural atendiendo a sus condicionamientos particulares. Entendemos que el caso de Las Palmas hay un aspecto fundamental que requiere un análisis particular y especializado que tome en consideración la particular posición del puerto como puerto de **bunkering**. El puerto de la Luz y de Las Palmas, referente como *hub* de suministro de combustible marítimo en las rutas atlánticas de largo recorrido con un suministro anual que ronda los dos millones de toneladas es el segundo puerto español tras Algeciras/Gibraltar y debe anticiparse para garantizar su liderazgo. Además, el puerto ha de estar en condiciones de atender las necesidades que operadores de corta y media distancia pudieran tener, como consecuencia de decisiones de remotorización y/o incorporación de motorizaciones de GNL en el corto o medio plazo, ya sea en motores de propulsión o en motores auxiliares para reducir las emisiones en puerto. La tipología de buques tipo Ro-pax y buques de cruceros, son las más activas en la tendencia hacia el GNL, tipologías de conocida importancia en el puerto de la Luz y de Las Palmas.

A su vez, por la privilegiada posición del puerto, como punto de entrada y almacenamiento de GNL, entendemos que un trabajo de estudio de las necesidades de tipo marítimo portuarias, debe ir acompañado de un estudio de necesidades complementarias como son:

- **Suministro de gas natural para la generación eléctrica y energía térmica de uso industrial en el ámbito portuario.**
- **Suministro de vehículos y maquinaria portuaria.**
- **Otros usos complementarios.**

- Energía térmica de uso doméstico e industrial en la isla de Gran Canaria si fuese requerido.
- Automoción: Suministro de gas natural a la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria y otros municipios próximos, con el objeto de servir la demanda tanto en formato licuado, comprimido o gaseoso, en el entorno de la automoción, transportes públicos, taxis, y otros vehículos de servicios municipales.

Como referencia, indicar que en el año 2015 la firma Lloyd's Register realizó una encuesta con una muestra de 22 puertos a nivel mundial: el 64% de los puertos se consideraban “drivers” o motores de la adopción del GNL en su área de influencia y el 59% ya tenían en 2014 una planificación al respecto.

2. ALCANCE DEL ESTUDIO DE DEMANDA

2.1 Alcance en función del periodo considerado:

El periodo considerado es el comprendido entre los años 2020 – 2050.

Se parte de la estimación en fecha próxima, - año 2020- para alargarnos en el tiempo hasta el año 2050. Las principales razones de que el análisis se alargue hasta el año 2050, es decir durante 30 años son las siguientes:

- **Cambio lento.** El cambio hacia el GNL como combustible de propulsión de buques, parece que se desarrollará de manera lenta. Toda la documentación estudiada, y todas las entrevistas realizadas, apuntan a que el cambio se irá produciendo muy poco a poco, en especial en los buques de gran tamaño, en navegaciones de larga distancia. Coincide, además, que estos buques son los primeros consumidores mundiales de combustible marino, y que constituyen en la actualidad un importante nicho de clientes de combustible en el puerto de La Luz y de Las Palmas, por lo que su efecto en la estimación de la demanda es alto.
- **Cobertura de un ciclo completo de vida de las nuevas construcciones de buques.** Se ha considerado en este trabajo, que el cambio hacia el GNL para buques se irá produciendo en mayor medida –casi de forma generalizada-, como consecuencia de su incorporación en la motorización de las nuevas construcciones, y muy escasamente por operaciones de remotorización de buques actuales. Por esta razón, se considera que se obtiene una mejor visión a futuro

en la estimación de la demanda, si el estudio se alarga por encima de las segundas sustituciones de buques, al menos para aquellas unidades que se construyan hasta el año 2025, donde el GNL como combustible marítimo estará aún poco desarrollado.

- **Homogenización con las fechas utilizadas por el proyecto Core LNG Hive**, liderado por Puertos del Estado y Enagás. Permite una mayor coordinación de estimaciones y fechas con el proyecto indicado, que alcanza en sus estimaciones hasta el año 2050. Esta coordinación es importante, de un lado por la condición de **stakeholder** en el proyecto solicitada por la Autoridad Portuaria de Las Palmas y porque el propio puerto de La Luz y de Las Palmas, también es objeto de estudio dentro del referido proyecto. Los estudios de demanda del Core LNG Hive alcanzan la fecha 2050.

2.2 Alcance en función del tipo de demanda.

- **Demanda potencial de buques y embarcaciones.**

Es el nicho de demanda que origina este trabajo, dada la obligatoriedad de cumplir con la normativa europea relativa a la disposición de servicio de suministro de GNL en el puerto y a la propia estrategia de la Autoridad Portuaria de aportar un servicio de calidad a los buques que escalan en el puerto o que requieren de suministro de combustible en fondeo.

Constituye el grueso del análisis realizado, y el que condiciona la metodología y el proceso de trabajo, como se verá en los puntos siguientes de este informe.

- **Demanda de GNL para la generación eléctrica y energía térmica de uso industrial en el ámbito portuario.**

Está enfocado a cubrir la demanda potencial de las industrias instaladas en el recinto portuario, en el supuesto de que pudieran estar interesadas en este tipo de energía.

- **Demanda para el suministro de vehículos y maquinaria portuaria.**

Se considera que pudiera tener poco efecto en el conjunto de la demanda total estimada.

- **Demanda complementaria para usos fuera del puerto.**
 - Demanda potencial en el ámbito municipal y urbano.
 - Demanda potencial de tipo energético e industrial.

Se considera de gran importancia para complementar la utilización de instalaciones de almacenaje y el servicio de entrada de GNL en el puerto de La Luz y de Las Palmas, en especial durante la primera década de desarrollo de este combustible en el puerto.

A priori, en los primeros pasos del análisis, se considera que la incorporación de la demanda extraportuaria a la valoración de la demanda total, en el caso de producirse, modificaría de manera significativa la necesidad de instalaciones de almacenaje y el modelo de suministro de estas instalaciones, con un efecto importante en el coste de la logística, dado las sinergias que se generarían.

El GNL llegará a la isla de Gran Canaria por el puerto, por lo que es razonable pensar que la primera instalación de almacenaje para el conjunto de los usos estará ubicada en el puerto, y que esta instalación podría ser compartida, al menos en los primeros años de desarrollo. A su vez, la existencia de una política desde la Autoridad Portuaria enfocada a potenciar el desarrollo del GNL para la actividad portuaria, constituye un factor clave y potenciador del desarrollo del GNL para usos complementarios.

3. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE DEMANDA

El estudio de demanda no es un fin en sí mismo, sino la herramienta que permitirá valorar las necesidades en el ámbito portuario derivadas de la evolución de la demanda esperada.

El objetivo del estudio de la demanda es el disponer de información suficiente que permita:

1. Realizar el diseño de la logística de entrada de GNL.
2. El diseño de la canalización desde el punto de entrada al puerto hasta el punto de almacenaje.
3. El diseño y dimensionamiento del almacenaje e infraestructuras complementarias.
4. El diseño de la logística de salida hacia consumo, para cada uno de los nichos de demanda.

En todos los casos, aportando la solución óptima para los diferentes volúmenes estimados para las diferentes fechas, dentro del periodo considerado.

4. FACTORES DETERMINANTES DE LA EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE GNL COMO COMBUSTIBLE MARINO

Cualquier ejercicio dirigido a estimar el futuro es de gran dificultad y conlleva un alto nivel de incertidumbre en su fiabilidad. El caso que nos ocupa no es una excepción, conocemos la dificultad y conocemos el riesgo en la fiabilidad de los resultados, si bien, la realización de un análisis ordenado de los factores que determinan la toma de decisiones de las compañías navieras en la elección del tipo de combustible para sus buques, facilita la realización del trabajo y garantiza un soporte objetivo de los resultados que se obtendrán. En todo caso pensamos, que es más positivo disponer de un análisis que aporte unas cifras estimadas en base a diferentes comportamientos de los factores que las condicionan, que no disponer de dato alguno, lo que frenaría la disposición de infraestructuras y limitaría de manera directa el propio crecimiento.

La regulación relativa a las emisiones a la atmósfera en el transporte marítimo, -que veremos detallada más adelante- impone unas obligaciones y limitaciones al sector. Las compañías navieras en su obligación de ajustarse a la normativa, han de adoptar decisiones -cuanto menos- asegurando el mínimo efecto en costes y con los mínimos riesgos de efectos negativos en sus actividades corrientes, y en especial a sus tiempos de operación. Estos mínimos que han de asegurar los responsables de las compañías constituyen los factores determinantes a la evolución del GNL como combustible marino.

Los factores podemos concretarlos como sigue:

- **Factores económicos. Factores relativos a la rentabilidad de la solución.**

El coste diferencial generado por la inversión en este tipo de buques en relación a soluciones alternativas, tiene que ser significativamente inferior que el ahorro en costes esperados en la actividad del buque durante su vida útil.

La elección de la utilización de motorizaciones que soporten el GNL como combustible o cualquiera de las alternativas, deberá resultar rentable desde un punto de vista económico. Los mayores costes de inversión en motorizaciones de GNL o Dual Fuel, han de ser compensadas por unos menores costes de explotación durante la vida útil del buque principalmente, en lo que a costes de consumo de combustibles se refiere.

Disminución de OPEX > Incrementos de CAPEX

Igualmente, cabría esperar medidas de apoyo desde las instituciones que facilitan económicamente la toma de decisiones hacia combustibles menos contaminantes. En este sentido cabe destacar las ayudas a través de fondos CEF en Europa, o las ayudas en costes de explotación a través de reducciones de las tasas portuarias en el sistema portuario español.

- **Factores Medioambientales. Evolución esperada de la regulación en materia medioambiental.**

El compromiso mundial por la reducción de las emisiones contaminantes y de gases de efectos invernadero es muy fuerte, en especial en EEUU y Europa.

La consideración de que la regulación seguirá avanzando de forma restrictiva también condiciona la toma de decisiones. Actualmente el GNL es dentro de las diferentes alternativas, la más efectiva en la reducción y o eliminación de los diferentes contaminantes a la atmosfera, posibilitando –en relación a los combustibles tradicionales derivados del petróleo- las siguientes reducciones:

- Óxidos de Azufre (SO_x): 100% de reducción.
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x): 80% / 85% de reducción.
- Dióxido de Carbono (CO₂): al menos 20% de CO₂.
- Eliminación de las partículas sólidas.

Considerar que la normativa pudiera tender hacia posiciones más restrictivas, potenciaría la posición de la solución GNL. Cabe pensar que una política más restrictiva, de un lado dificultaría la posición de las soluciones alternativas, a la vez que mejoraría la posición del GNL tanto como solución técnica, como por su efecto sobre el factor económico.

Dada la evolución de las políticas medioambientales a nivel mundial, no se considera a efectos del presente estudio que la normativa pudiera tender hacia posiciones menos restrictivas que las ya conocidas, por lo que la situación mínima de partida es la conocida hasta hoy, ya aplicadas y las que entrarán en vigor a partir del 1 de enero de 2020.

- **Factores relativos a la evolución esperada de las infraestructuras de almacenamiento y de suministro.**

Las decisiones de adopción del GNL como combustible por parte de las compañías navieras, pasan por la fiabilidad del suministro del producto, lo que requiere infraestructuras adecuadas de almacenamiento en los puertos y disponibilidad de medios de suministro en sus diferentes opciones. Unas infraestructuras y servicio de bunkering adecuados, deberán permitir la realización del suministro sin afectar a las operaciones corrientes del buque y sin aumentar los tiempos de estancia en puerto. Una buena red de suministros garantizados potenciará el crecimiento de la flota propulsada por GNL.

Actualmente esta red es insuficiente, y se encuentra muy localizada en determinadas zonas en Europa y EEUU, por lo que no se dispone de posibilidad de suministro en grandes zonas a nivel mundial. Esta situación dificulta el crecimiento de la construcción de buques con propulsión por GNL en navegaciones tipo Deep Sea de largas distancias, mientras que están creciendo de manera significativa las ordenes de construcción para buques de operación en líneas regulares de corto y medio rango, buques con actividad como transporte marítimo de corta distancia.

El ritmo de crecimiento de las infraestructuras y medios de suministro de GNL en los puertos, resulta por tanto un factor determinante en la evolución de la demanda. Dado el alto coste de inversión y de explotación de las infraestructuras y los medios de suministro, difíciles de soportar en bajos volúmenes de demanda, podría decirse que nos encontramos en un bucle que se retroalimenta, tanto en sentido positivo como en sentido negativo. Parece claro que sin capacidad de suministro no habrá demanda, a la vez que también es cierta la dificultad que supone para la iniciativa privada acometer inversiones en la que la rentabilidad durante sus primeras fases, resultará muy complicada.

Asumida la necesidad de puntos de suministro para potenciar la demanda, la Unión Europea a través de la Directiva 2014/94 relativa a la “implantación de Infraestructuras de Combustibles Alternativos” que exige la obligación de disponer de capacidad de suministro de GNL en todos los puertos de la red básica de la red Transeuropea de Transporte no más tarde del 31 de diciembre de 2025. A la vez que apoya vía fondos CEF -entre otros- proyectos de estudio y proyectos de trabajo real para facilitar el desarrollo de las cadenas logísticas de transporte, infraestructuras portuarias y medios de suministro.

- **Otros factores de decisión de carácter subjetivo.**

Además de los factores indicados hay factores de carácter subjetivo de difícil valoración, pero que también condicionan la toma de decisiones, especialmente en las primeras fases de la evolución hacia el GNL.

Factores como la “resistencia al cambio” que afectaran negativamente la evolución del GNL en tanto no se incorpore un alto número de buques, y factores como las tendencias hacia políticas “verdes” de las compañías, que mejoran su imagen de sostenibilidad medioambiental en el mercado y que potenciaran en positivo la incorporación de buques de GNL.

Se desconoce en estos momentos cuáles serán las decisiones que optarán las distintas navieras, al objeto de cumplir con la nueva normativa medioambiental, aplicable desde enero de 2020, sobre las opciones disponibles.

- a. Sistemas de limpieza de gases de escape – scrubber.
- b. Utilización de Fuel de bajo contenido de azufre que permita cumplir con la normativa medioambiental. Esta opción se encuentra con la problemática de la limitación de la producción de este tipo de combustible por parte de las refinerías.
- c. Utilización de Gasoil. Es la opción más cara, pero es la disponible de forma inmediata.
- d. Utilización de GNL.

5. METODOLOGÍA

El estudio de la demanda es un estudio complejo y con un alto grado de incertidumbre en sus conclusiones. Fijar en cifras una serie de opiniones, visiones, tendencias, y sus conclusiones conceptuales y teóricas requiere la aplicación de una metodología clara y precisa, que servirá de soporte al proceso concreto con el que se desarrolla el estudio.

