



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2019/20

*BARCAZA BUNKERING MULTIPRODUCTO Y COLD
IRONING*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

Julio Elías Sánchez

TUTOR

Raúl Villa Caro

FECHA

JULIO 2020

1 RPA

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.018-2019

PROYECTO NÚMERO 19-99

TIPO DE BUQUE: TOWED BUNKERING BARGE (BARCAZA DE BUNKERING SIN PROPULSIÓN PARA SER REMOLCADA)

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV GL Non self-propelled unit ICE CLASS C. Class notation: Barge SHELTERED WATERS. INTERNATIONAL VOYAGES. Código IMO para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel; Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el protocolo de 1978 y por el Protocolo de 1997 (Convenio MARPOL). Convenio Internacional sobre líneas de carga, 1966 Y ENMIENDAS. Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los abordajes, 1972 (Convenio COLREG). SOLAS ÚLTIMA EDICIÓN APLICABLE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Capacidad de transporte y transferencia de LNG, así como operaciones de suministro eléctrico “cold ironing”. MULTIPRODUCTO DE COMBUSTIBLES FÓSILES COMO HFO LSFO MDO 2500 TPM. 450 m³ de LNG.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 10 nudos siendo remolcada o empujada. Calcular la capacidad de las embarcaciones auxiliares para ello.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Tanque/s para LNG de tipo C y su correspondiente brazo de transferencia. Dos grupos electrógenos a gas y uno DF y una grúa de transferencia de cables situada en un costado.

PROPULSIÓN: No autopropulsada. Posibilidad de duplicar la capacidad del diseño mediante un tren de barcasas. 2 o 4 unidades máximo.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 10 personas en camarotes individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: DISPOSITIVO DE REMOLQUE POR PROA O DE SER EMPUJADA POR POPA.

Ferrol, 18 Marzo 2019

ALUMNO/A: **D^a Julio Elías Sánchez**

2 RESUMEN

2.1 Castellano

En estos Cuadernos se pretende reflejar el proceso completo del proyecto de diseño, construcción y evaluación económica de una barcaza de *bunkering* multiproducto, con capacidad de transporte tanto de combustibles navales tradicionales (HFO, MDO, LSFO) como de Gas Natural Licuado (LNG). Asimismo, el buque proyectado también será destinado a labores de suministro eléctrico entre buques (*Cold Ironing*).

2.2 Gallego

Nestes Cuadernos preténdese amosar o proceso completo do proxecto de diseño, construción e avaliación económica dunha barcaza de *bunkering* multiproducto, con capacidade de transporte tanto de combustibles navais tradicionais (HFO, MDO, LSFO) como de Gas Natural Licuado (LNG). Asemade, o buque proxectado tamén será destinado a labores de suministro eléctrico entre buques (*Cold Ironing*).

2.3 Inglés

In these Booklets the whole process of design, construction and economic evaluation of a multiproduct bunker barge, with capacity of transportation of traditional marine fuels (HFO, MDO, LSFO) and Liquefied Natural Gas (LNG). Likewise, the projected ship will also be destined to ship to ship electricity supply activities (Cold Ironing).



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2019/20**

*BARCAZA BUNKERING MULTIPRODUCTO Y COLD
IRONING*

Grado en Ingeniería Naval

Cuaderno 1:

**ELECCIÓN DE LA CIFRA DE MÉRITO Y DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS.
SELECCIÓN DE LA MÁS FAVORABLE.**

ÍNDICE

1 RPA	2
2 Resumen	3
2.1 Castellano.....	3
2.2 Gallego	3
2.3 Inglés.....	3
3 Generalidades.....	8
3.1 El Buque Proyecto	8
3.2 Características estructurales.....	8
3.3 Características de la carga	8
3.4 Tipo de buque.....	9
3.4.1 Introducción al remolque por empuje	9
3.4.2 Concepto de buque ATB.....	11
3.4.3 Sistema de conexión remolcador-barcaza	11
3.4.4 Estado del mercado en la actualidad	14
3.4.5 Aplicación a este proyecto	16
3.5 Introducción a la coyuntura energética marítima actual	16
3.5.1 Marco normativo global.....	16
3.5.2 Consecuencias para el transporte marítimo.....	18
3.5.3 El GNL como combustible alternativo	19
3.5.4 El bunkering de GNL en la Península Ibérica.....	21
3.5.5 Suministro de electricidad a flote. Cold Ironing	22
3.6 Estimación de la potencia eléctrica a instalar.....	23
3.6.1 Introducción	23
3.6.2 Potencia instalada por tipo de buque.....	24
3.6.3 Ciclos de actividad en tiempo y potencia a considerar en cada etapa.....	25
3.6.4 Potencia instalada en el buque proyecto	26
4 Buques de referencia	28
5 Cálculo de las dimensiones principales.....	29
5.1 Cálculo de la eslora entre perpendiculares	30
5.2 Cálculo de la manga	31
5.3 Cálculo del puntal	32
5.4 Cálculo del calado.....	34
5.5 Resultados del primer dimensionamiento. Buque Base.	37
5.6 Relación volumen/LBD. Validación de la capacidad el buque.	37

6 Cálculo de coeficientes de arquitectura naval	38
6.1 Coeficiente de Froude.....	38
6.2 Coeficiente de bloque	38
6.2.1 Fórmula de Alexander.....	38
6.2.2 Fórmula de RINA	39
6.2.3 Fórmula de Minorsky	39
6.2.4 Valor final.....	39
6.3 Coeficiente de la maestra	39
6.3.1 Formulación de Kerlen.....	40
6.3.2 Formulación de Torroja.....	40
6.3.3 Valor final.....	40
6.4 Coeficiente prismático.....	40
6.4.1 Formulación de Troost.....	41
6.4.2 Por definición.....	41
6.4.3 Valor final.....	41
6.5 Coeficiente de flotación.....	41
6.5.1 Formulación de Schneekluth	42
6.5.2 Formulación de Torroja.....	42
6.5.3 Valor final.....	42
7 Cota de clase	43
8 Cifra de mérito	44
8.1 Introducción	44
8.2 Elección de la cifra de mérito	44
9 Generación de alternativas	45
9.1 Método 1: Selección de la alternativa más favorable	45
9.2 Método 2: Selección de la alternativa mediante <i>Solver</i>	50
10 Alternativa Final	52
11 Estimación de los pesos.....	53
11.1 Desplazamiento	53
11.2 Peso en rosca.....	53
11.2.1 Peso de la estructura de acero	53
11.2.2 Peso de la maquinaria	54
11.2.3 Peso de los equipos restantes	54
11.2.4 Peso en Rosca elegido	55
11.3 Peso Muerto	55
12 Francobordo.....	56

12.1 Definiciones	56
12.2 Reglas	57
13 Estimación de la planta propulsora	63
13.1 Método de Holtrop & Mennen	63
13.2 Datos iniciales requeridos	65
13.3 Resistencia al avance del buque.....	66
13.4 Propulsión.....	67
14 Especificación preliminar.....	68
14.1 Descripción general	68
14.2 Casco	69
14.3 Equipos.....	70
14.4 Maquinaria auxiliar de cubierta	73
14.5 Instalación propulsora	74
14.6 Maquinaria auxiliar de cámara de máquinas	74
14.7 Cargos y respetos.....	75
15 Disposición general.....	76
16 Bibliografía	78
17 Anexos.....	80

3 GENERALIDADES

3.1 El Buque Proyecto

Como ya ha sido descrito en la hoja de especificaciones, el buque correspondiente a este proyecto será una barcaza sin medios de propulsión propios, destinada a realizar labores de *bunkering* y suministro eléctrico a otros buques (*Cold Ironing*). El objetivo es hacer una adaptación del diseño conocido como ATB (Articled Tug Barges-barcazas articuladas de remolque), ampliamente usado en Norteamérica, pero relativamente desconocido fuera de este continente. En el apartado tercero de este primer capítulo del cuaderno 1 se tratará de desarrollar y explicar los principales conceptos y particularidades de este tipo de buques.

En cuanto a la carga a transportar, este novedoso buque tendrá capacidad de suministro no sólo de los tradicionales combustibles marinos (HFO, MDO, LSFO), sino también de Gas Natural Licuado (LNG), alternativa que está cobrando gran importancia en el transporte marítimo actual por su sostenibilidad y menor impacto ambiental, como ya explicaremos más adelante.

A pesar de que posteriormente se van a analizar en detalle las posibles ventajas y desventajas de la elección de este tipo de buque, ya desde un primer momento se pueden identificar 2 muy llamativas. Por un lado, al no poseer propulsión propia, cuenta con la desventaja de que para su explotación de debe siempre contar con la disponibilidad de un remolcador que lo empuje o lo arrastre. Por otro lado, esta característica también supone la ventaja de una considerable reducción del espacio destinado a la maquinaria, que puede destinarse a tanques de carga (hecho muy atractivo en buques de este tipo). Asimismo, si fuese necesario, existe la posibilidad de duplicar la capacidad de la barcaza sin necesidad de aumentar el número de remolcadores, mediante el denominado “tren de barcazas”.

3.2 Características estructurales

Debido a la heterogeneidad de su carga, el buque tendrá que cumplir con una estricta normativa en materia de seguridad.

Por una parte es un petrolero de productos con un *flash point* mayor de 60°C, por lo que debe contar con:

- Estructura reforzada. Criterios más estrictos que en otros tipo de buques. No existe obligación de doble casco, al ser el peso muerto menor de 5000 TPM.
- Estanqueidad de los tanques de carga.
- Tanques de decantación (slops). Destinados a retener los residuos de las mezclas generadas por el lavado de los tanques con crudo. Generalmente se disponen 2 a popa de los de carga.

Por otra parte, es un buque destinado al transporte y suministro de gas, clasificado según el código de gaseros ICG como tipo 2PG, con una eslora menor de 140 m y tanques independientes tipo C instalados sobre la cubierta principal, lo que influirá en la disposición de los tanques y los espacios, pero no de sobremanera en la estructura del buque.

3.3 Características de la carga

El buque a proyectar tiene una capacidad de carga de 2500 TPM. Una vez descontado el valor de la carga correspondiente a los 2 tanques de 450 m³ instalados sobre cubierta y destinados a LNG (0.5 ton/m³), nos queda una capacidad máxima bajo cubierta de 2395 m³ en caso de HFO/LSFO (0.95 ton/m³) y 2645 m³ en caso de MDO (0.86 ton/m³). Dimensionaremos el buque para esta última capacidad, al ser la mayor. Esto no significa que no exista la posibilidad de transporte simultáneo de diferentes derivados del petróleo, ya que la existencia de tanques independientes y estancos permite esta posibilidad sin ningún peligro de contaminación de la carga.

3.4 Tipo de buque

3.4.1 Introducción al remolque por empuje

Tradicionalmente, para la propulsión asistida de gabarras y barcazas se ha empleado métodos de remolque tradicional (conocido en el argot náutico como “remolcador trabajando en flecha o sobre cabo”), a través del cual un buque (denominado remolcador) arrastrará por su popa mediante un cable o cabo de remolque a otro buque (que será conocido como remolcado). El gran inconveniente de este procedimiento es que se necesita mayor espacio de maniobra debido a la longitud del amarre, por lo que este sistema no es recomendable emplear este sistema en vías marítimas o fluviales donde existan limitaciones de espacio. En este caso, a menudo se ha empleado la modalidad de “remolcador abarloado”, en la que el buque remolcador se sitúa al costado de la barcaza y sensiblemente paralelo a él, quedando amarrado por varios cabos que aseguran la transmisión de esfuerzos [1].



El remolque por empuje del remolcador apoyado de proa (remolcador trabajando de carnero) se emplea en Europa generalmente para remolque de maniobra, es decir, para ayudar a un buque en la entrada o salida de puertos o canales angostos. Además, en esta modalidad, la proa del remolcador no apoya sobre la popa del buque remolcado, sino sobre un costado, en una dirección sensiblemente perpendicular a su línea de crujía. También es habitual que en este procedimiento se utilice más de un remolcador y que los mismos estén fijados al buque

auxiliado mediante gruesos cabos de amarre, para evitar el deslizamiento entre buques durante la maniobra.



No obstante, especialmente en los grandes ríos, lagos y canales de Norteamérica sí que ha sido habitual encontrarse con remolcadores diseñados para actuar no transmitiendo la fuerza propulsora a través de un calabrote sino mediante empuje directo sobre la popa de la gabarra o barcaza en cuestión (*"pushboats"*). Para ello tanto el navío remolcador como el remolcado contaban con unas formas en proa y en popa respectivamente diseñadas para facilitar el acople y la maniobra de transmisión de potencia. Con este método se conseguía ahorrar considerables costes constructivos y operativos, ya que no se necesitaba instalar sistemas de propulsión propios en la barcaza [2].



No obstante, durante mucho tiempo este método no fue exportable a buques costeros y oceánicos, debido a que las condiciones marítimas más adversas con podrían dificultar enormemente la operación de empuje del buque e incluso hasta provocar la desconexión del mismo del remolcador, con las desastrosas consecuencias que ello podría provocar. Sin ningún medio o equipo que lograra un encaje solidario pero resistente del remolcador y la barcaza, esta solución se reservó exclusivamente para aguas calmas [3].