Como base metodológica se ha trabajado de acuerdo al siguiente orden:

- A. Situación actual. Flota mundial y órdenes de construcción de buques con propulsión de GNL, la tipología de buques con mayor o menor incidencia. De manera local, toda la información disponible de escalas en el puerto de La Luz y de Las Palmas.**

De un lado hemos trabajado sobre datos globales de la flota, con el objeto de conocer como está actualmente la situación a nivel mundial, que avances se vienen produciendo y cuáles son los avances previstos para los próximos años, hay tipologías y zonas geográficas donde se produce un mayor crecimiento o no lo hay, cual es la edad media de los buques por tipología, entre otras cuestiones.

De otro lado el estudio también se centra en la situación concreta del puerto de La Luz y de Las Palmas. Que escalas se han producido en los últimos años, que buques utilizan de manera recurrente el puerto, que buques hacen uso del servicio de bunkering, y en qué tráficos operan. En que líneas se encuadran los buques que escalan de manera recurrente en el puerto, a qué tipología corresponden, cuál es su edad media, cuando se debería realizar su sustitución por vejez u obsolescencia, en que otros puertos escalan dentro de sus líneas, etc.

El conocimiento detallado de lo que está sucediendo a nivel global y el conocimiento también detallado de la tipología de tráficos en el puerto de La Luz y de Las Palmas y de los suministros de combustibles, posibilita la extrapolación de informaciones globales a nuestro caso concreto del puerto de La Luz y de Las Palmas, permitiéndonos bajo determinadas asunciones, la estimación de determinados parámetros que resultan claves para la estimación de la demanda en el periodo considerado, y de forma específica la estimación de las fechas de sustitución de buques con escalas recurrentes en el puerto, y la determinación bajo diferentes escenarios de las decisiones de evolución hacia el GNL, los consumos previstos, etc.

De forma concreta pretendemos conocer:

1. **Flota de GNL mundial.** Como se está comportando hasta la fecha la demanda de buques con propulsión de GNL en el mundo.
 - a. Remotorización de buques ya existentes.
 - b. Buques de nueva construcción.

En ambos casos hay que conocer la tendencia hacia GNL por:

- i. Tipología de buques: Tipos de buques por su actividad. Buques de pasaje, buques Ro-Ro, Contenedores,
- ii. Tipología de tráficos:
 - Tráficos de corta y media distancia. En general líneas regulares.
 - Tráficos de larga distancia. Líneas regulares y buques dependientes de mercado spot.

c. Media de edad y vida útil de la flota mundial por tipología.

2. **Información de flota con escala en el Puerto de La Luz y de Las Palmas.** Se pretende conocer las escalas de buques en el Puerto de La Luz y de Las Palmas en los últimos años (2014-2016), con la siguiente información mínima:

- a. Buques recurrentes. Se establece como recurrente, aquel buque con más de 12 escalas en el periodo estudiado.
- b. Buques no recurrentes

También se analiza:

- i. Tipología de buques. En especial centrada en los buques recurrentes.
- ii. Tipología de tráfico- Centrado en buques recurrentes. Estudio de líneas concretas de actividad.
- iii. Estudio de edad de la flota recurrente en el puerto de La Luz y de Las Palmas.
- iv. Suministros de combustibles, en el periodo estudiado, diferenciando entre buques recurrentes, no recurrentes, suministros en atraque, y suministros en fondeo, referido en todo caso a combustibles actuales

3. **Comparación** de las tendencias de evolución hacia GNL a nivel global, con la tipología de buques en el puerto de La Luz y de Las Palmas.

B. Determinación de la evolución de los buques a sustituir:

1. Buques recurrentes en el puerto de La Luz y de Las Palmas:

Como ya ha sido indicado anteriormente, el trabajo realizado se basa en que la evolución hacia el GNL se producirá fundamentalmente como consecuencia del cambio a este tipo de motorización en el momento de la sustitución de buques, más que por su remotorización. Por esta razón, es necesario realizar una estimación de la evolución de las sustituciones de buques con operación en el puerto de La Luz y de Las Palmas, en base a una vida útil estimada para cada buque. La vida útil ha quedado fijada en 25 años para todas las tipologías de buques. Este es un dato cambiante y muy dependiente de la evolución del mercado, de la situación económica, de la obsolescencia, y de otros factores. Consideramos a efectos del estudio la vida útil indicada a efectos de los

tráficos en el puerto de La Luz y de Las Palmas, con independencia de que el mismo buque pudiera continuar en actividad en otras zonas geográficas.

2. Buques no recurrentes en el puerto de La Luz y de Las Palmas.

Sobre estos buques no ha sido realizado un estudio de edad, sino que se ha trabajado bajo la asunción de que los buques serán sustituidos de manera lineal con una media anual del 4%.

C. Determinación de que parte de los buques sustituidos podrían evolucionar hacia motorizaciones de GNL.

En los puntos anteriores hemos conocido la flota, y hemos determinado la estimación de sustituciones de buques por nuevas construcciones. Se trata en este punto de la metodología, de estimar que parte de las nuevas construcciones evolucionará a GNL como combustible, o por el contrario, optará por cualquiera de las alternativas, que posibiliten el cumplimiento de la normativa medioambiental.

A estos efectos, se ha trabajado sobre las cuestiones claves que pueden influir en la toma de decisiones de los responsables de las compañías navieras, en una cuestión de tanta importancia. Estas claves son los que hemos denominado **factores de decisión**, al que hemos dedicado el punto 4 de este informe, y que desarrollaremos más adelante en el relativo al proceso de trabajo.

Únicamente a modo de resumen indicar, que los factores de decisión no son universales, en nuestro trabajo se han considerado dos aspectos diferenciadores.

a. Factores aplicables por tipología de buque / tráfico. Hemos establecido dos grupos generales, que vienen a representar:

- i. **Tipos de buques / tráfico en los que todas las informaciones apuntan que tendrán una evolución más rápida hacia el GNL.** Dentro de este grupo, a efecto de valoración de los factores se ha mantenido la diferenciación entre buques Ro-Pax / Ferries-Cruceros, Ro-Ro y Car Carrier, pequeños portacontenedores y otros, con actividad en línea regular de corta y media distancia. **(T1)**

- ii. Tipos de buques / tráficos. Fundamentalmente buques de línea regular o no con actividad en tráficos intercontinentales de larga distancia. **(T2)**

La clasificación realizada, es por razón de que los factores de decisión se ven afectados de manera muy importante por esta diferenciación.

b. Factores aplicables por la visión concreta y en algunos casos de alto componente subjetivo que aplicarán las unidades de decisión.

- i. Optimista o favorable hacia la evolución de los aspectos positivos del cambio hacia el GNL.
- ii. Pesimista o desfavorable.

La aplicación de ambos escenarios implicará la obtención de una horquilla de cambio, de la que resultará un escenario intermedio.

D. Determinación de los suministros de GNL que podrían realizar en el puerto de La Luz y de Las Palmas.

Se trata del punto final de estimación de la demanda. Habiendo determinado hasta el punto anterior, cual podría ser la flota de GNL con actividad en el puerto en el periodo de estudio, falta únicamente valorar que parte de esa flota decidirá suministrar combustibles en el puerto de La Luz y de Las Palmas. Para ello se ha trabajado, igualmente con dos escenarios, uno optimista y otro pesimista. En ambos casos se ha considerado:

- a. Información estadística de suministros actuales por tipos de buques, tráficos, atracados, en fondeo, etc.
- b. Puertos alternativos en las líneas de buques con escalas recurrentes en el puerto. Posición competitiva del puerto de La Luz y de Las Palmas.
- c. Posición del puerto de La Luz y de Las Palmas en el corredor atlántico tanto para líneas norte-sur, como para líneas este-oeste.
- d. Posición de liderazgo actual del puerto de La Luz y de Las Palmas en el suministro de combustibles, especialmente en tráficos internacionales de larga distancia.

Dentro de las opciones consideradas hemos optado por mantener el patrón de suministro actual en el puerto.

A efectos de desarrollar adecuadamente el esquema metodológico expuesto, se ha trabajado en base a:

a. Trabajo interno.

- i. Informaciones globales.
- ii. Informaciones locales. Estadísticas de escalas y suministros de combustibles en el puerto de La Luz y de Las Palmas.
- iii. Estudios previos de rango global, y nacional.
- iv. Análisis internos SBC. Fundamentalmente estudios económicos.

En Anexo se incluye un detalle de las referencias utilizadas.

b. Trabajo de campo. Se ha contactado con la mayor parte de las compañías y otros organismos de una u otra forma afectadas o con capacidad de decisión sobre el tema. Compañías navieras, consignatarios y agentes de buques, compañías de bunkering, compañías comercializadoras del producto, compañías de distribución, compañías industriales consumidoras en puerto, organismos públicos, asociaciones, etc. Los contactos se han realizado a través de:

- i. Cuestionarios
- ii. Entrevistas directas.
- iii. Entrevistas telefónicas.

En Anexo se incluye un detalle contactos mantenidos.

6. PROCESO DE TRABAJO

El proceso de trabajo desarrolla la metodología indicada en el punto anterior, a través de la realización de una serie de tareas concretas que nos permiten acercarnos al objetivo de estimación de la demanda de GNL en el puerto de La Luz y de Las Palmas en el periodo considerado 2020/2050.

6.1. Caracterización de la flota mundial

Antes de abordar el análisis de la demanda resulta interesante realizar un resumen del estado y características de la flota mundial actual para más adelante poder

realizar las comparaciones pertinentes con la flota que escala en el puerto de La Luz y de Las Palmas y con la flota global propulsada por GNL.

Los datos recogidos en función del tipo de buque incluyen las siguientes características:

- N° Unidades
- Edad media (1)
- Tonelaje medio (1)
- N° unidades en construcción (2) (3)
- Porcentaje de tonelaje por tipo y rango de edad (1)
- Consumo de combustible medio por tipo de buque (4)

Tabla 1 Resumen de las características de la flota global

	Unidades		Tonelaje medio (DWT)	Edad media 2016
	Actual	En astillero		
Bulkers	11.003	1.283	72.933	8,8
Portacontenedores	5.211	423	32.100	11,2
General Cargo	12.276	154	4.000	24,7
Tankers	14.296	1.301	53.304	18,0
Otros	11.511	871	6.000	22,5
Pasajeros/Cruceros	1.699	64	6.000	20,3
Ro-Ro	2.306	101	50.000	19,7
Ro-Pax	2.668	77	8.500	21,0

La relación entre en el número de unidades y el de órdenes de construcción reflejadas en la Tabla 2 nos permite conocer el desarrollo actual del mercado global de construcción de buques en función del tipo de buque.

Tabla 2 Órdenes de construcción respecto del total de la flota

Tipo de buque	Ordenes	Tipo de buque	Ordenes
OSV	18%	Portacontenedores	8%
Metaneros	17%	Cruceros	4%
Bulkers	12%	Ro-Ro	4%
Petroleros	8%	Ro-Pax	3%
Tankers	8%	General Cargo	2%

6.2 Caracterización de la flota mundial propulsada por GNL (5) (6) (7)

Además, se realiza un resumen del estado actual del mercado de buques propulsados por GNL con el objeto de conocer la progresión del mercado, las zonas de navegación y las tecnologías de propulsión escogidas, para ello se ha recogido la siguiente información sobre los buques propulsados por GNL en servicio o en construcción, que se presenta en la Figura 1 y la Tabla 3.

- Tipo de buque
- Nombre del buque
- Fecha de entrega
- Armador
- Astillero de construcción
- Tipo de motor
 - GT
- DWT
- Potencia
- Área de navegación

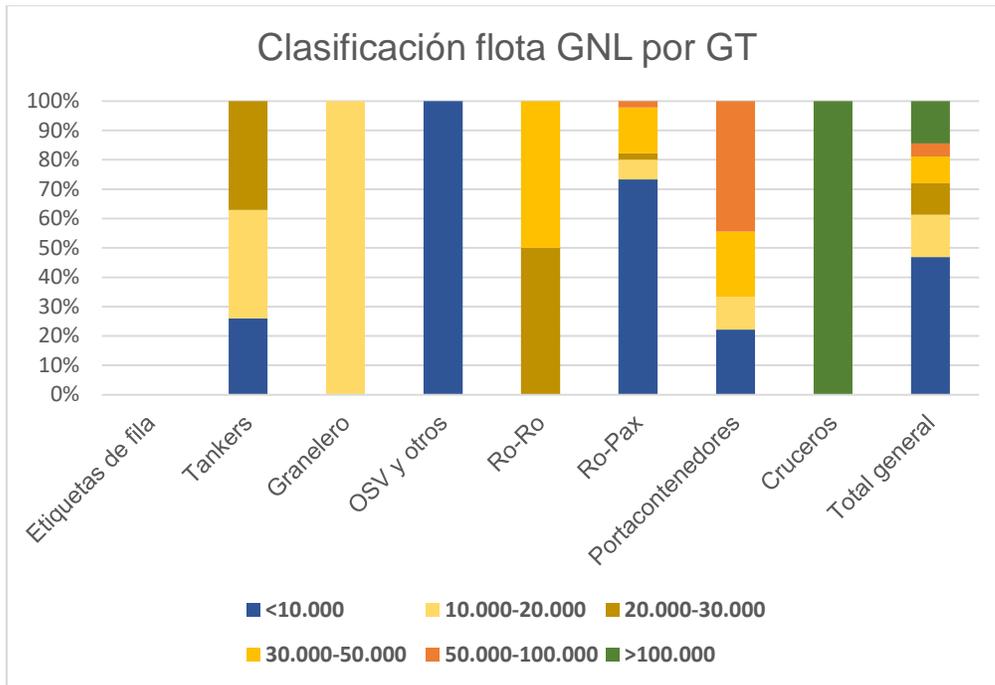


Figura 1 Clasificación de la flota GNL por tipo y GT

Si se compara el número de órdenes de construcción para buques de GNL con las órdenes de construcción mundiales, –por tipología de buques-, se obtiene una primera aproximación del grado de transformación en función del tipo de buque, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3 Órdenes de construcción de buques propulsados por GNL por tipo. (6) (2) (3) (7)

	Flota Global		Flota GNL		Share(%) LNG
	Actual	On order	Actual	On order	
Ro-Pax	2.668	77	32	24	31%
Cruceros	1.699	64	3	13	20%
OSV	2.175	395	31	25	6,3%
Portacontenedores	5.211	423	2	13	3,1%
Tankers	12.479	991	15	27	2,7%
Bulkers	11.003	1.283	2	3	0,2%
Ro-Ro	1.528	26	4	0	0,0%

El análisis de los datos referentes a los buques propulsados por GNL permite afirmar que:

- Los buques tipo Ro-Pax y Cruceros representan un 40% del total de los buques propulsados por GNL y los buques OSV un 25%.
- El 60% de los buques en servicio o construcción cuentan con un tonelaje inferior a 20.000 GT.
- El 92% de las órdenes de construcción de buques propulsados por GNL escogen propulsión Dual-Fuel.
- Dos buques propulsados por GNL tienen planificadas escalas en el puerto de La Luz y de Las Palmas, en el invierno 2017-2018 el crucero (con uno de 4 motores) Dual-Fuel, AIDAprima y en el invierno 2018-2019 el crucero (100% Dual-Fuel), AIDAnova. (8) (9), el resto de la flota se localiza principalmente en el Mar del Norte y Norte América, como se deduce de la Figura 2.

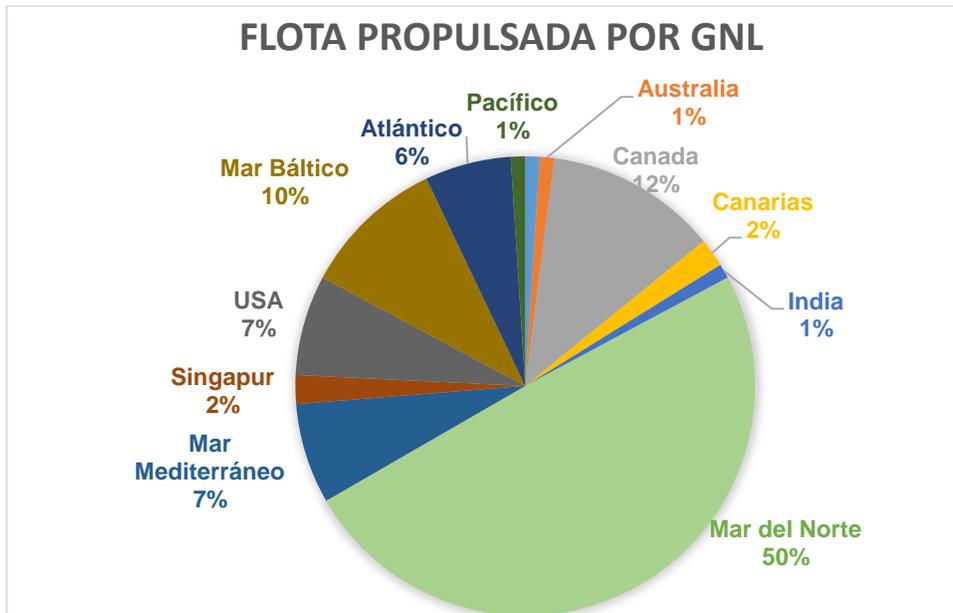


Figura 2 Zona geográfica de influencia de la flota propulsada por GNL

Motorizaciones de GNL – Tecnología.

La propulsión Dual-Fuel es una tecnología muy desarrollada y ampliamente utilizada en el sector de la generación eléctrica y de buques metaneros. Las compañías líderes en este sector son Wärtsilä y Man Turbo. Los tipos de motores comercializados se dividen principalmente en motores de cuatro tiempos o de velocidad media y motores de dos tiempos o de baja velocidad. Con el objeto de conocer más adelante las diferencias de consumo, operativa y precios respecto a los combustibles convencionales se recopilan las características técnicas de los motores Dual-Fuel comercializados por Wärtsilä en la Tabla 4 y Man Turbo en la Tabla 5 del cual se presenta un resumen a continuación.

Tabla 4 Resumen de las principales características de los motores de 4 tiempos DF.
(10) (11) (12) (13)

	Unidades	46DF	34DF	31DF	20DF
Potencia	MW	17,5-5,5	8,0-3,0	8,8-4,4	1,6-1,1
Velocidad de giro	rpm	600	750	750	1.200
Fuel gas	kJ/kWh	7.441	7.527	7.300	8.120
Pilot	g/kWh	1,2	2,2	2,2	2,8
Fuel Oil	g/kWh	178	188	170,6	187
Load	%	85	85	85	85

*Tabla 5 Resumen de las principales características de los motores de 2 tiempos DF.
(14) (15) (16)*

	Unidades	G50B9	S70C8	S90C9
Potencia	MW	7-18	11-21	22-80
Velocidad de giro	Rpm	90-110	80-100	80-90
Fuel gas	kJ/kWh	6.800	6.800	6.800
Pilot	g/kWh	8,4	8,4	8,4
Fuel Oil	g/kWh	168	169	168
Load	%	85	85	85

6.3 Caracterización de la flota que escala en el puerto de La Luz y de Las Palmas (17)

Se pretende caracterizar la flota que escala en el puerto de La Luz y de Las Palmas, conocerla y a partir de ello, estimar cual puede ser el comportamiento futuro de evolución a GNL, en base a la extrapolación de informaciones globales y de las particularidades del área en el que se encuentra el puerto de La Luz y de Las Palmas. Proporcionado por la Autoridad Portuaria el primer documento de partida recoge todas las escalas realizadas por buques -tanto en fondeo como en atraque- durante los años 2014, 2015 y 2016 en el puerto de La Luz y de Las Palmas, incluyendo sobre cada una de las escalas la siguiente información:

- Fecha entrada
- Nombre Buque
- Matrícula (IMO)
- Tipo de buque
- Nombre muelle o fondeo
- G.T.
- Medidas del buque
- Periodo de estancia del buque en puerto
- Uso de suministros de avituallamiento o servicio de reparación
- Toneladas movidas de mercancía (carga/descarga)

Se registran un total de 7.021 buques diferentes que llevan a cabo 27.748 escalas en un periodo que abarca desde el 1 de enero de 2014 al 31 de diciembre de 2016 y para una caracterización preliminar de la flota se analizan las escalas realizadas por tipo de buque y GT, información que queda recogida en la Figura 3.

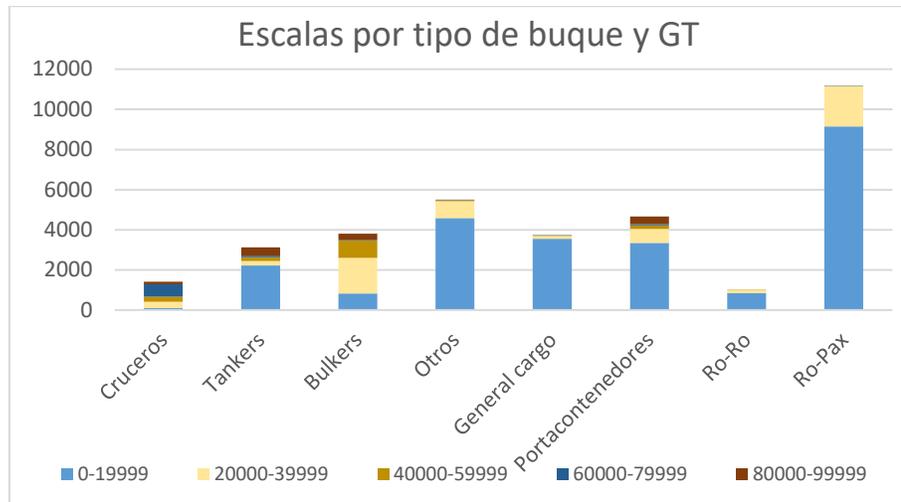


Figura 3 Escalas realizadas por tipo de buque y GT

Cabe destacar que más del 65% de las escalas las realizan buques con un GT comprendido entre 0 y 20.000 y que el tipo de buque más recurrente en el puerto es el de carga rodada con pasajeros (Ro-Pax) que acumulan un 35% de las escalas. Resulta importante conocer también el número de buques que realizan estas escalas y su distribución por tipo, por lo que se calcula la media anual de escalas realizadas por tipo de buque y se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6 Media de escalas anuales por tipo de buque

Tipo de buque	Media anual
Ro-Pax	296
Ro-Ro	22
Portacontenedores	12
Cruceros	6
General Cargo	3
Tankers	2,6
Otros	2
Bulkers	1,5

Esto, nos permite concluir que tipo de buques presentan un tráfico recurrente en el puerto y conocer qué tipo de servicios de transporte presta cada tipo de buque:

- **Ro-Pax:** Buques de línea regular con una escala al día o varias a la semana

- **Ro-Ro:** Buques de línea regular con una escala semanal o quincenal
- **Portacontenedores:** Buques de línea regular con una escala mensual o quincenal
- **Bulkers y Tankers:** Buques en mercado spot media de 1,5 escalas al año
- **Cruceros:** Alrededor de 4 escalas mensuales en temporada de cruceros

Para completar la información, en todos aquellos buques que han sido considerados como recurrentes a efectos de este trabajo, (se ha considerado como buque recurrente, aquel que ha realizado más de 12 escalas en los 3 años considerados) se ha añadido a la información recibida de la Autoridad Portuaria, una serie de datos que resultaban base en las estimaciones realizadas

- Edad de construcción del buque
- Potencia del buque
- Velocidad de navegación

Estudiadas las estadísticas de escalas en el puerto de La Luz y de Las Palmas, se constata que a pesar del alto número de escalas (27.748 escalas en 3 años) y de buques diferentes (7.021 buques en el mismo periodo), se produce una alta concentración de escalas en un bajo número de buques. A su vez, conocida la tipología de buques recurrentes en el puerto de La Luz y de Las Palmas y los tipos de tráficos en que operan, comprobamos que el 55 % de las escalas corresponden a buques con mayor tendencia de transformación a GNL a nivel global (T1)

La tendencia global de transformación a GNL, está básicamente centrada actualmente en buques tipo Ro-Pax, Ferries (incluye Cruceros) y Ro-Ro. Sobre estas tipologías de buques en el puerto de La Luz y de las Palmas, se ha tratado de disponer de la mayor información sobre las líneas en las que operan y sus consumos de combustibles. En base a su edad, y a la vida útil supuesta se ha determinado la fecha prevista de sustitución, momento en el que cada armador, deberá decidir si evolucionar hacia el GNL o hacia otras alternativas que les permitan en todo caso cumplir con la normativa.

Sobre los buques seleccionados, (366 buques), que como se ha indicado suponen el 55% de las escalas realizadas en el puerto de La Luz y de Las Palmas entre los años 2014 y 2016, se han recopilado datos de diferentes fuentes como páginas webs de navieras, blogs especializados, y sistemas de geolocalización entre otros, se han analizado sus líneas de operación en lo relativo a consumos de combustibles y puertos alternativos de suministro, y se ha determinado el año de sustitución, con el objeto de prever la fecha en que las unidades puedan ser sustituidas por GNL.

La Figura 4 y Tabla 7 nos permiten conocer la distribución por edad de los buques analizados, así como la edad media de la flota que escala en el puerto de La Luz y de Las Palmas por tipo de buque.

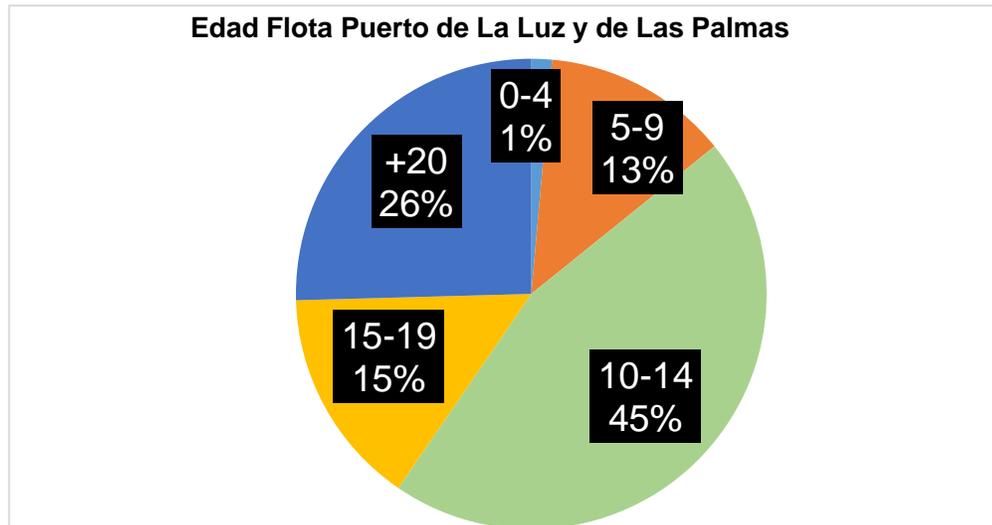


Figura 4 Distribución por edad de las escalas en el puerto de La Luz y de Las Palmas

Tabla 7 Comparación de edad media de la flota en el puerto de La Luz y de Las Palmas con la global.
(1)

	Las Palmas 2016	Global
Tankers	10,9	18
Portacontenedores	15	11
Ro-Pax	16,1	21
Bulkers	16,6	9
Ro-Ro	16,8	19,7
Cruceros	19,6	22
General cargo	28,8	24

6.4 Estimación de los buques propulsados por GNL que realizarán suministros en el puerto de La Luz y de Las Palmas

Como se exponía en el punto anterior actualmente el número de buques conocidos que generará demanda de GNL en el puerto es mínimo, ya que solo

dos barcos propulsados por GNL tienen planificadas escalas en el puerto de La Luz y de Las Palmas de aquí a dos años. Para conocer la demanda prevista es necesario prever el número de buques que propulsados por GNL escalarán en este puerto en el futuro. Para la realización de la previsión se asume que:

- Solo los buques de nueva construcción optarán por la conversión a GNL. También es posible la remotorización de buques actualmente en actividad, si bien en base a los contactos mantenidos y a la información que se dispone, el número de compañías que optarán por este sistema será muy bajo, por lo que no ha sido considerado en este estudio.
- Una compañía naviera que actualmente realiza suministros de combustible convencional en el puerto de La Luz y de Las Palmas lo seguirá haciendo si cambia a propulsión de GNL. Esta asunción se realiza sobre la base, de que este puerto dispondrá de servicio competitivo de bunkering de GNL, en sentido amplio, es decir, estará en condiciones de garantizar cualquier suministro, en los tiempos requeridos y a un precio competitivo, tal y como sucede en la actualidad con el servicio para suministros de combustibles convencionales.

La estimación de la demanda de bunkering de GNL en cada uno de los hitos temporales establecido en el estudio (2020-2025-2030-2035-2050), se determinará estimando:

1. El número de nuevas construcciones en un año (Renovación de la flota).
2. El porcentaje estimado de nuevas construcciones que optarán por GNL (% transformación a GNL)
3. Volumen de suministro de combustible estimado de estos buques en el puerto de La Luz y de Las Palmas

6.4.1 Renovación de la flota

Considerando como base principal la actividad de la compañía naviera, se considera que cuando un buque finaliza su vida útil es sustituido por uno nuevo de similares características –cuanto menos- con el objeto de que la compañía pueda mantener o mejorar su nivel de actividad y estructura de costes en el rango geográfico en el que opera. El final de la vida útil de un buque depende de numerosos factores como el tipo de buque, la vejez, las nuevas tecnologías desarrolladas, el precio de los combustibles, el mercado comercial, etc...