3.4.2 Concepto de buque ATB

Como ya se ha dicho en el apartado anterior, los primeros buques empujadores no eran muy seguros para la navegación marítima, así como para condiciones de lastre. Eran los conocidos como “remolcadores de muesca”, llamados así por la muesca que debía presentar la embarcación a remolcar en la popa para el acople de la proa del remolcador. El único dispositivo de conexión entre los 2 buques sería un sencillo cabestrante de remolque, diseñado para garantizar la unión en aguas calmas, pero que no podría soportar la acción combinada de las olas y el viento en alta mar.

Para solucionar este problema, inicialmente se crearon los ITB (Integrated Tug Barge-barcazas integradas de remolque), que son unidades formadas por un remolcador y la embarcación carente de propulsión unidas por una conexión tan rígida que se considera a ambos buques integrados en una única unidad. De esta forma, el remolcador es esencialmente una sala de máquinas y puente de gobierno “desconectable”, teniendo rendimientos muy pobres o incluso nulos trabajando por sí sólo. Estas unidades se popularizaron en los EEUU durante las décadas de los cincuenta y sesenta, pero el elevado del coste de construcción y mantenimiento, así como la promulgación de legislación de seguridad marítimo más estricta, provocó que este diseño cayera en desgracia, de tal forma que no se ha construido ninguna unidad de este tipo desde la década de los ochenta.

Para suplir y mejorar las prestaciones de las extintas unidades ITB, aparecieron sus sucesores los buques ATB (Articled Tug Barge-barcazas articuladas de remolque), que también son unidades de remolcador y embarcación remolcada que emplean medios mecánicos para la conexión, pero cuentan con la ventaja de un sencillo desacople. A diferencia sus antecesoras, el remolcador de la unidad ATB es un remolcador oceánico completamente funcional por separado, capaz de realizar todo tipo de remolque de manera segura y eficiente. Generalmente se trata de unidades de remolque de gran tamaño y potencia, con tripulaciones que oscilan entre los siete y nueve miembros, aunque lógicamente su dimensionamiento final dependerá de la embarcación a empujar en cada caso.



3.4.3 Sistema de conexión remolcador-barcaza

Hay diversos sistemas de conexión ATB, tales como el Intercon, Bludworth, Marine Specialities o Artubar. Nos centraremos en el primer sistema, ya que es el más moderno y probablemente el más común.

En funcionamiento continuo desde hace más de 15 años, este sistema ha funcionado sin necesidad de desconexión en el mar debido a condiciones climáticas adversas. El

funcionamiento del mismo es muy sencillo. El sistema es una conexión de un solo grado de libertad que, al igual que otros diseños análogos, establece un eje transversal entre el remolcador y la barcaza, alrededor del cual se permite a ambas embarcaciones una rotación relativa o inclinación libre. Todos los demás movimientos, como la guiñada, el balanceo o la deriva están restringidos. Por lo tanto, el remolcador se mueve en todo momento solidario a la barcaza, como si fuesen una misma unidad.

La configuración del sistema de acople es la siguiente: consta de un par de arietes de babor y estribor, instalados en un módulo de soporte estructural en la proa del remolcador. Cada ariete tiene un “casco” dentado en el extremo exterior que engancha una hilera dentada continua en la pared de la muesca de la barcaza, estableciendo así un eje horizontal transversal y fijo sobre el que el remolcador puede inclinarse. A bordo de la barcaza, cada costado de la pared de la muesca de popa (*skeg*) presenta una serie de piezas dentadas dispuestas sobre un tramo que representa el rango de posibles puntos de conexión entre el remolcador y la barcaza. El perfil del diente en la muesca coincide con el perfil del diente en la proa del remolcador, lo que permite opciones ilimitadas de tiro en cualquiera de los casos.

En cuanto al acople, el sistema Intercon ofrece 2 tipo de unidades de acoplamiento. El estilo de accionamiento estándar (multimotor) incorpora un motor de alta velocidad para un desplazamiento rápido del pistón y un motor de baja velocidad para desarrollar fuerzas de acoplamiento altas en un desplazamiento más lento. El estilo C-Drive incorpora un motor eléctrico para un desplazamiento rápido que proporciona el enganche inicial. La presión hidráulica entonces desarrolla altas fuerzas de acoplamiento. Ambos tipos de accionamiento garantizan un acoplamiento mecánico para mantener las embarcaciones conectadas incluso en caso de pérdida de energía.

A continuación se muestran algunos ejemplos de conexiones Intercon, tanto en la barcaza como en el remolcador:





3.4.4 Estado del mercado en la actualidad

Como ya se ha dicho anteriormente, las embarcaciones ATB, a pesar de ser relativamente desconocidas en Europa, están muy extendidas en el continente americano, especialmente en las costas, ríos y lagos de los EEUU y Canadá. No obstante, como se pueden dedicar al transporte de muy diversas cargas (sólidos a granel, combustibles, productos manufacturados, maquinaria industrial,...), este apartado se centrará exclusivamente en aquellas de reciente construcción dedicadas a labores de *bunkering* similares a las del buque a proyectar, con el objetivo de mostrar la viabilidad del proyecto y confirmar que no se trata de una idea utópica sino de una realidad a medio-largo plazo (al menos en Norteamérica) [4].

La primera barcaza destinada al bunkering de GNL es la construida en 2015 por Conrad Orange Shipyard bajo el nombre de “*Clean Jacksonville*”. Su objetivo es servir de planta de abastecimiento de los buques portacontenedores Marlin Class de TOTE Maritime en el puerto de Jacksonville, Florida. Presenta una eslora de 70,72 m, una manga de 14,83 m, un puntal de 4,93 m y un calado de diseño de 2,92 m, teniendo para esta línea de carga un peso muerto de 1186 ton y un tonelaje bruto de 1824 GT. Posee un único tanque de carga de GNL con una capacidad de 2200 m³ y un brazo de transferencia de combustible con una velocidad de transferencia de 500 m³/h.

Está diseñada para operar en vías navegables interiores, bahías, puertos y aguas costeras. No presenta propulsión propia, sino que debe ser remolcada desde proa mediante un cabo de remolque o empujada desde popa por un remolcador “*pusher*”, alcanzando una velocidad máxima en ambos casos de ocho nudos.



Por otro lado, en 2017 fue botado el primer ATB propulsado por GNL, el Q-LNG 4000, por parte de VT Halter Marine. Construido de acuerdo con los reglamentos del ABS (American Bureau of Shipping) y con el Código IMO para la construcción y equipo de buques que transporten gases licuados a granel (ICG Code), este buque ha sido diseñado para permitir el suministro “ship to ship” de gas natural, así como para el abastecimiento de las diferentes plantas de distribución de gas en el Golfo de México.

La barcaza está equipada con 4 tanques de carga IMO tipo C de 1000 m³ cada uno, con una capacidad total de 4000 m³ y una eslora de 98,7 m, una manga de 19,5 m y un puntal de 9,9 m. Los sistemas de almacenamiento, manejo y control del GNL ha sido suministrado por Wartsila, así como el propulsor de proa y el sistema administración del agua de lastre.