Estimar la edad de salida del mercado para cada uno de los barcos resulta de vital importancia para conocer en qué momento se produce la introducción de

nuevos buques con la posibilidad de ser propulsado por GNL. A efectos del desarrollo de este trabajo, y después de analizar diferentes informaciones en relación a la vida útil de un buque, hemos considerado el término de vida útil, no como la vida completa del buque desde su puesta en marcha hasta su desguace, sino el tiempo de vida en condiciones de explotación competitivas en mercados de primer nivel, como es el mercado en el que se encuentra el puerto de La Luz y de Las Palmas. Bajo esta concepción consideramos 25 años como vida útil de cada buque, con independencia de su tipología.

El método de estimación de los buques que serán sustituidos al alcanzar su vida útil es el siguiente.

- Buques tipo (T1): En este grupo de buques hemos identificado cada uno de ellos, por lo que se estima la sustitución de cada uno de estos buques al alcanzar su vida útil de 25 años.
En esta fecha un número importante de estos buques superan o están muy próximos a cumplir los 25 años fijados de vida útil, lo que implicaría una previsión de sustitución muy alta en el año 2020. Dado que a esta fecha no se tiene constancia de que se produzca en el plazo de dos años este alto número de sustituciones, hemos optado por realizar un ajuste en el primer periodo, por el que se extiende una parte de estas sustituciones al hito temporal del año 2025.
- Buques tipo (T2). Se considera una sustitución del 4% de la flota en cada año, lo que supone una rotación completa cada 25 años.

La figura 5 indica el número de buques incluidos en la clasificación (T1), el número de escalas realizadas por estos (cerca del 60% del total). Su sustitución implica la sustitución del total de los buques recurrentes en el puerto de La Luz y de las Palmas, incluyendo el total de las tipologías Cruceros, Ro-Pax y Ro-Ro que escalan en este puerto.



Figura 5 Datos considerados en el análisis de renovación de flota en buques tipo (T1)

El número de buques sustituidos por tipo que se prevé sean realizados en cada uno de los hitos temporales considerados, queda reflejado en la Figura 6 y su tabla anexa

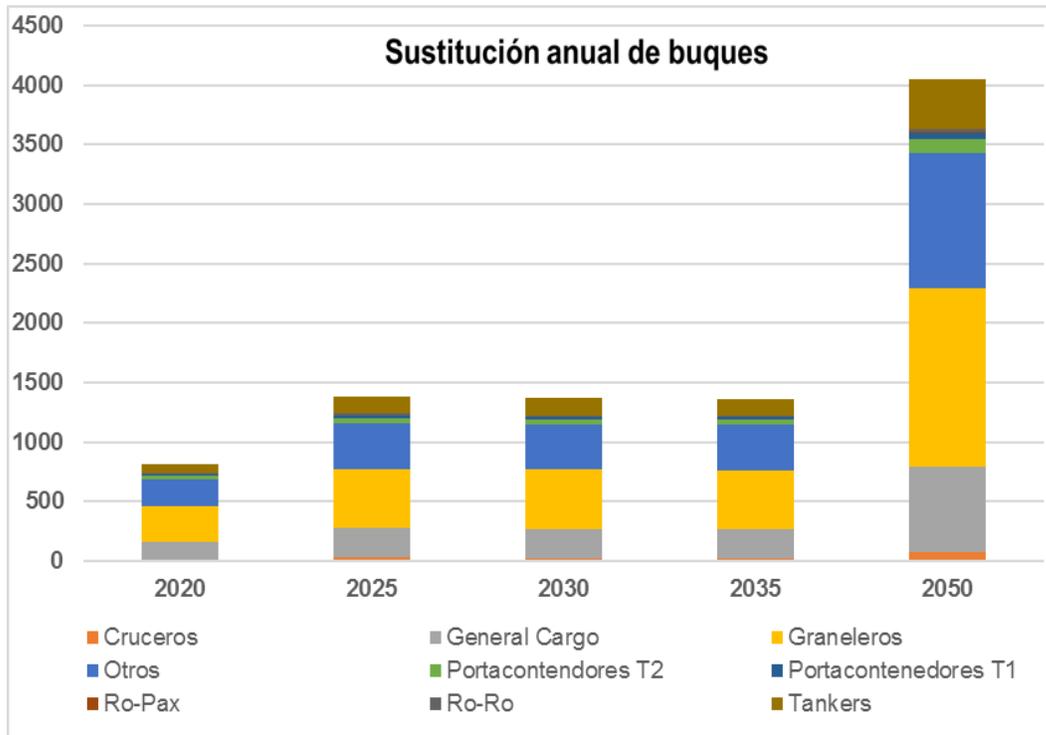


Figura 6 Sustitución anual de buques por tipo en el puerto de La Luz y de Las Palmas

	2020	2025	2030	2035	2050	Total
Cruceros	16	34	26	25	71	156
General Cargo	144	240	240	240	719	1.439
Bulkers	300	500	500	500	1.500	3.000
Otros	227	378	378	378	1.132	2.266
Portacontenedores T2	26	43	43	43	128	257
Portacontenedores T1	12	21	18	19	46	104
Ro-Pax	3	7	7	5	10	29
Ro-Ro	6	16	13	8	21	58
Tankers	85	142	142	142	425	851

En un periodo de 25 años (2042), el 100% de los buques analizados serán sustituidos; a partir de 2042 comenzará un segundo ciclo de sustituciones.

Aunque no ha sido considerado, es posible que la vida útil media de los buques se vea reducida en el futuro como consecuencia de la sustitución anticipada de todos aquellos buques que no cuenten con medidas permanentes para cumplir con las nuevas normativas marítimas internacionales, – emisiones, tratamiento de agua de lastre, índices de eficiencia...- o se encuentren en condiciones de baja competitividad respecto a los buques más modernos.

6.4.2 Transformación a GNL de la flota en el puerto de La Luz y de Las Palmas

La entrada en vigor en 2010 de las zonas ECA y de la restricción a combustibles con una concentración superior al 1% en azufre en los puertos de la Unión Europea supuso el primer paso hacia una navegación baja en emisiones atmosféricas. Las zonas ECA a diferencia de las zonas SECA no sólo tienen en cuenta la emisión de azufre a la atmósfera, sino también las de otros contaminantes como son el NOx, CO2 y partículas, se trata de zonas de emisiones controladas. A partir de 2020 estas medidas de restricción, recogidas en la Figura 7 se amplían globalmente, quedando estipulado un contenido máximo en azufre del 0,5% para cualquier combustible empleado en navegación. El cumplimiento de estas medidas por parte de las compañías navieras, supone cambios en los combustibles a utilizar, elevando considerablemente el coste de los mismos, o en su caso, la adopción de alternativas que en todo caso implican decisiones de inversión. Se trata de alternativas tendentes a eliminar el excedente de azufre por medio de la utilización de Scrubbers (sistemas de limpieza de los gases de escape) o las motorizaciones de GNL que anulan la emisión de azufre a la atmósfera.

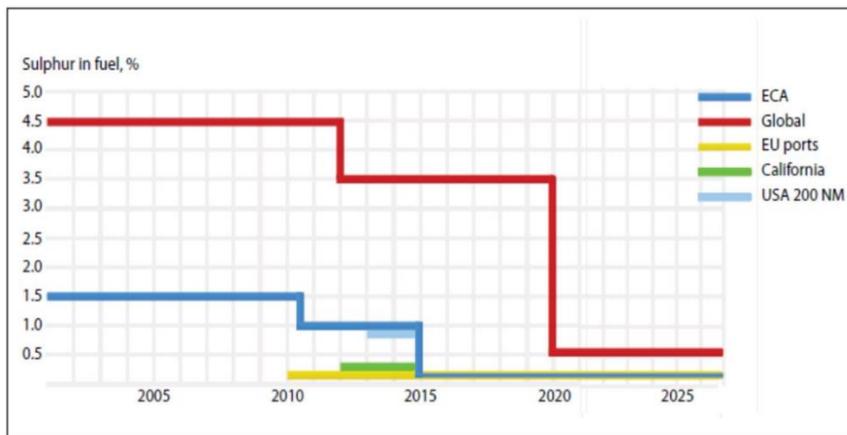


Figura 7 Contenido máximo en azufre del combustible marino según área de navegación. (18)

Actualmente las principales soluciones técnicas que se contemplan para ajustarse a la nueva normativa son:

- **Utilización de Diésel marino (MDO) o fueles pesados bajo en azufre (ULSFO):** Esta solución no implica inversiones adicionales de ningún tipo, actualmente es la solución generalmente utilizada por los buques con navegación parcial en zonas ECA pero implica un coste operativo mayor, al presentar un precio aproximadamente 1,5 veces superior a los fueles pesados con alto contenido en azufre. A pesar de que el MDO y el ULSFO

son combustibles diferentes, dado que los sistemas de propulsión con fueles pesados son igualmente válidos para el funcionamiento con MDO o ULSFO y ambos combustibles tienen un coste de mercado prácticamente igual hacen que a efectos prácticos esta solución sea considerada la misma.

- **Utilización de Fueles pesados con alto contenido en azufre + Scrubber):** Esta tecnología permite al buque repostar combustible con alto contenido en azufre, pero los gases de escape antes de ser emitidos a la atmosfera atraviesan un sistema de limpieza capaz de reducir las emisiones atmosféricas de compuestos de azufre al mismo nivel que el de un combustible con 0,5% de contenido en azufre. El coste de inversión de estos equipos es considerable, aunque entorno a un 20% inferior al coste de inversión de los sistemas de GNL. Este sistema tiene un coste de operación cercano al 2% de consumo de combustible –variable según el tipo de scrubber utilizado- y un coste de recepción de residuos, como consecuencia de la necesidad de eliminación de los mismos. (19) (20) (21)

La utilización de scrubber permite cumplir la normativa que entrará en vigor en el año 2020, si bien no garantizan -en su configuración actual- el cumplimiento de normativas medioambientales más restrictivas.

- **Gas natural licuado:** El uso de motorizaciones de GNL, supone un ahorro energético del 20% y una reducción casi total de las emisiones de SO_x, NO_x y material particulado, en contrapartida presenta unos costes de inversión más elevados respecto a los sistemas de combustión convencional. Dado que esta alternativa implica mayores cifras de inversión, cobra especial relevancia la tendencia del precio del GNL situado en los tanques del buque y dispuesto para consumo. En la actualidad este precio se sitúa por debajo del precio del MDO, y aunque el precio presenta diferencias entre distintos puntos de suministro se sitúa aproximadamente un 40 % por debajo. El mercado de suministro actualmente es muy limitado y tanto la tendencia del precio del producto como la disponibilidad de puertos de suministro, introducen incertidumbres en la toma de decisiones. (20)

Estimar la demanda futura de bunkering de GNL, requiere una estimación previa del número de buques de nueva construcción que podrían evolucionar hacia el GNL como combustible, después del proceso de decisión de sus compañías armadoras.

Esta estimación depende de manera directa de un análisis del proceso de decisión de los responsables de las compañías, en base a los que han sido considerados como “Factores clave de decisión” ya introducidos en el punto 4 de este trabajo. Todos los factores de decisión se han tratado en base a un doble

escenario, escenario optimista y escenario pesimista, para concluir en datos medios de resultado, que constituyen el escenario más probable.

La estimación de cada uno de los factores, en los dos escenarios indicados se ha realizado en base a la clasificación de buques ya indicada T1 y T2. La estimación relativa a los buques T1 se ha efectuado de manera diferenciada por tipología de buque:

- Ro-Pax
- Cruceros
- Portacontenedores short sea
- Ro-Ro short sea

Este ejercicio se ha aplicado a los hitos de corte temporal años 2020, 2025, 2030, 2035 y 2050.

I. Factores de tipo económico.

Se ha realizado un modelo económico que compara las necesidades de inversión y las diferencias en costes de consumos en la explotación de un mismo buque, considerando escenarios económicos positivos y negativos, para cada una de las tipologías ya nombradas incluidas como T1 y de manera global para los buques tipo T2.

Dado el gran número de buques con escalas en el puerto de La Luz y de Las Palmas de los incluidos como T2 (buques en tráficos de larga distancia), no se ha realizado el cálculo de rentabilidad de manera individualizada, sino que se ha asumido por su modelo de actividad que el resultado del factor económico será similar al de los T1 tipos Ro-Ro y Portacontenedores.

El modelo económico contempla el análisis de 2 variables principales:

- Coste de inversión
- Coste de combustible

Coste de inversión.

Estimar adecuadamente el coste de inversión para cada una de las soluciones de propulsión propuestas resulta imprescindible para cuantificar de una forma precisa el diferencial de precio final entre las diferentes soluciones tecnológicas. Para poder realizar de una manera rápida y sencilla los cálculos, se busca expresar el coste de inversión en forma de €/kW de potencia de propulsión instalado en el buque. Consultando numerosas fuentes bibliográficas (DMA, DNV, Aalto university, Wartsila y MAN) se confecciona la Tabla 8 con los principales componentes de cada tecnología

de propulsión y su precio en términos de potencia instalada. Los costes de inversión recogidos en la Tabla 8 solo hacen referencia a los elementos diferenciales de la construcción del buque que permitan el cumplimiento de la normativa ambiental de navegación marítima prevista para 2020, excluyéndose del análisis por resultar comunes a todos los buques, el resto de elementos de un buque, como el casco, el sistema de navegación y otros.

La relación entre los costes de inversión que permitan el cumplimiento de la normativa ambiental de navegación marítima prevista para 2020 en el coste total del buque es la siguiente:

- **Propulsión convencional. Cifra base.**
- **Propulsión convencional más sistema de limpieza de gases (scrubber). Aumenta la cifra de inversión del 11 % al 15 %.**
- **Propulsión con GNL. 22 % al 27 % de incremento sobre la cifra base.**

Tabla 8 Costes de inversión para diferentes tecnologías de propulsión. (20) (22) (23) (24) (25) (26)

Tipo de propulsión	Unidad	Coste
MDO/ULSFO	€/kW	273
• Propulsión		180
• Sistemas eléctricos y auxiliares		48
• SCR (Reductor catalítico)		45
HFO con scrubber	€/kW	603
• Coste de instalación		150
• Propulsión		180
• SCR (Reductor catalítico)		45
• Scrubber		180
• Sistemas eléctricos y auxiliares		48
GNL 4 tiempos Dual-Fuel	€/kW	775
• Coste de instalación		100
• Propulsión		350
• Sistema de alimentación y tanque de almacenamiento		245
• Sistemas eléctricos y auxiliares		80
GNL 2 tiempos Dual-Fuel	€/kW	750
• Coste de instalación		100
• Propulsión		280
• SCR (Reductor catalítico)		45
• Sistema de alimentación y tanque de almacenamiento		245
• Sistemas eléctricos y auxiliares		80

Los datos recopilados en la Tabla 8 han sido extraídos del estudio para el desarrollo de la infraestructura de LNG en el norte de Europa llevado a cabo por la DMA (Autoridad Marítima Danesa) en 2012 (22). Según se recoge en el informe de la DMA, los costes referentes a cada kW de potencia instalada han sido calculados a partir de un gran número de casos reales proporcionados por las empresas MAN Turbo y Wärtsilä, donde se incluía el coste de los componentes instalados y la potencia de los barcos. Con el objeto de comparar los costes recogidos por la autoridad marítima danesa con los considerados por otros estudios o informes técnicos de trabajo se realiza la Tabla 9.

Tabla 9 Comparativa bibliográfica del coste de inversión en diferentes sistemas de propulsión

€/kW	Motor Dual-Fuel	Depósitos GNL	Otros GNL	Total MDO	Total Scrubber	Total GNL
DMA	280-350	245	200-250	273	603	750-775
LNG Masterplan	280-350	245	200-250	273	603	750-775
CE Delft	280-350	245	200-250	273	603	750-775
Aalto University	290	540	170	230	500	1000
Wärtsilä, 2009	350	320	150	-	-	1000
Wärtsilä, 2008	320	-	250	-	-	-
MAN Turbo	-	-	-	300	-	900

Costes operativos diferenciales

La estructura de costes operativos de un buque resulta compleja y costosa de analizar al contar con un sinnúmero de elementos, pero tratándose de un estudio comparativo entre tipos de propulsión tan solo resulta necesario analizar aquellos costes de operación en los que se produzca una divergencia considerable en función del tipo de propulsión, que son:

- **Coste de consumo de combustible:** Debido a las diferencias que existen en el precio de los combustibles marinos el coste anual de consumo de combustible puede variar significativamente en función de la tecnología empleada.
- **Coste de la logística del GNL:** La región de Canarias cuenta con una cadena logística de combustibles convencionales madura y establecida desde hace muchos años que minimiza la diferencia de costes con los combustibles peninsulares, pero en el caso del GNL al no existir un mercado de suministro establecido, la incertidumbre y el coste elevado

que suponen las primeras etapas de desarrollo de un mercado hacen del coste de la logística un factor clave en la composición final del precio de GNL servido en buque.

- **Coste de operación de Scrubber:** El uso de tecnologías para el tratamiento de gases de escape no solo conlleva un gasto de inversión, además el sistema provoca un aumento final del consumo de combustible y requiere el empleo de sosa caustica como neutralizador. Los costes totales de operación se agrupan y se expresan en forma de aumento porcentual del consumo de combustible en el buque, y es aproximadamente un 2%. (21)
- **Reducción del potencial de ingresos.** La instalación de tanques de GNL generalmente supone una pérdida en el espacio de carga, que es variable en función de la tipología del buque y del propio buque. Esta pérdida de espacio puede alcanzar en buques portacontenedores entorno al 3% de su capacidad, sin embargo, no se produce pérdida de espacio en buques tipo tankers y bulkers.

La pérdida de espacio, aunque sea importante, tiene un efecto limitado o nulo, en tanto la capacidad real ocupada se encuentra en un número importante de viajes por debajo de la pérdida de espacio que se pudiera producir. Por esta razón, no ha sido considerado relevante a efecto del estudio realizado.

- **Otros costes operativos.** Existen otros conceptos de costes que se ven afectados por el tipo de propulsión adoptada y que tienen un comportamiento según el concepto del que se trate tanto en sentido negativo como positivo. Costes como los de recursos humanos se incrementan en sistemas de GNL por requerimientos de formación, o los costes de seguros que se incrementarán como consecuencia de un mayor valor del buque, y de otro lado, costes de mantenimiento que deberían reducirse en motorizaciones de GNL, e incrementarse en el caso de los scrubbers, y costes de escalas en puertos donde los buques de GNL disfrutaran de bonificaciones en las tasas, y al contrario la solución scrubber elevará sus costes por el aumento de la retirada de desechos. Dada la compensación entre conceptos de costes, la relevancia final del conjunto de los mismo es reducida a efectos del este estudio.

Costes de consumo de combustibles

En la mayor parte de los buques el consumo de combustible es uno de los principales costes de explotación, por ello es necesario estimar de la forma más precisa posible el consumo final de los barcos analizados. Para realizar el análisis detallado de la operativa y consumo de los buques individualmente es necesario conocer además de los datos técnicos del buque, el itinerario que éste realiza para poder determinar su perfil operativo, y conocer los tiempos empleados en navegación o puerto. En resumen, la información recogida para realizar el cálculo de consumo del buque es:

- Itinerario de navegación
- Velocidad
- Duración de escala en puerto
- Consumo día del buque en navegación
- Consumo día del buque en puerto

Los itinerarios de navegación han sido recopilados todos de páginas webs ya sea de las propias navieras, consignatarios o autoridades portuarias, incluyéndose en las mismas el buque que realiza el itinerario, la duración total del mismo, los puertos de escala y los tiempos estimados de llegada (ETA) y salida de puerto (ETD). Toda la información recogida es clasificada en un modelo de cálculo, diferenciado por tipos de tráfico, por compañía naviera y por línea.

Consultando webs especializadas de localización y seguimiento de buques (Marinetraffic, Vessel finder...) se recoge el dato de velocidad media en navegación para cada buque analizado y en caso de no disponer de horario de salida y llegada para el itinerario de un buque, el conocer los datos de cada buque y el conjunto de la línea buque nos permite estimarlo.

El consumo de los buques en navegación se ha recopilado de dos modos: el primero y más directo consiste en la consulta de fichas técnicas de los buques, a través de webs de la propia naviera, astilleros o webs especializadas (ship-technology, container-info...), dónde normalmente el dato de consumo viene asociado con un factor de carga del motor y una velocidad de navegación denominada de servicio, que normalmente se desarrolla con un factor de carga del motor del 85%. A modo de ejemplo se muestra en la Figura 8 la información recogida para un buque Ro-Ro que opera en el puerto de La Luz y de Las Palmas.

<u>Main Propulsion</u>	2 Engines x MAN B&W 9L 40/54 Output 8.831 HP at 550 rpm
<u>Loaded Condition speed</u>	Service speed at 6,00 mts draught 18,5 kn.
<u>Lded. Condition Consumption</u>	50 mt/day IFO380 (Bunker Capacity: 855 m3)

Figura 8 Ejemplo de datos técnicos de propulsión recogidos. (27)

El segundo método para el cálculo del consumo en navegación de aquellos buques para los que no se dispone de información directa, es estimar los consumos de los diferentes combustibles analizados (MDO, GNL e IFO) a partir de la documentación técnica para sistemas de propulsión. Para ello, en primer lugar, se realiza una caracterización de las soluciones Dual-Fuel que ofrecen las dos empresas con mayor cuota de mercado en el sector, Wärtsilä y Man Turbo. Ambas empresas ofrecen un amplio abanico de posibilidades, desde pequeños motores de cuatro tiempos, con potencias en el rango de 0 a 18MW y altos regímenes de giro, a motores de dos tiempos de hasta 70 MW y regímenes de giro inferiores a 100 rpm. Para realizar los cálculos pertinentes se dispone de los siguientes parámetros para cada una de las soluciones comerciales categorizadas:

- **Potencia máxima desarrollada por el motor**
- **Heat rate para funcionamiento en modo gas:** Es una medida del rendimiento global del motor expresada en forma de kJ de gas necesarios para producir un kWh de energía. Disminuye con el aumento de potencia y las velocidades de giro bajas.
- **SFOC para funcionamiento en modo gas:** La combustión de gas natural en motores dual-fuel requiere de una ayuda para el encendido de la mezcla, por lo que es necesario introducir una cantidad pequeña de combustible convencional que inicie la explosión, denominado combustible piloto. Se expresa en gramos de combustible por kWh de energía producida y aumenta considerablemente en los motores de baja velocidad.
- **SFOC para funcionamiento en modo convencional:** Es una medida del rendimiento global del motor expresada en gramos de combustible convencional necesarios para producir un kWh de energía. Disminuye con el aumento de potencia y las velocidades de giro bajas.
- **Poder calorífico de los diferentes combustibles:** El contenido energético másico de los diferentes combustibles resulta imprescindible para realizar un estudio comparado de los diferentes consumos, por lo que se asume que el poder calorífico del gas natural es 50.000 kJ/kg, el del MDO 42.700 kJ/kg y 40.000 kJ/kg para el IFO y ULSFO.

Una vez recopilados los datos, **se asume que en la sustitución del buque no se produce una alteración en el número y potencia de los motores tanto principal como auxiliar, por lo que estos serán sustituidos por motores dual-fuel con la misma potencia y velocidad de giro.** En el caso de buques con propulsión de baja velocidad se escogen motores de la empresa MAN Turbo, ya que su tecnología Dual-Fuel a alta presión es la líder de mercado y la que presenta una mayor eficiencia energética, mientras que para la propulsión de media velocidad los motores escogidos son de la empresa Wärtsilä al considerar que son los de mayor rendimiento en esta categoría.

El cálculo del consumo en navegación para gas natural e IFO se resume en los siguientes pasos:

1. Selección de la tecnología Dual-Fuel adecuada: Clasificadas cada una de las soluciones disponibles, el modelo de cálculo asigna a cada buque un motor con una potencia igual o inmediatamente superior al actual y la misma velocidad de giro que ostentaba (Low speed o Medium speed), de este modo en función de la potencia actual del buque analizado y su velocidad de giro se le asigna una solución comercial Dual-Fuel con un Heat Rate y SFOC específicos.

2. Cálculo del consumo diario en navegación modo gas natural: Asumiendo 24 horas de navegación continua, el consumo másico de gas natural en un motor dual-fuel se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo GNL}(t/día) = \frac{P(MW) \cdot FC(\%) \cdot \text{Heat rate} \left(\frac{kJ}{kWh} \right) \cdot 24}{PC \left(\frac{kJ}{kg} \right)}$$

Y el consumo de combustible piloto con la siguiente:

$$\text{Consumo Piloto}(t/día) = \frac{P(MW) \cdot FC(\%) \cdot SFOC \left(\frac{g}{kWh} \right) \cdot 24}{10^3}$$

Estas ecuaciones se aplican a cada uno de los motores que formen el sistema de propulsión completo del buque

3 Cálculo del consumo diario en navegación modo convencional: Asumiendo 24 horas de navegación continua, el consumo másico de IFO o MDO en un motor dual-fuel se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo IFO}(t/día) = \frac{P(MW) \cdot FC(\%) \cdot SFOC \left(\frac{g}{kWh} \right) \cdot 24}{10^3}$$

Si en vez del consumo en forma de fuel pesado, se requiere el consumo de diésel, como en el caso de los buques de alta velocidad que son

propulsados con MDO, simplemente se aplica un factor corrector resultante de dividir el poder calorífico del fuel pesado entre el del diésel, este factor es $0,952 \text{ kg}_{\text{MDO}}/\text{kg}_{\text{IFO}}$.

Conocido ya el consumo diario en navegación de los buques analizados es necesario conocer la operativa del mismo para establecer cómo y cuándo se realiza este consumo de combustible en un periodo de tiempo dado. **Analizando las líneas de transporte regular que escalan el puerto de La Luz y de Las Palmas se establece el itinerario de navegación para cada buque, que de forma general consta de:**

- Puertos de escala
- Distancia entre puertos
- Horario de llegada y salida
- Estimación del tiempo de operación en puerto
- Consumo de combustible diario en navegación
- Consumo de combustible diario en puerto: En cumplimiento con las legislaciones de emisiones atmosféricas en puerto se requiere el uso de MDO o GNL como combustible y se estima un consumo del 12% del consumo en navegación para todos los tipos de barcos excepto para los cruceros que se estipula en un 25%.

A partir de los datos de consumo de combustible en navegación calculados y las líneas de transporte regular marítimo estudiadas se desarrolla un modelo para el cálculo anual del consumo de combustible en cada uno de los buques.

El total de líneas de transporte analizadas en función del tipo de buque son:

- **Ro-Pax:** 7 líneas de transporte, 5 interinsulares y 2 nacionales
- **Ro-Ro:** 6 líneas de transporte conectadas con la península, 3 de ellas mixtas con transporte Con-Ro
- **Portacontenedores:** 16 líneas de transporte feeder, 10 con destinos exclusivamente nacionales, 5 líneas conectadas con África y 1 última con el norte de Europa
- **Cruceros:** 20 itinerarios de las principales empresas de cruceros en el puerto de La Luz y de Las Palmas

A cada uno de los barcos identificados como recurrentes (T1) se le asigna una de las líneas de transportes descritas, obteniéndose como resultado los siguientes parámetros de consumo de combustible para cada buque:

- Consumo anual gas natural o convencional (IFO o MDO)

- Consumo anual combustible piloto (solo en modo gas)
- Consumo anual MDO (Consumo en puerto)

Precio de los diferentes combustibles

Si se compara el precio pagado por energía producida sin tener en cuenta la logística y otros costes, el gas natural es el combustible marino más económico. A diferencia de los combustibles convencionales cuyo precio normalmente fluctúa acorde al del barril de petróleo, la estructura de precio del GNL se ve afectada por 3 factores clave; en primer lugar el tipo de contrato firmado para el suministro, que estipula si el precio del gas natural se determina en función del precio del barril de petróleo (oil-linked) o en función del precio del mercado de referencia para el gas natural en América del Norte (Henry Hub), en segundo lugar la región de consumo final ya que en aquellas cercanas a las zonas de producción el precio de transporte es inferior, y por último los costes logísticos que implica el transporte de GNL desde las grandes terminales de importación hasta repostaje del mismo en un buque. Actualmente la gran mayoría de contratos de suministros de gas natural son del tipo oil-linked, lo que conlleva que los precios del gas natural de forma general tiendan a variar del mismo modo que lo hace el barril de crudo, manteniendo unas diferencias más o menos constantes entre los precios de los diferentes combustibles. Por esta razón el modelo asume que en un escenario base las condiciones del mercado no modifiquen considerablemente la diferencia de precios de mercado entre el GNL y el IFO. **Teniendo en cuenta tan solo el precio de mercado de GNL en términos energéticos, éste siempre resulta más barato que el IFO o el MDO, pero al no disponerse todavía de una infraestructura desarrollada de logística del GNL para bunkering, el precio final del producto en puerto puede incrementarse desde un 10% hasta más de un 100% en casos muy extremos. Por consiguiente, el precio final de GNL resulta de la suma del precio de mercado más el precio logístico considerado –en este caso- para el puerto de la Luz y de las Palmas.**

El precio del MDO, del mismo modo que el del Fuel-oil se encuentra fuertemente ligado al precio del barril de crudo, por lo que a efectos de cálculo se estudia la relación del precio histórico entre el Fuel-oil y el MDO y se establece un factor medio que relacione el precio del MDO con el Fuel-oil, en este caso 1,55. Las restricciones a las emisiones de azufre en ciertas zonas de navegación (ECA) ha provocado también el desarrollo por parte de las empresas petroleras de combustibles pesados convencionales desulfurados al 0,1% S (ULSFO), cuyas características técnicas permiten el cumplimiento de las normativas ambientales actuales y futuras (2020) sin la modificación de los equipos de propulsión del buque. A efectos

prácticos dado que cumple la misma función que el MDO y como se muestra en la Figura 9 sus precios son prácticamente iguales (ligeramente inferior el ULSFO al tener un contenido energético menor) por lo que no se realiza ninguna distinción entre los dos combustibles a efectos económicos.