Por último, en el ámbito europeo cabe destacar el proyecto SamuelLNG, financiado por la UE y en el que colaboran diversas empresas del campo de la energía, el transporte y la ingeniería con el objetivo de ampliar el mercado de bunkering de GNL en la Península Ibérica. Concretamente, la empresa de ingeniería Ghenova ha diseñado para el Puerto de Vigo una barcaza no autopropulsada para fines de bunkering de GNL y para suministro de electricidad cold ironing, aunque también tiene capacidad de transporte de combustible naval tradicional. Un modelo de buque muy similar al que constituirá este proyecto, aunque con unas dimensiones más reducidas y carente de habilitación. Será el buque base del proyecto, junto con la barcaza autopropulsada OIZMENDI [5].



3.4.5 Aplicación a este proyecto

Como ya se dijo en el apartado de características de la explotación, las RPA establecen que el objetivo de este proyecto es el diseño de una barcaza destinada al transporte y suministro de combustible naval, tanto las diferentes variedades de fuel (HFO, MDO, LSFO), como el más innovador GNL. También debe tener capacidad de cold ironing, es decir, de suministro de electricidad a flote a otros buques fondeados. Carecerá de propulsión propia, por lo que debe contar en todo momento con la capacidad de un remolcador que ejerza de embarcación auxiliar y lo ayude a trasladarse, ya sea mediante empuje por popa (opción preferencial) o mediante remolque por proa.

Respecto al ámbito de aplicación del buque proyecto, se considera que puede tener futuro a medio-largo plazo en las rías gallegas, especialmente en aquellas que ejercen de fondeadero, como la de Ares. Como veremos en el siguiente apartado, la tendencia global de la industria naviera (y de la industria en general) está dirigida hacia la reducción de las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono y los óxidos de azufre y nitrógeno. Esto cobrará especial importancia en aguas costeras, con la posibilidad de ampliación de las zonas ECA (zonas de control de emisiones) hacia diversas costas europeas. Por lo tanto, y teniendo en cuenta la presencia en la ría de Ferrol de la mayor planta regasificadora del noroeste español (Reganosa) y del posicionamiento estratégico de las Rías Altas en la denominada autopista del Atlántico, la posibilidad de convertir a estas es un hub de abastecimiento es una posibilidad que ya se está estudiando en profundidad y la presencia de embarcaciones como la del proyecto podrían formar parte de esta solución, al garantizar el abastecimiento de combustible y electricidad de los buques bajo el cumplimiento de estrictos criterios medioambientales, suponiendo además un ahorro de tiempo (al no tener que entrar en puerto para abastecerse o conectarse a la red eléctrica) y de dinero (inversión mucho menor que la correspondiente a la adaptación de las instalaciones en tierra).

3.5 Introducción a la coyuntura energética marítima actual

3.5.1 Marco normativo global

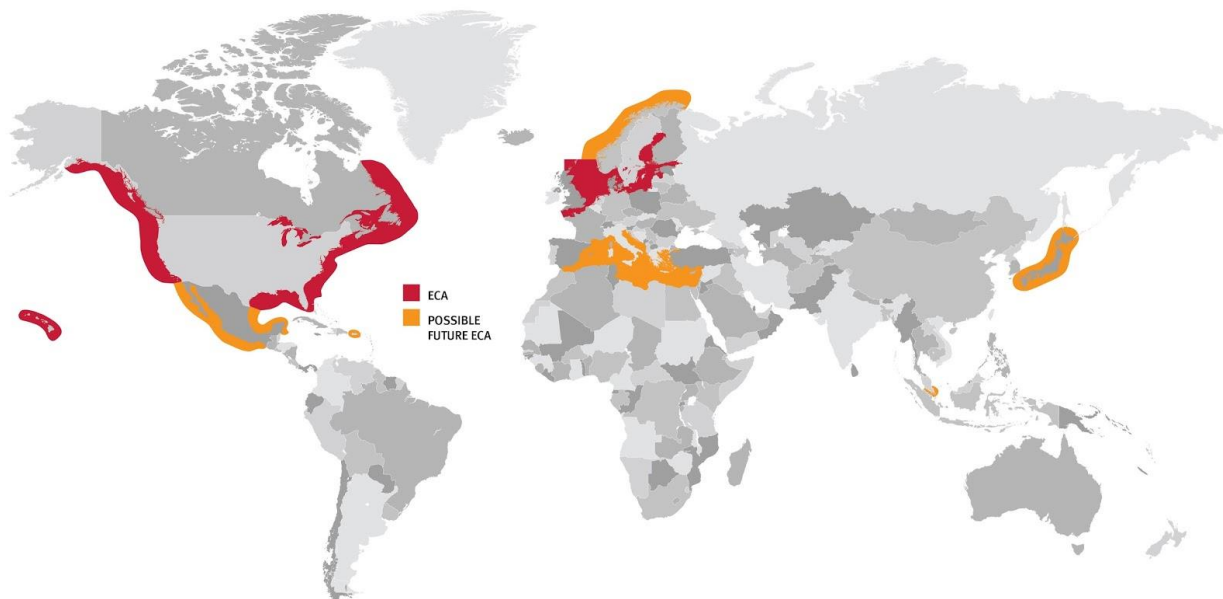
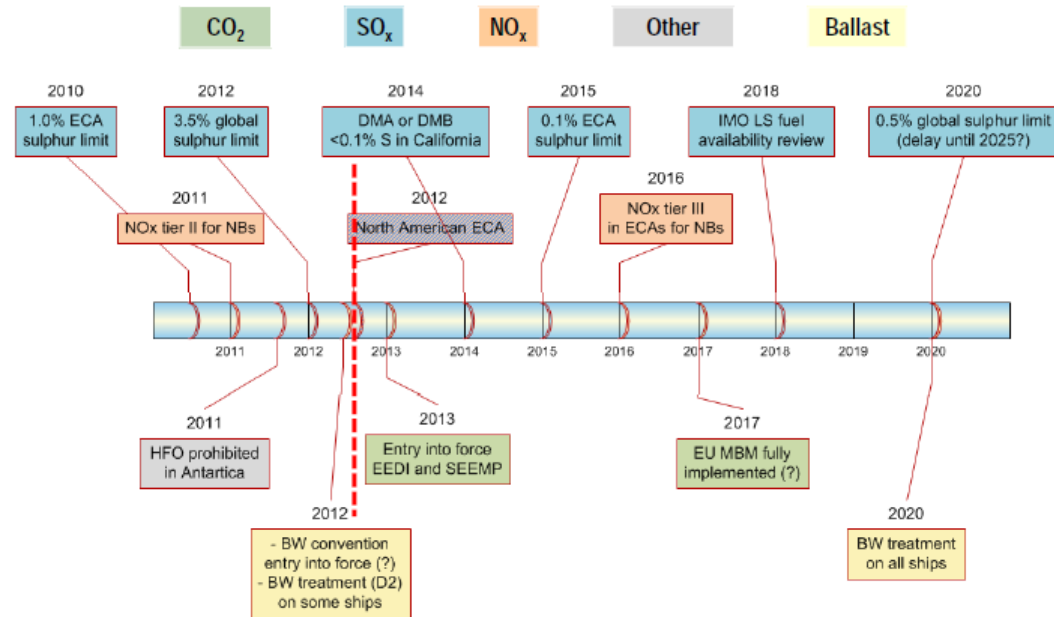
En la última década hemos experimentado un aumento en la preocupación por los efectos negativos de la actividad humana sobre el clima terrestre. Especial importancia ha cobrado la problemática de la emisión de los denominados gases de efecto invernadero (principalmente CO₂), hecho que se corrobora en la firma del Acuerdo de París en 2015, mediante el cual la inmensa mayoría de los estados mundiales establecieron una ambiciosa agenda ecológica en consonancia con la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, que afecta de forma global a todos los sectores industriales. Inicialmente estas exigencias se habían centrado mayormente en los focos de polución terrestre (siderúrgica, térmica, automóvil,...), pero cada vez más la mirada se sitúa en los efectos de la quema de combustibles fósiles en el tráfico marítimo.