Figura 9 Comparación de precios MDO-ULSFO. (28) (29)

El coste de fuel-oil en el puerto de La Luz y de Las Palmas considerado para la realización del estudio ha sido recogido de portales especializados en la monitorización de los precios de combustible para bunkering (shipandbunker.com, bunkerindex.com...) entre otras informaciones, por lo que ya incluye la logística y comercialización.

En los cálculos realizados se ha partido de los siguientes precios de combustibles, que corresponden con la situación actual de mercado.

- FUEL OIL 330 €/t
- MDO 500 €/t
- GNL (Antes de costes logísticos) 300 €/t.

Coste logístico del GNL

La falta de grandes terminales de importación de GNL en la isla de Gran Canaria hacen necesaria la construcción de una serie de infraestructuras y medios de transporte para hacer llegar el mismo hasta el puerto de La Luz y de Las Palmas. **Un nivel alto de demanda de GNL conlleva la construcción de infraestructuras más intensivas en capital, pero con un menor impacto en el precio final del combustible servido, por esta razón el coste logístico independientemente del valor inicial que**

suponga se verá reducido a lo largo de los años con el aumento de la demanda de combustible y la ampliación de las infraestructuras existentes.

La planificación de las infraestructuras y medios de transporte conlleva un conocimiento previo de la demanda a suministrar, por esta razón en un primer análisis de demanda no es posible realizar un cálculo del coste de la logística para los diferentes tipos de suministro y en función de diferentes volúmenes suministrados. Con el objeto de desarrollar el estudio económico, hemos analizado informes del sector y hemos realizado estimaciones propias para concluir con una cifra de coste medio inicial de 100 €/t de GNL servida.

Dado que el estudio económico se desarrolla para el periodo 2020 -2050, hemos estimado que el coste logístico de GNL se reduzca un 30% en 2025, año en el que todos los puertos de la red europea CORE deben contar con infraestructuras de suministro de GNL como combustible marino, y dos reducciones del 15% en 2035 y 2045 asociadas con el desarrollo de economías de escalas en el mercado de suministro de bunkering de GNL.

6.4.3 Factores no económicos decisivos para la transformación a GNL

Además del análisis de viabilidad económico, los armadores han de considerar también otros aspectos en principio no cuantificables o muy difíciles de cuantificar de forma económica, como por ejemplo la disponibilidad de suministro en sus zonas de operación o las posibles restricciones futuras en materia ambiental.

Estos aspectos suponen un elemento clave en la toma de decisiones ya que podrían producir alteraciones considerables en la decisión final del armador si este considera que sus buques no podrían operar en las condiciones óptimas de ruta o carga en su ámbito de actividad.

Es por ello, por lo que los factores no económicos planteados en este estudio actúan como modificadores del porcentaje de transformación final por tipo de buque, que ha sido calculado previamente con parámetros exclusivamente económicos, como ya ha sido indicado en el punto anterior. La modificación del porcentaje de transformación final según tipo de buque se verá afectado por dos parámetros:

- **Momento Temporal:** Factores como la disponibilidad de infraestructuras, la legislación o la resistencia al cambio se verán claramente modificados a lo largo del periodo estudiado, por lo que para **cada uno de los factores**

tendrá una progresión temporal diferente, estudiándose los siguientes periodos de tiempo: 2020, 2025, 2030, 2035 y 2050.

- **Tipo de buque:** El tipo de ruta, el tamaño o la carga de un buque son factores que condicionan el grado de importancia que un factor no económico tiene sobre la toma de decisión final, por lo que resulta importante desarrollar el estudio de estos factores en función del tipo de tráfico y buque, diferenciándose los siguientes tipos: Cruceros, Ro-Pax, Ro-Ro, Car Carrier, Portacontenedores tipo T1 y buques tipo T2

El estudio de los diferentes factores no económicos se ha realizado para cada uno de los tipos de buque, en los diferentes momentos temporales, y escenarios (optimista y pesimista), aplicando ratios de toma de decisión para cada uno de ellos.

Disponibilidad de infraestructuras.

Independientemente del precio de la logística y suministro del GNL como combustible marino, resulta muy difícil para los navieros tomar la decisión de transformar sus buques a propulsión con GNL si no cuentan con la seguridad de poder suministrar combustible en unas condiciones que no afecten a su operativa habitual. La incertidumbre es mucho mayor si el buque opera en el mercado spot y o realiza grandes rutas transoceánicas (Buques tipo T2), ya que se reducen las garantías de disposición de puntos de suministro de este producto, en tanto no se desarrolle a nivel global.

En el caso de buques de línea regular (T1), si estos operan en zonas con limitaciones de emisión en vigor o dónde se hayan impulsado directivas que fomenten la implantación de infraestructuras de suministro como la Unión Europea o EEUU, la incertidumbre se ve considerablemente reducida.

La normativa aplicable en la Unión Europea a partir del 1 de enero de 2025, permitirá reducir la incertidumbre en este aspecto, dado que su normativa garantizará la disponibilidad de suministro de GNL en todos los puertos de la red básica (red Core) europea desde esa fecha

Dentro de los buques clasificados en la categoría T1, queremos diferenciar en especial los tipos Ro-Pax en el puerto de La Luz y de las Palmas, dado que el grueso de ellos se mantiene en líneas regionales de muy corta distancia, lo que permite la realización de suministros de bajo volumen que pueden ser realizados mediante cisternas, por lo que cuentan con garantía prácticamente total de suministro.

En 2025 la obligación de todos los puertos de la red CORE de contar con suministros de GNL adecuados y la aplicación de los diferentes planes americanos y asiáticos supondrán una gran reducción de la incertidumbre en este aspecto para los buques T1, pero los buques T2 podrían continuar teniendo grandes problemas de garantía de suministro en otras zonas.

En 2030 se espera una mayor implantación ya en Asia y en todos los grandes puertos del mundo, de las infraestructuras necesarias para el suministro de GNL, por lo que se considera que los T2 tendrán el doble de posibilidades de suministrarse.

En este estudio, hasta el año 2050 no se espera que las posibilidades de suministro se igualen para todos los tipos de buque y no supongan un factor clave en la toma de decisiones; aunque en el escenario pesimista este aspecto siempre penalizará la toma de decisiones ya que 25 años podría no ser suficiente para lograr un suministro de calidad en todos los puertos del mundo.

Evolución esperada de la reglamentación

Tras el derrumbe de los precios del barril de petróleo en 2014, el gas natural que no solo representaba una gran ventaja en términos ambientales, sino que también era muy competitivo económicamente, perdió gran parte de esta ventaja al verse muy reducidos los diferenciales de precio con los combustibles convencionales. Pese a todo, la entrada en vigor en 2010 de las zonas ECA (véase Figura 7) y la limitación al 0,1% de contenido en azufre para los combustibles empleados en los puertos de la Unión Europea ha servido de soporte para que el mercado de buques propulsados con GNL se desarrolle en dichas zonas.

Actualmente las normativas ambientales de navegación contemplan en materia de combustibles que:

- **2012:** Ningún combustible marítimo puede superar un contenido del 3,5% en azufre
- **2015:** Los combustibles marítimos empleados en el área marítima perteneciente a California no pueden superar un contenido del 0,1 % en azufre
- **2015:** Los combustibles marítimos empleados en las zonas ECA no pueden superar un contenido del 0,1 % en azufre
- **2016:** Los motores de propulsión que operen en las zonas ECA designadas por Estados Unidos no podrán superar la emisión de 3,4 g/KWh de NO_x
- **2020:** ningún combustible marítimo puede superar un contenido del 0,5% en azufre

A partir de 2020, la entrada en vigor de la limitación global al contenido en azufre de los combustibles marítimos supone que los combustibles pesados convencionales ya no podrán ser utilizados en ningún lugar del mundo sin la adecuada tecnología para reducir las emisiones. El modelo planteado toma como escenario base la nueva normativa por lo que se considera en el escenario optimista que la regulación en ningún caso será un factor que penalice la toma de decisiones de transformación de buques con propulsión de GNL, pero en el escenario pesimista, sí se aplican factores reductores por tipología de buque, en los 5 primeros años de andadura de la regulación, ya que cabría pensar que en una situación en que la aplicación de la nueva legislación no fuese debidamente controlada o la aplicación total de la misma a nivel global se retrasase, las decisiones de transformación a GNL podrían verse igualmente ralentizadas durante los primeros años.

Resistencia al cambio

La implantación de toda nueva tecnología conlleva una serie de riesgos difícilmente cuantificables de forma económica por el decisor, al estar asociados a la incertidumbre que supone el uso de una tecnología desconocida. En el caso de los buques de transporte la implantación de sistemas de propulsión con GNL no solo conlleva una gran incertidumbre en el precio futuro de los combustibles, además los armadores temen problemas en la calidad del gas que puedan reducir el rendimiento de los motores, problemas de seguridad que puedan dañar su imagen o baja disponibilidad de personal certificado para trabajar con GNL. A medida que el GNL vaya implantándose el conocimiento sobre esta tecnología será cada vez mayor mitigándose los diferentes riesgos y desarrollándose mejoras tecnológicas que reduzcan este tipo de incertidumbres.

Para los buques tipo T1 en 2020 y 2025 se asume que alrededor de la mitad de los decisores no optarán por el GNL al no estar completamente aclarados los diferentes aspectos que puedan poner en riesgo la operatividad y rentabilidad del buque. La toma de decisiones para el tipo de buque Ro-Pax se ve facilitada por el alto porcentaje de unidades existentes y en construcción en el mercado, siendo por lo tanto el más estudiado y del que más información se dispone. Los buques de Crucero están también empezando a tender hacia el GNL de manera rápida ya que las empresas operadoras disponen de equipos técnicos con gran capacidad de estudio, a la vez que disponen de gran capacidad de negociación con las compañías comercializadoras del producto, que mitigan los riesgos de la toma de decisión. Para los buques T2 por sus características técnicas –pérdidas de espacio en portacontenedores, pocas unidades en servicio, poco desarrollo de soluciones de almacenamiento de gran dimensión...- y por sus características operativas, la aversión al riesgo podría suponer una reducción importante de las tomas de decisión hacia GNL.

Con el transcurso del tiempo, el número de unidades con GNL aumentará y se desarrollarán nuevas tecnologías que mitiguen el riesgo, reduciéndose la incertidumbre de los decisores, hasta prácticamente anularla.

Otros

Bajo esta denominación se agrupa una serie de factores no cuantificables de menor impacto en la toma de decisiones, pero que también afectan a las mismas. En general se trata de factores asociados a la imagen de marca y a políticas de marketing.

6.4.4 Escenarios

La incertidumbre que se crea en la toma de decisiones que se ven afectadas por el comportamiento futuro de diversos factores a su vez inciertos, hace necesario el planteamiento de diversas situaciones, con el objetivo de valorar de forma lo más certera posible la demanda estimada de GNL en el medio y largo plazo.

En este proyecto se han planteado dos escenarios, uno optimista y otro pesimista, lo que permite generar una situación intermedia, que en general coincide con la situación que consideramos más esperada. Manteniendo los diferenciales actuales en el precio del combustible y estableciendo una situación intermedia en el caso de los factores de decisión no económicos – disponibilidad de infraestructuras, aversión al riesgo, regulación...- se obtiene dicho escenario más probable.

Los factores económicos empleados para cada uno de los escenarios quedan reflejados en la Tabla 10.

Tabla 10 Factores económicos para los escenarios planteados

	Pesimista	Intermedio	Optimista
Diferencial precio IFO-GN	30 €/t + 5% anual	30 €/t	+30 €/t - 5% anual
Coste de capital	20%	8%	5%
Crecimiento económico	0%	1%	2%

6.4.5 Resultados de la estimación de buques con transformación a GNL

Antes de presentar los resultados obtenidos del porcentaje estimado de transformación a propulsión con GNL de las nuevas construcciones de buques que escalan en el puerto de La Luz y de Las Palmas, se resumen los parámetros principales considerados en el modelo de cálculo.

Factores económicos:

- Costes de inversión de los elementos del sistema de propulsión
- Coste de mercado del combustible
- Coste logístico del GNL
- Coste del capital
- Crecimiento económico

Factores no económicos:

- Regulación y responsabilidad corporativa
- Disponibilidad de suministro
- Aversión al riesgo
- Otros

Tras la valoración de todos los factores implicados se elaboran la Tabla 11 y la Tabla 12 donde quedan reflejados los porcentajes de transformación estimados para cada uno de los escenarios y tipos de buque planteados en el estudio.

Tabla 11 Porcentaje de transformación a GNL en el escenario intermedio

ESCENARIO INTERMEDIO					
	2020	2025	2030	2035	2050
RO-PAX	21%	39%	61%	67%	67%
CRUCEROS	16%	45%	65%	74%	74%
RO-RO	10%	26%	35%	51%	51%
PORTACONTENEDORES T1	10%	26%	35%	51%	51%
BUQUES T2	4%	8%	19%	35%	35%

Esta estimación indica la situación intermedia de los resultados obtenidos para las estimaciones optimistas y pesimistas, que se indican en la Tabla 12.

Tabla 12 Porcentaje de transformación a GNL en los escenarios optimista y pesimista

ESCENARIO OPTIMISTA Y PESIMISTA						
		2020	2025	2030	2035	2050
RO-PAX	Optimista	36%	63%	90%	90%	90%
	Pesimista	6%	15%	32%	45%	45%
CRUCEROS	Optimista	28%	64%	90%	90%	90%
	Pesimista	3%	26%	41%	57%	57%
RO-RO	Optimista	20%	48%	64%	90%	90%
	Pesimista	1%	4%	6%	13%	13%
PORTACONTENEDORES T1	Optimista	20%	48%	64%	90%	90%
	Pesimista	0%	4%	6%	13%	13%
BUQUES T2	Optimista	8%	16%	36%	63%	90%
	Pesimista	0,1%	0,4%	2,6%	7%	13%

6.5 Estimación de demanda de GNL para suministro a buques en el puerto de La Luz y de Las Palmas

Conocer el consumo de combustible anual de un buque no es suficiente para estudiar correctamente la cantidad de combustible que éste se suministra en un puerto dado.

La elección de un puerto como lugar de suministro atiende a diversas razones:

- Competencia de puertos alternativos en la línea de actividad del buque.
- Precio del combustible en dicho puerto
- Tipo y tiempo de operativa del buque
- Medios de suministro
- Coste del suministro

En este punto se pretende conocer los suministros realizados durante el año 2016 en el puerto de La Luz y de Las Palmas, qué buques de los que han efectuado escalas en el puerto se han suministrado, cuántas veces lo han hecho, que cantidades y por qué medio lo han hecho. De estos datos se obtendrá el “patrón de suministro” por tipología de buques. En este trabajo, tal y como se ha indicado en el punto 6.4, se asume que el patrón de suministro no varía con independencia de que el combustible sea el convencional o sea el GNL.

El punto de partida son las estadísticas de suministros realizados en 2016, proporcionadas por la Autoridad Portuaria. Estas estadísticas detallan los siguientes elementos:

- Tipo de medio de suministro: Gabarra, cisterna o línea
- Nombre del medio de suministro (En caso de gabarras)
- Nombre del buque suministrado
- Tipo de combustible suministrado: Gasoil, IFO, HSFO, DMO...
- Cantidad suministrada
- Fecha de suministro

Analizando las estadísticas proporcionadas se busca conocer la cantidad de combustible que se ha suministrado cada uno de los buques T1 analizados y estimar el suministro medio realizado por buques de tipo T2.

En el año 2016, el puerto de La Luz y de Las Palmas es el segundo en toneladas suministradas del sistema portuario español, y se encuentra en el Top 15 de puertos mundiales con un servicio total de 2.312.793 t de combustible en 6.971 suministros, lo que supone que un 75% de las escalas realizadas en el puerto requirió del suministro de combustible ya fuera en atraque o con buque fondeado.

Existen varias compañías comercializadoras y varias operadoras de bunkering en el puerto de La Luz y de Las Palmas, así como diversos medios de suministro para realizar la operación. En 2016 el 65% del combustible se suministró a través de las 4 gabarras que operan en el puerto que realizaron 3.900 suministros, el 33% a través de tubería -1.970 suministros- y el 2% restante mediante cisternas.

Para conocer toda la información sobre la base de datos de suministros de buques del año 2016, ha sido adicionado a la misma, el tipo de buque, y su GT. A su vez, se ha convertido cada uno de los suministros a toneladas equivalentes de GNL. De esta forma la base de datos final contendrá para cada buque que ha realizado suministro, los siguientes datos:

- Nombre del buque
- Tipo de buque

- GT
- Tipo de combustible
- Cantidad suministrada (t)
- Cantidad suministrada GNL equivalente (t)
- Medio de suministro
- Fecha de suministro

La caracterización del suministro de combustible queda claramente diferenciada para los tipos de buque T1 y T2.

En el caso de los buques T1 se estudia buque a buque que cantidad de combustible le han suministrado (S_1) durante el año 2016 y se estudia en que momento temporal tendría lugar la sustitución de cada uno de ellos, obteniéndose cuál sería la demanda de combustible por sustituciones en un periodo dado, que multiplicada por el porcentaje de transformación a propulsión con GNL da como resultado la demanda estimada de GNL. La cantidad total de combustible suministrado en el año 2016 para buques tipo T1 supone el 7% del combustible suministrado en el puerto de La Luz y de Las Palmas y se reparte entre cada tipo de buque como se refleja en la Tabla 13

En el caso de los buques T2 al desconocerse buque a buque en que momento temporal son sustituidos, la demanda entrante de GNL se estima a partir del suministro total por tipo de buque dado en 2016 (D_2), el porcentaje de sustitución de la flota - 4%- y el porcentaje de transformación a GNL para cada período.

$$Demanda\ GNL\ T1_{año\ n} = \sum S_{1_{año\ n}} * \% Transformación_{año\ n\ T1}$$

$$Demanda\ GNL\ T2_{año\ n} = D_2 * \% Renovación\ flota * \% Transformación_{año\ n}$$

Tabla 13 Demanda combustible en toneladas equivalentes de GNL por tipo de buque T1 en 2016

	Suministro anual 2016 (t)
Cruceros	34.695
Portacontenedores T1	22.495
Ro-Pax	46.607
Ro-Ro	28.882
Total	132.679

A partir de 2042, los buques comienzan un nuevo ciclo de sustituciones al quedar obsoletos los primeros buques sustituidos en el periodo 2017-2025, por esta razón durante el periodo 2035-2050 la demanda entrante estará compuesto por los buques sustituidos en el periodo 2035 a 2042 y por los buques que se sustituyen por segunda vez y no hayan sido transformados a GNL previamente.

Para los buques T2 no es necesario diferenciar por periodo temporal, ya que de manera fija se asume una sustitución de la flota de un 4% todos los años. Partiendo de la Tabla 14, dónde se recoge la cantidad total suministrada en el año 2016 en toneladas equivalentes de GNL por cada tipo de buque T2, se obtiene la demanda de GNL multiplicando la cantidad total de combustible suministrado en 2016 por el porcentaje de transformación y el de renovación de flota.

Tabla 14 Demanda de combustible en toneladas equivalentes de GNL por tipo de buque T2 en 2016

	Suministro anual 2016 (D ₂) (t)
Bulkers	593.341
General Cargo	182.357
Otros	474.004
Portacontenedores	12.780
Tankers	455.124
Total	1.717.606

Conocida la demanda de combustible debida a las sustituciones producidas en la flota, se aplica el porcentaje de transformación a propulsión de GNL estimado para cada tipo de buque y periodo temporal -Tabla 11- y se obtienen los resultados recogidos en la Tabla 16 que corresponden a la demanda marítima estimada de GNL para buques tipo T1 en los diferentes escenarios de decisión planteados. La demanda estimada para buques tipo T2 en los diferentes escenarios se recoge en la Tabla 17.

El estudio detallado del tráfico portuario y del mercado de suministro de combustibles en el puerto de La Luz y de Las Palmas hacen posible la introducción de una serie de ajustes que adecúan aún más la estimación de demanda prevista al mercado insular:

- **Ajuste por crecimiento de escalas y mercado de combustible vs reducción como consecuencia de avances tecnológicos para la reducción de consumos:** Consideramos que de un lado se producirá un

crecimiento económico en el periodo considerado. De otro lado también es cierto, el esfuerzo que se realiza en la reducción de los consumos a través de la evolución tecnológica en la motorizaciones, nuevas pinturas de cascos y otros. Estimar cual podría ser la evolución de ambos factores es un ejercicio especialmente incierto. Con el objeto de considerarlo, hemos optado por conocer cuál ha sido la evolución del suministro de combustible en el puerto de La Luz y de las Palmas desde el primer año del que tenemos referencia, - año 1962-, y proyectar ese mismo dato a nuestras estimaciones, dado que el dato resulta del efecto combinado de ambos factores en el periodo estudiado. Este dato en la serie histórica 1962 – 2016, es de un crecimiento medio anual acumulado del 0,68 %.

- **Ajuste por escalas esperadas del crucero AIDAnova, de acuerdo a la información que se dispone en estos momentos:** Este mega crucero de 180.000 GT, equipado con 4 motores Dual-Fuel que tiene planificadas escaladas los próximos 3 inviernos en las Islas Canarias y Madeira, supondría un gran impulso inicial para la demanda de GNL marítimo en el puerto, al estimarse que podría llegar a suministrarse en el puerto de La Luz y de Las Palmas un total de 25.000 t de GNL anuales a partir del año 2019, en el supuesto que dispusiera del servicio requerido. La entrada de este buque implica un incremento en aproximadamente 30.000 m³ en el suministro de GNL esperado, en relación al que hubiera resultado de la sustitución del buque ahora en actividad, de mucho menor porte. Este ajuste ha sido incluido de manera separada al estudio teórico, al tratarse de una información cierta pero dependiente de la capacidad del puerto, para suministrar GNL en la medida requerida por este crucero, desde el momento de su puesta en marcha.

Aplicando estos ajustes en el escenario intermedio la demanda final estimada queda recogida en la Tabla 15.

Tabla 15 Demanda marítima final ajustada de GNL en el puerto de La Luz y de Las Palmas

	DEMANDA ESTIMADA TOTAL ANUAL GNL ÁMBITO MARÍTIMO ESCENARIO INTERMEDIO				
	2020	2025	2030	2035	2050
Masa (t)	9.159	53.948	147.507	271.201	655.523
Volumen (m³)	19.540	116.696	320.147	588.438	1.422.093
Crecimiento mercado vs avance tecnológico (0,68%)	-	3.968	21.770	60.021	290.107
Total estimado antes de ajuste Aida (m³)	19.540	120.663	341.918	648.459	1.712.200
Ajuste Crucero AIDAnova (m³)	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Total estimado después de ajuste (m³)	49.540	150.663	371.918	678.459	1.742.200

Tabla 16 Demanda marítima estimada de GNL para buques tipo T1

		Demanda estimada de GNL para buques de tipo T1					
		Escenario pesimista		Escenario intermedio		Escenario optimista	
		Periodo	% Transformación	Demanda GNL (t)	% Transformación	Demanda GNL (t)	% Transformación
Cruceros	2020	3%	0	16%	495	16%	866
	2025	26%	4.675	45%	8.204	64%	11.805
	2030	41%	6.557	65%	11.379	90%	16.176
	2035	57%	6.847	74%	11.751	90%	16.630
	2050	57%	17.181	74%	24.940	90%	31.587
Portacontenedores	2020	0%	0	10%	0	20%	172
	2025	4%	461	26%	3.260	48%	5.886
	2030	6%	498	35%	3.412	64%	6.325
	2035	13%	615	51%	3.885	90%	7.156
	2050	13%	913	51%	6.830	90%	13.466
ROPAX	2020	6%	0	21%	0	36%	0
	2025	15%	1.690	39%	4.317	63%	6.943
	2030	32%	10.183	61%	20.578	90%	30.973
	2035	45%	11.920	67%	23.194	90%	34.468
	2050	45%	15.250	67%	28.440	90%	40.716
RORO	2020	1%	0	10%	0	20%	0
	2025	4%	227	26%	1.571	48%	2.980
	2030	6%	1.519	35%	9.374	64%	17.228
	2035	13%	1.519	51%	9.374	90%	17.228
	2050	13%	1.868	51%	11.619	90%	21.701
TOTAL	2020		0		495		1.038
	2025		7.053		17.352		27.614
	2030		18.758		44.742		70.701
	2035		20.900		48.204		75.481
	2050		35.212		71.829		107.470

Tabla 17 Demanda marítima estimada de GNL para buques tipo T2

	Demanda estimada de GNL para buques de tipo T2						
	Periodo	Escenario pesimista		Escenario intermedio		Escenario optimista	
		% Transformación	Demanda GNL (t)	% Transformación	Demanda GNL (t)	% Transformación	Demanda GNL (t)
Bulkers	2020	0,1%	103	4%	2.899	8%	5.696
	2025	0,4%	558	8%	12.621	16%	24.683
	2030	3%	3.596	19%	35.500	36%	67.404
	2035	7%	11.903	35%	77.034	63%	142.165
	2050	13%	56.759	35%	201.635	90%	462.569
General Cargo	2020	0,1%	0	4%	891	8%	1.751
	2025	0,4%	205	8%	3.879	16%	7.586
	2030	3%	1.105	19%	10.911	36%	20.716
	2035	7%	3.658	35%	23.676	63%	43.693
	2050	13%	17.444	35%	61.971	90%	142.166
Otros	2020	0,1%	0	4%	2.316	8%	3.278
	2025	0,4%	380	8%	10.082	16%	14.204
	2030	3%	2.069	19%	28.360	36%	38.789
	2035	7%	6.850	35%	61.540	63%	81.811
	2050	13%	32.663	35%	161.081	90%	266.194
Portacontenedores T2	2020	0,1%	0	4%	0	8%	123
	2025	0,4%	0	8%	334	16%	532
	2030	3%	0	19%	765	36%	1.452
	2035	7%	345	35%	1.659	63%	3.062
	2050	13%	1.223	35%	4.343	90%	9.963
Tankers	2020	0,1%	0	4%	2.558	8%	4.369
	2025	0,4%	428	8%	9.681	16%	18.933
	2030	3%	2.758	19%	27.230	36%	51.702
	2035	7%	9.130	35%	59.089	63%	109.048
	2050	13%	43.538	35%	154.665	90%	354.815
Total	2020		103		8.665		15.216
	2025		1.571		36.596		65.938
	2030		9.529		102.765		180.062
	2035		31.886		222.997		379.778
	2050		151.627		583.695		1.235.706

6.6 Caracterización de la demanda estimada de GNL en el puerto de la Luz y de las Palmas

Además, para poder realizar más adelante el estudio de las cadenas logísticas factibles dentro del puerto de la Luz y de Las Palmas resulta de gran importancia caracterizar de forma más detallada la demanda de los buques; para ello se identifican, en la Tabla 18 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los suministros medios que cada tipo de buque en función de su GT realiza en el puerto de La Luz y de Las Palmas y en la Tabla 19, el suministro medio, mínimo y máximo de los diferentes medios de suministro presentes en el mercado de bunkering del puerto.

Tabla 18 Suministro medio de combustible por tipo de buque y GT

Suministro medio de combustible por tipo de buque y GT (t)				
	<10.000GT	10.000-30.000 GT	30.000-50.000 GT	>50.000GT
Cruceros	28	215	281	468
General Cargo	128	236	338	281
Bulkers	118	271	333	372
Otros	244	338	346	1370
Portacontenedores	89	184	107	247
Ro-Pax	33	141	363	
Ro-Ro	122	241	240	
Tankers	614	340	424	738
Media ponderada del conjunto de suministros	201	265	319	577

Tabla 19 Caracterización del suministro por medio de bunkering

Caracterización de medios de suministro (t)				
	Mínimo	Medio	Máximo	Share
Cisterna	0,4	30	1.200	2%
Línea	7	312	4.500	66%
Gabarra	5	313	6.450	32%

Estudiando estos aspectos en conjunto se extraen varias conclusiones:

- Más del 50% del total de los suministros mediante cisterna están destinados a buques tipo Ro-Pax con un suministro medio de 29 t.
- El 50% de los suministros realizados por gabarra se destinaron a buques tipo bulker.

- El 50% de los suministros realizados por línea se destinaron a buques tipo tanker.
- Más del 90% del total de suministros destinados a buques de tipo bulker, cruceros o portacontenedores se realizan mediante gabarra, con un suministro medio de 375 t, 405 t y 200 t respectivamente.
- El suministro de combustibles en los buques tipo tanker, Ro-Ro y carga general se reparte equitativamente entre las gabarras y el suministro por tubería.

6.7 Demanda complementaria de GNL

La llegada a la isla de Gran Canaria de las redes para la distribución de aire propanado permite la distribución continua de gases combustibles mediante canalización a usuarios finales tanto domésticos como empresas. Aunque estas redes están pensadas para distribuir aire propanado, lo cierto es que tienen capacidad para operar con un gran número de gases combustibles si estos son capaces de cumplir las especificaciones técnicas de la red, como ocurre en este caso con el gas natural. La introducción de estas redes de distribución pretende dar servicio a todo aquel consumidor que requiera de una distribución continua de combustible para la generación de calor, actualmente distribuidos de forma intermitente mediante botellas o camiones cisterna. El consumo total de estos combustibles en la isla de Gran Canaria se recoge en el Anuario Energético de Canarias (30).