Según datos de la OMI, el transporte marítimo sólo es responsable del 3% de las emisiones globales de CO₂, aunque también le adjudica el 15% de las emisiones globales de óxidos de azufre (SO_x) y de entre el 20-30% de óxidos de nitrógeno (NO_x), amén de otras sustancias contaminantes que pueden tener graves repercusiones sobre la salud de las personas y el medio ambiente. Por este motivo, el órgano especializado de las Naciones Unidas en el ámbito marino no ha dudado en poner en marcha una estrategia que obligará a los buques a reducir en conjunto un 50% las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2050.

Siguiendo esta estrategia, en el Anexo VI del Convenio MARPOL, adoptado en 1997, y una vez tenidas en cuenta sus numerosas enmiendas, se restringen los principales contaminantes atmosféricos contenidos en los gases de escape de los buques, en particular los óxidos de azufre (SO_x) y los óxidos de nitrógeno (NO_x). Se establecen límites de emisiones de SO_x y NO_x globales, así como zonas de control de emisiones, conocidas como zonas ECA, compuestas en la actualidad por el Mar Báltico, el Mar del Norte, el Canal de la Mancha y la

mayor parte de las costas estadounidenses y canadienses (aunque se plantea su ampliación a otras áreas como el Mar Mediterráneo o la Costa Noruega), donde las emisiones SO_x están limitadas al 0.1% (hasta enero de 2015 era el 1%). Fuera de estas zonas especiales, las restricciones globales se sitúan en la actualidad en el 3.5% para el SO_x (0.5 a partir de enero de 2020). En cuanto a emisiones de NO_x, hasta la fecha, únicamente existen restricciones en la zona ECA de las costas de EEUU y Canadá, pero todo parece indicar que esto será por poco tiempo.

Por su parte, la UE ha ido más allá que la OMI, adelantando al año 2020 la aplicación de los límites más estrictos del Convenio MARPOL sobre las aguas de su zona económica exclusiva, mediante la firma de la Directiva 2012/33/EU [6].



3.5.2 Consecuencias para el transporte marítimo

Una vez se conoce el nuevo marco normativo por el que se regirá el sector naval las próximas décadas, inevitablemente surgen las primeras cuestiones al respecto, tales como ¿Qué incremento en el coste marítimo producirá dicha obligación de cumplimientos? ¿Qué alternativas tecnológicas existen al consumo del fueloil tradicionalmente usado por los buques? ¿Son financieramente viables estas nuevas tecnologías? ¿Está preparada la infraestructura portuaria para atender a estas nuevas tecnologías?

El estudio y la respuesta completa a estas preguntas llevarían como mínimo a la elaboración de otro documento independiente del presente y de proporciones similares, pero sin duda podemos establecer brevemente en el presente capítulo las principales consecuencias de las nuevas restricciones de las emisiones para la industria marítima y las posibles respuestas a las mismas.

La consecuencia más directa e importante que se puede inferir de la nueva regulación MARPOL es que los buques deberán cambiar definitivamente su combustible actual más habitual, el fueloil, por gasóleo con un contenido máximo en azufre de 0.5% o bien buscar otras tecnologías alternativas, con las que conseguir como mínimo esta reducción y que sean económicamente viables [7].

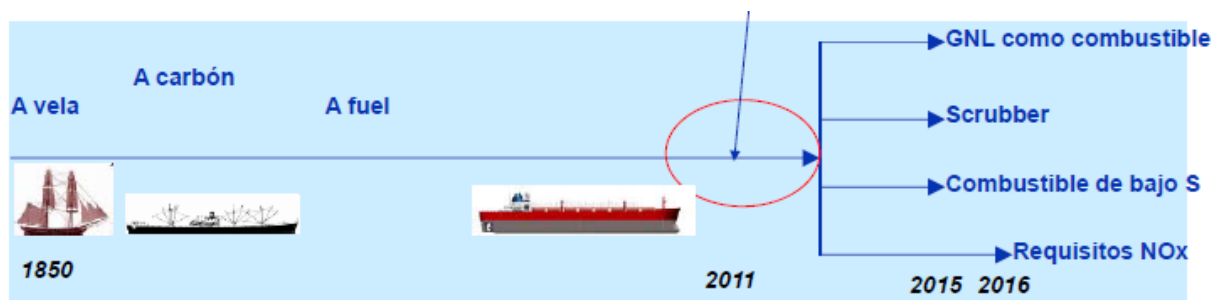
Dentro del grupo de tecnologías alternativas podemos identificar 2 alternativas:

- Combinar el mantenimiento en el uso de fueloil con la instalación de sistemas de limpieza de los gases de escape. Estos sistemas son conocidos como *scrubbers* y limpian los gases antes de que emitirlos a la atmosfera. La OMI ha reconocido este método como un medio alternativo para cumplir con el requisito de límite de azufre.
- Uso de combustibles alternativos, de bajo o nulo contenido en azufre. Dentro de este grupo se podrían incluir la propulsión eléctrica, los biocombustibles, el gas natural licuado o la pila de hidrógeno.

De acuerdo con IBIA (*International Bunker Industry Association*) para los grandes buques que ya cuenten con varios años de explotación y cuya maquinaria ha sido diseñada para el consumo de fueloil pesado (HFO), la instalación de *scrubbers* será la forma más eficiente de cumplir con las nuevas normas de la IMO, en detrimento de soluciones como la transformación de la planta propulsora para la quema de combustibles alternativos.

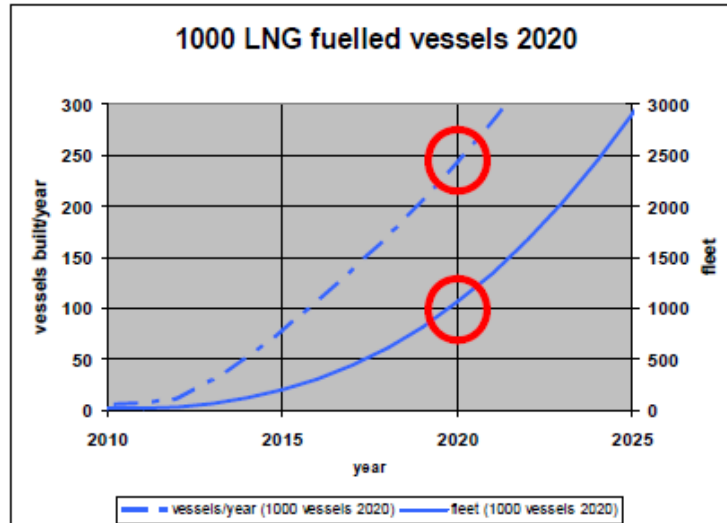
No obstante, otro caso es el de los buques de nueva construcción, en los que, habiendo la posibilidad de dotarlos de sistemas de propulsión que proporcionen de forma continuada y duradera energía limpia, la instalación de sistemas paliativos resulta innecesaria. Ahora bien, la siguiente pregunta surge a continuación ¿Qué alternativa seleccionar para nuestro buque?

En el siguiente capítulo discutiremos del gas natural licuado (LNG) y sus principales características, tratando de demostrar por qué es considerado como la alternativa más fiable a corto plazo.



3.5.3 El GNL como combustible alternativo

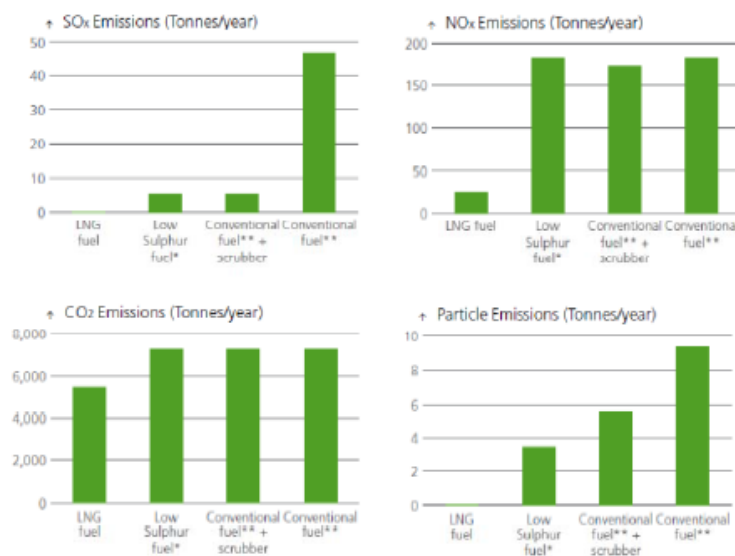
El gas natural licuado (GNL) es una alternativa cada vez más valorada por los armadores para cumplir con los nuevos requisitos MARPOL. Hablamos de una tecnología implantada de manera segura ya desde un considerable periodo de tiempo, tal y como demuestran los 143 actualmente en operación, cifra a la que habría que sumar los 270 pedidos en cartera o en construcción. A esta cantidad hay que sumar los más de 200 buques metaneros existentes, que ya queman este combustible en su propulsión y que están regidos por un convenio específico de la IMO (IGC), que se espera que lleguen a 600 en el año 2030.



En el plano medioambiental cabe destacar las siguientes diferencias del GNL respecto del fueloil marino, que lo convierten en una gran opción a corto plazo:

- No genera emisiones de óxido de azufre (SOx) ni de partículas (PM).
- Reduce un 20% las de CO2.
- Emite un 90% menos de óxido de nitrógeno (NOx).

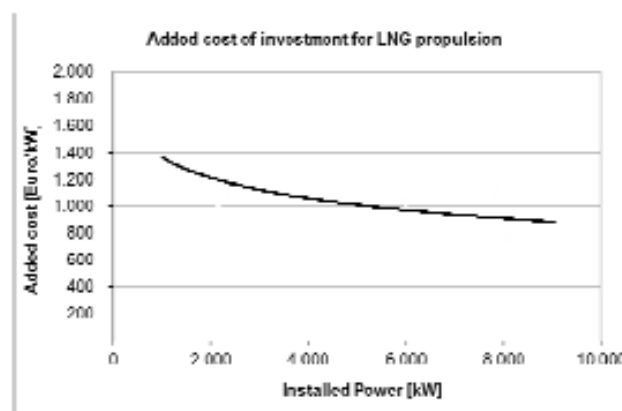
Environmental emissions for alternative concepts for a typical baltic sea cargo ship



No obstante, pese a las numerosas ventajas descritas, el GNL también puede aportar sus problemas. Entre ellos, se pueden destacar tres: la necesidad de terminales especializadas de avituallamiento, la mayor exigencia de espacio para los tanques de combustible y sus riesgos de operación.

El gas natural, licuado a una temperatura de -160°C , disminuye su volumen unas 600 veces con respecto a su estado gaseoso, lo que posibilita su transporte por mar y su almacenamiento en las plantas de regasificación. Antes de ser regasificado y enviado por gasoducto a hogares y empresas, el *bunkering* de GNL se nutre de este gas (todavía en fase líquida) para suministrarlo como combustible.

La necesidad de transformar el gas natural de fase líquida a gaseosa y viceversa exige que los buques GNL requieran una fuerte inversión inicial, del orden de un 25% superior a la de un buque de propulsión convencional. Por otro lado, como ya se ha señalado, estos navíos exigen más espacio para tanques de combustible (al ser su densidad mucho menor que la de los derivados del petróleo), lo que supone una merma de los espacios de carga y, en consecuencia, también afectará al flete.



En cuanto a los riesgos existentes en el manejo y almacenamiento del gas, la transformación del GNL exige estructuras dedicadas y de gran complejidad y presenta una importante dificultad técnica de mantenimiento, primero para alcanzar el gas las temperaturas criogénicas necesarias para su licuefacción y después para mantenerlo a esas temperaturas, lo que requiere costosos tanques de almacenamiento, con un gran aislamiento y un consumo energético notable para obtenerlo.

Como podemos vislumbrar, el factor decisivo que marcará el éxito final de la amortización de estas exigencias dependerá del precio del combustible.