Para los consumidores de energía térmica disponer de gas natural supondría contar con una fuente de energía térmica con un precio considerablemente inferior al de los gases licuados del petróleo (GLP) y unas ventajas tanto en seguridad como medio ambientales muy superior a la de sus competidores, pero la Isla no cuenta con un sistema distribución de gas natural capaz de hacer llegar el gas natural a todos los consumidores finales. Con la llegada del gas natural al puerto se prevé un interés de los operadores y consumidores de las redes de aire propanado y los comercializadores de GLP en sustituir los combustibles que distribuyen actualmente (GLP y Fuel-Oil) por el gas natural. En el caso de las redes de aire propanado el cambio podría ser inmediato, pero en aquellos clientes a los que el combustible se distribuye de manera intermitente el cambio a gas natural resultaría paulatino al requerirse infraestructuras adicionales para el consumo de gas natural. La estimación de la energía térmica total que podría suministrarse con gas natural en la Isla ha sido objeto de estudio en el informe PelicanGas, realizado por SBC, S.L. y se detalla en la Figura 10. Aunque el precio del gas natural es mucho más competitivo que el del GLP, existen pequeños consumos en la Isla alejados de las

redes de distribución y para los que resulta inviable económicamente la instalación de infraestructura de recepción de GNL que seguirán utilizando botellas de GLP para la obtención de energía térmica.

La rápida entrada del gas natural en el periodo 2020-2025 se daría por dos factores clave, por un lado, como se ha dicho anteriormente la utilización de las redes de aire propanado ya aprobadas supondría una disminución en torno al 50 % del consumo de GLP en aproximadamente 5 años que es el periodo estimado para que todas las redes estén construidas y en funcionamiento, pero además a esto se suma la drástica reducción que se está dando en el consumo de Fuel-Oil, cuya combustión en el entorno terrestre está cada vez más limitada dada su gran capacidad contaminante y la incapacidad de cumplir con las nuevas normativas en materia de emisiones.

La demanda complementaria final de GNL que se estima en la isla de Gran Canaria para el periodo 2020-2030 en el supuesto de que el GNL sustituyese el uso de GLP, se recoge en la Tabla 20. Se considera que a partir de 2030 si esta demanda sigue aumentando, los operadores comerciales de gas natural buscarían ampliar sus infraestructuras, construyendo su propio parque de almacenamiento ya lejos del puerto y completamente integrado en el sistema nacional gasista dando servicio a nuevas redes de distribución ya construidas específicamente para el gas natural.

Tabla 20 Demanda complementaria de GNL

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
GNL (m ³)	8.568	17.135	25.703	37.697	56.546	68.540
	2026	2027	2028	2029	2030	2031
	73.681	75.394	77.108	77.108	77.108	77.108

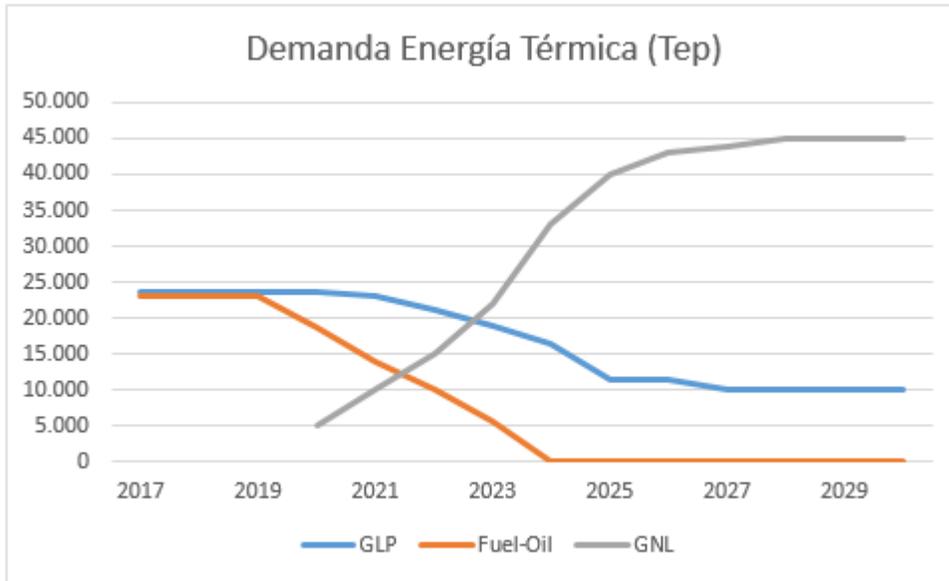


Figura 10 Previsión demanda energía térmica en Gran Canaria, en toneladas equivalentes de petróleo

6.8 Demanda de GNL en el ámbito portuario

La introducción del gas natural en el ámbito portuario supondría la posibilidad de un nuevo suministro tanto de energía térmica, como eléctrica, si fuese instalado algún pequeño grupo de generación alimentado por gas natural. Esto reduciría el precio final actual de la energía, repercutiendo también positivamente en los niveles de emisión de compuestos contaminantes de la industria.

El sector de las reparaciones navales tiene una gran importancia en el puerto de La Luz y de Las Palmas, al destacar como uno de los primeros puertos de España en reparaciones y mantenimiento tanto para buques como plataformas offshore. La demanda industrial conocida dentro del puerto –según la información recibida– consideramos que representa aproximadamente el 50% de la energía total destinada a la industria portuaria. La valoración de esta demanda queda reflejada en la Tabla 21

Tabla 21 Demanda de GNL en el ámbito portuario

	DEMANDA DE GNL EN EL ÁMBITO PORTUARIO (m ³)		
	2020	2025	2030
información recibida (parcial)	1.000	1.000	1.000
Estimación resto de industria	200	400	800

Para el primer quinquenio, el consumo de la industria portuaria apenas supondría un 2% de la demanda total, viéndose reducido hasta menos de un 0,1% en 2025, por lo que este consumo a efectos del informe y de posteriores consideraciones no es relevante.

6.9 Resumen general de la demanda estimada en el puerto de La Luz y de las Palmas

Por último, se ha resumido en la Tabla 22 las diferentes demandas que han sido estimadas a lo largo de este estudio para cada uno de los periodos temporales estipulados.

Tabla 22 Resumen de demandas estimadas en el puerto de La Luz y de Las Palmas

	DEMANDA TOTAL ANUAL GNL (m ³)				
	2020	2025	2030	2035	2050
Demanda marítima	43.540	150.663	371.918	678.459	1.742.200
Demanda complementaria exterior	8.568	68.540	77.108	-	-
Demanda Complementaria interior	1.000	1.000	1.000	-	-

Bibliografía

1. **UNCTAD (United nations conferences for trade and development).** *Review of Maritime Transport 2016.* 2017.
2. **ISL.** *Shipping Statics and Market Review .* 2016.
3. **Intermodal Research & Evaluation.** *Overview of the World Merchant Fleet.* 2016.
4. **DNV-GL.** *Low Carbon Shipping Towards 2050.* 2017.
5. **LNG World Shipping.** *LNG-Fuelled ships in service worldwide .* 2017.
6. —. *LNG-Fuelled ships on order worldwide .* 2017.
7. **DNV GL.** *LNGi Status Update .* Julio 2017.
8. **AIDA Cruises.** "AIDAnova will be the first ship of the next AIDA generation". [Online] <https://www.aida.de/en/aida-cruises/press/press-archive/newsdetails.24494/article/aidanova-will-be-the-first-ship-of-the-next-aida-generation.html>.
9. **CruiseMapper.** AIDAprima Itineraries 2017 and 2018. [Online] Agosto 2017. <http://www.cruisemapper.com/ships/AIDAprima-747>.
10. **Wärtsilä.** *46DF Dual-Fuel engine product guide.*
11. —. *20DF Dual-Fuel engine product guide.*
12. —. *31DF Dual-Fuel engine product guide.*
13. —. *34DF Dual-Fuel engine product guide.*
14. **MAN Turbo Marine.** *Project Guide for MAN B&W G50ME-B9.2-GI.*
15. —. *Project Guide for MAN B&W S70ME-C8.2-GI.*
16. —. *Project Guide for MAN B&W S90ME-C9.2-GI.*
17. **Autoridad Portuaria de Las Palmas.** *Estidísticas escalas buques en el periodo en el 2014-2016.* 2017.
18. **DNV GL.** *LNF as Fuel Recent Developments.* 2014.
19. **American Bureau of Shipping.** *Exhaust Gas Scrubber Systems. Status and Guidance.* 2013.

20. **Fundación ValenciaPort.** *Feasibility Study of LNG as a fuel for the Mediterranean SSS Fleet.* 2013.
21. **Fathom.** *Marine Scrubbers: The guide 2015.* 2016.
22. **Danish Maritime Authority.** *Appendices of North European LNG Infrastructure Project. A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations.* 2012.
23. **Wärtsilä.** *Wärtsilä Dual-Fuel LNGC.* 2008.
24. —. *A rare win-win; Emissions and OPEX reduction with LNG vessels.* 2009.
25. **European Commission.** *Study on the Completion of an EU Framework on LNG-fuelled ships and its Relevant Fuel Provision Infrastructure. Lot3 Analysis of the LNG market developments in the EU.* 2016.
26. **Aalto University.** *Cruise ships concepts applying LNG fuel.* 2015.
27. **Grupo Suardiaz.** Ficha técnica del buque Ro-Ro L'Audace. [Online] <https://www.suardiaz.com/nuestra-flota>.
28. **Ship&Bunker.** Rotterdam bunker prices for MDO. [Online] <https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam#MGO>.
29. —. Rotterdam bunker prices for ULSFO. [Online] <https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam#ULSFO>.
30. **Gobierno de Canarias.** *Anuario Energético de Canarias.* 2015.
31. **Register, Lloyd's.** *Fuel trends for 2030.* 2017.
32. **MIBGAS.** *Informe trimestral del mercado organizado del gas. Trimestre 2.* 2017.

Abreviaturas

- **CEF:** Connecting Europe Funds
- **CO₂:** Dióxido de carbono
- **DF:** Dual-Fuel
- **DMA:** Danish maritime authority
- **ECA:** Emission control área
- **GLP:** Gases licuados del petróleo
- **GNC:** Gas natural comprimido
- **GNL:** Gas natural licuado
- **HFO:** Heavy Fuel-Oil
- **IFO:** Intermediate Fuel-Oil
- **MDO:** Marine diesel oil
- **NO_x:** Óxidos de nitrógeno
- **PM:** Material particulado
- **SCR:** Selective catalitic reduction
- **SFOC:** Specific fuel-oil compsumption (g/KWh)
- **SO_x:** Óxidos de azufre
- **TEN-T/RTE-T:** Red trans-europea de transportes
- **ULSFO:** Ultra low sulphur Fuel-Oil
- **Tep:** Tonelada equivalente de petróleo

GLOSARIO

- **Bunkering:** Suministro de combustible para la navegación marítima
- **Hub:** Centro de conexión, intercambio o distribución
- **Aire propanado:** Mezcla de gas propano y aire con características muy similares a las del gas natural
- **Gas natural licuado (GNL):** Gas natural procesado para su transporte en forma líquida, a presión atmosférica y una temperatura de $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Su volumen es 600 veces inferior al del gas natural en condiciones normales. Es inodoro, incoloro y no tóxico.
- **Motor Dual-Fuel:** Motor habilitado para la combustión de Fuel-Oil, Diésel marino y gas natural. Emplean el ciclo diésel cuando funcionan con Fuel-Oil y Diesel y el ciclo Otto cuando lo hacen con gas natural. En funcionamiento con gas natural requieren la alimentación de aproximadamente un 1-2% de combustible convencional para lograr el encendido.
- **Combustible piloto:** Combustible convencional necesario para lograr el encendido de la mezcla de gas natural en los motores de ciclo Otto.
- **Terminal de importación de GNL:** Conjunto de instalación que permiten la recepción, almacenamiento y regasificación del gas natural licuado.
- **Boil-off:** Gas resultante del proceso de vaporización natural de los líquidos combustibles en su estado de equilibrio.

RELACIÓN DE CONTACTOS

- Organismos Públicos

- Gobierno de Canarias. Viceconsejería de Industria Energía y Comercio:
Ilmo. Sr. D. Adrián Mendoza Grimón

- Industria Canaria

- Astican: Vicente Marrero Domínguez.

- Consignatarios (Las Palmas)

- Asociación de consignatarios. Con la participación de:
 - Secretaría de la organización: Elena Vicente
 - Andrés Perdomo: Héctor Perdomo
 - Hamilton y Cia: Eugenio Gómez
 - Naviera Armas: Jaime Cabrera
 - Pérez y Cia. Alejandro García-Reboredo
 - Atlantsea Consignataria: Angel Mayor
- Hamilton y Cía: Eugenio Gómez
- Bergé. (Canarias): Carlos Núñez.
- Pérez y Cía: Alejandro García-Revoredo

- Asociaciones

- Industria. (Las Palmas)
 - Asociación de Reparaciones Navales: José Miguel Rodríguez
 - SGS: Álvaro Sánchez
 - Zamakona: Borja Garaigordovil, Rut Ibáñez.
 - Trasunaval: Roberto Santiago Diaz
 - Armando López González. Silvia López
- Clúster Marítimo de Canarias: (Las Palmas) Elba Bueno
- ANAVE: Manuel Carlier, Elena Seco. (Madrid)

- Empresas suministradoras

- ORIX: Javier Díaz. Director de operaciones. (Las Palmas)
- Boluda Tunkers.: Enrique Torres (Sevilla)
- Suardiaz: Juan Riva

- Empresas comercializadoras

- Cepsa Bunkering: Daniel de Miguel (Madrid)
- Cepsa Gas: Juan Carbayo: (Madrid)
- Repsol Gas: Eugenia Bertrand, Luis Pieltain (Madrid)

- Empresas de distribución e infraestructuras

- Enagás: José Enrique Murcia, Álvaro Delicado (Madrid)
- Gas Natural Fenosa: Juan Ignacio Buenestado (Sevilla)
- Redexis: Miguel Mayrata. Pedro de Navásque (Las Palmas).
- Disa: Santiago Rull, Miguel Benarroch y Florencio de la Rosa (Santa Cruz de Tenerife)

- Compañías Navieras

- Fred Olsen: Juan Ignacio Liaño (Las Palmas)
- Naviera Armas: Daniel Pérez Zúñiga (Las Palmas)
- Suardiaz: Juan Riva (Madrid)
- Boluda: Joaquín Quiles (Canarias), Alfonso Serrat y Gorka Sousa (Valencia)
- JSV.: Sonia Herzog
- Petrocan: Matías Mayor Pérez (Santa Cruz de Tenerife)