En cuanto a la situación actual del GNL en el tráfico marítimo, los buques en los que se está implantando de forma generalizada es en aquellos que realizan rutas marítimas fijas, tales como ferris, cruceros o portacontenedores. Su regularidad facilita el desarrollo de infraestructuras y los contratos a medio plazo, que justifican la inversión minimizando el riesgo.

Para una mayor eficiencia, parece haber un acuerdo generalizado en que el futuro del mercado marino de suministro del gas pasa por que las terminales dispongan de buques propios que permitan el aprovisionamiento buque-buque (*bunkering*), bien en las cercanías de la terminal o bien a mayor distancia. Esto es debido al hecho de que, aunque sería lo deseable, no siempre coincide que las instalaciones industriales estén situadas en las proximidades de un puerto o ruta marítima concurridos. Además, aunque está prevista la necesaria ampliación de los muelles de las mismas, por ahora en la mayoría de los casos es sólo un proyecto a medio-largo plazo. Todo esto provocaría desvíos y tiempos de espera que supondrían retrasos en la entrega de la carga y por lo tanto un aumento de los costes operativos para el armador.

3.5.4 El bunkering de GNL en la Península Ibérica

En clave nacional, cabe destacar que nuestro país cuenta con una infraestructura líder en Europa para el suministro de GNL, disponiendo de 6 plantas regasificadoras operativas distribuidas por su costa, además de ser el país del continente con mayor volumen de abastecimiento de GNL, aportando prácticamente la mitad de todo el aprovisionamiento.

Plantas regasificadoras en España



A nivel global, se estima que para 2030 la demanda de *bunkering* de GNL de entre unos 20.000 y unos 40.000 millones de m³. Por su parte, la regulación comunitaria europea ha llevado a cabo un desarrollo normativo por el cual obliga a los Estados a hacer frente a las necesidades de suministro de GNL e incentivará económicamente el desarrollo de la infraestructura necesaria para el mismo.



Atendiendo a esta creciente necesidad de GNL, diferentes autoridades portuarias españolas como Gijón, Huelva, Barcelona, Algeciras o el propio Ferrol están llevando a cabo estrategias y proyectos para posicionarse como *hubs* gasísticos, así como para desarrollar y proveer servicios de suministro a nivel internacional.

3.5.5 Suministro de electricidad a flote. Cold Ironing

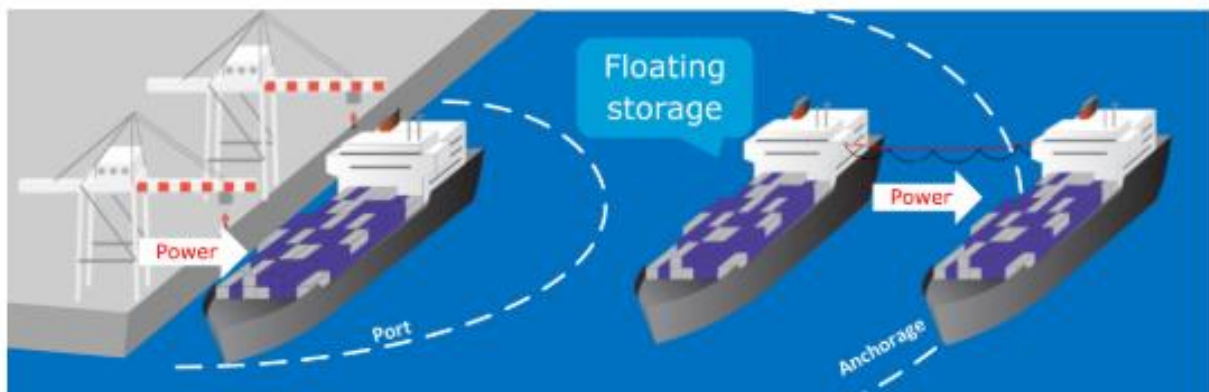
En los anteriores capítulos nos centramos en como la nueva normativa medioambiental de la IMO y sus restricciones a las emisiones de los gases de escape del sector marítimo iba a afectar a la propulsión de los buques y las alternativas que se les presenta a los armadores e ingenieros navales para cumplir con ellas, centrándonos específicamente en el uso de GNL como combustible naval. Pero, además de afectar a los medios propulsivos de los buques, las nuevas regulaciones MARPOL y de la UE también afectan de manera significativa a la producción eléctrica, especialmente en puerto.

La gran mayoría de los buques mercantes, tales como cargueros, graneleros, portacontenedores, ferris o incluso cruceros, operan con sus motores en marcha cuando están atracados en puerto, al ser éstos su único medio para mantener vivos los servicios de electricidad y refrigeración necesarios a bordo. Ello provoca la emisión de diversos tipos de contaminantes atmosféricos (CO₂, NO_x, SO_x o PPM), además de generar una fuerte contaminación acústica, que se vuelve de gran importancia en la medida que gran parte de los puertos están todavía situados en el centro de las ciudades costeras. En cambio, esto no ocurre en los barcos de recreo, pues estos disponen en los pantalanes de una conexión a la red eléctrica terrestre.

La solución propuesta por la OMI pasa por lo que comúnmente se denomina con la expresión “Cold Ironing”, consistente en suministrar energía eléctrica desde la red eléctrica en tierra a un buque amarrado en el muelle, mientras todos sus motores (principales y auxiliares) están apagados [8].

El principal obstáculo a esta medida está en la elevada potencia requerida por este tipo de embarcaciones, notablemente mayor que la suministrada por la red, lo que conlleva a una necesaria inversión en las adaptaciones necesarias en el buque, así como en la conexión a la red portuaria. Por otro lado, el uso de los motores auxiliares permite al armador ahorrarse el pago por el consumo eléctrico durante la estancia en puerto.

En un periodo transitorio para las autoridades portuarias, se consolida como solución a corto plazo el uso de unidades flotantes con capacidad de abarloadse a los buques durante su estancia en puerto y de suministrarles la potencia eléctrica necesaria, previamente generada en ellas por medios que cumplan con las nuevas normativas medioambientales.



3.6 Estimación de la potencia eléctrica a instalar

3.6.1 Introducción

Para cualquier proyecto de bunkering el primer paso y probablemente el más fundamental es la determinación de la capacidad de abastecimiento de la instalación suministradora de combustible a diseñar (en este caso la barcaza). Para ello, se debe tener un completo conocimiento de las necesidades del mercado, ese decir, de los consumos de los diferentes tipos de buques a nivel regional o global (dependiendo del alcance del proyecto), así como el estado de implantación de la competencia.

En las RPA del proyecto esta capacidad de abastecimiento ya viene especificada en el caso del combustible (450 m³ de GNL y 2500 ton de fuel), pero no en el caso del suministro eléctrico, del que no se fija ningún dato. No obstante, como diseñadores debemos establecer una potencia eléctrica a suministrar, ya que ésta será la que marque el dimensionamiento de nuestros grupos electrógenos, transformadores, cableado y demás componentes de la instalación eléctrica. La cifra empleada no debe ser un valor escogido al azar, sino que debe ser el necesario para garantizar la operatividad del buque fondeado.

Con este fin, en este capítulo se llevará a cabo un breve y sencillo análisis, con el que se pretende establecer, por tipo de buque, la potencia eléctrica media instalada, así como el empleo de la misma en las diferentes condiciones de operación. Para ello nos apoyaremos en el documento elaborado por el Grupo de investigación del transporte marítimo de la Fundación de la Universidad de Oviedo para el proyecto EnerTrans 2008 bajo el título "Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por barco" [9]. Se mantendrá la estructura de cálculo del mismo, aunque lógicamente se mostrará solamente un resumen reducido con los resultados de sus estimaciones.

A diferencia de la mayoría de las grandes industrias, en la construcción naval cada buque es un proyecto diferente, siendo considerada una serie de unas 20 unidades ya una serie grande. Este hecho supone una dificultad añadida a la hora de definir un buque representativo de cada clase y calcular el consumo por unidad de consumo de éste y que el resultado sea significativo.

Por esta razón, se ha decidido emplear la clasificación que realiza TRENDS sobre la tipología de buques, al ser la usada en el estudio en el que nos hemos basado, pero podría usarse cualquier otra.

Debemos recordar que esta es una gran simplificación de toda la casuística del abastecimiento de la industria naviera, ya que trabajamos con valores medios y no se tienen en cuenta factores tan importantes como los combustibles alternativos o la fecha de construcción de los buques.

3.6.2 Potencia instalada por tipo de buque

Existen diferentes fórmulas que mediante análisis de regresión que obtienen las correlaciones, por tipo de buque, de potencia propulsora instalada y la capacidad del buque medida en toneladas de registro bruto (GT).

Las empleadas en este trabajo serán las realizadas por la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU).

Tipo de Buque	Peso	Desviación cuadrática	Consumo de combustible (kg km^{-1})	Desviación cuadrática
Tanques	1,87 x GT	0,9886	0,2283 x GT ^{0,5589}	0,8865
Graneleros	1,83 x GT	0,9859	0,3059 x GT ^{0,5241}	0,913
Carga general	1,39 x GT	0,9287	0,1637 x GT ^{0,6024}	0,7105
Porta contenedores	1,09 x GT	0,9445	0,0489 x GT ^{0,7381}	0,7748
RoRo/Ferry/Carga	0,54 x GT	0,5404	1,2324 x GT ^{0,3967}	0,3025
Pasajeros	0,18 x GT	0,7816	0,173 x GT ^{0,6134}	0,7509

Fuente: Base de datos de la Universidad Técnica de Dinamarca

Como puede observarse, la correlación es grande para el caso de tanqueros, graneleros y portacontenedores, es relativamente aceptable para buques de pasaje y de carga general y es débil en los buques Ro-Ro, ferry o de carga. Esto último puede ser explicado por la heterogeneidad de éste último grupo, por lo que, para este estudio preliminar, daremos por aceptables estas correlaciones.

A partir de estos datos y considerando los datos de los buques que entraron en los puertos de nuestro país en el año 2005, el grupo de investigación del proyecto EnerTrans realizó una serie de correlaciones, que mostraremos a continuación.

Lo primero que establecieron fueron las características medias de tonelaje bruto de cada tipo de buque:

Tanques	15.909 t
Graneleros	12.412 t
Porta contenedores	21.870 t
Carga general	5.303 t
RO-RO/Ferry/Carga	11.651 t
Pasajeros	9.010 t

Se debe tener en cuenta que la clasificación que realiza TRENDS (que es la utilizada por la DTU) no coincide en su totalidad con la de Puertos del Estado, especialmente con lo que corresponde a los buques de carga general. Para solucionar esto, se ha decidido considerar que la mitad de los buques de carga general estarán integrados en el grupo homónimo y que la mitad restante lo estarán en el grupo genérico de Ro-Ro, ferry y carga.

Del documento "*Estimation, validation and forecasts of regional commercial marine vessel inventories*", desarrollado por James J. Corbett en 2007, se fijan los siguientes datos medios de la flota mundial en el año 2002:

Tipo de buque	Motor principal	Motores generadores
Tanques	9.409	1.985
Graneleros	7.954	1.169
Portacontenedores	30.885	5.746
Carga general	9.331	1.777
RO-RO	10.696	2.156
Pasajeros	39.563	39.563

Potencias en kW

Debemos recordar que la inmensa mayoría de los buques de pasaje tienen propulsión diésel-eléctrica, característica por la que la potencia eléctrica instalada a bordo coincide con la de la planta propulsora.

Con el fin de actualizar lo máximo posible esta tabla y adaptarla al mercado marítimo español, se usará a partir de ahora la siguiente tabla, basada en los datos de la anterior y en los datos de los buques que entraron en puertos españoles durante el año 2005.

Tipo de buque	Motor principal	Motores generadores
Tanques	8.177	1.750
Graneleros	6.488	1.100
Portacontenedores	16.547	2.800
Carga general	3.840	1.000
RO-RO/Ferry/Carga	8.460	1.645
Pasajeros	8.554	8.554

Potencias en kW

3.6.3 Ciclos de actividad en tiempo y potencia a considerar en cada etapa

En línea con las fuentes documentales, se van a considerar las siguientes etapas durante la actividad comercial del buque mercante:

- Crucero. Navegación en mar abierto.
- Precaución. Navegación de acercamiento a puerto.
- Maniobra. Navegación dentro del puerto hasta el muelle de atraque.
- Atracado. Buque fondeado o amarrado en el muelle, con la propulsión parada y pudiendo estar realizando operaciones de carga y/o descarga o sin operaciones.

Para la obtención de estos datos, el estudio que nos sirve de guía empleó diversas fuentes, tales como empresas navieras, administraciones de puertos, astilleros y experiencias registradas en navegaciones realizadas.

Se mostrarán 2 cuadros. El primero con los tiempos a usar en cada etapa del ciclo de actividad y el segundo con las potencias consideradas, en cada etapa, tanto para el motor propulsor como para los motores generadores de electricidad.

Tiempos:	Crucero		Zona acercamiento	Maniobra	Muelle	
	Tanques**	Distancia tablas/velocidad media		2 horas	1 hora	31 horas
	Bulcarriers**	Distancia tablas/velocidad media		2 horas	1 hora	38 horas
	Carga general	Distancia tablas/velocidad media		2 horas	1 hora	38 horas
	Portaccontenedores	Distancia tablas/velocidad media		2 horas	1 hora	14 horas
	Ro-Ro	Distancia tablas/velocidad media		2 horas	1 hora	14 horas
	Pasaje*	Distancia tablas/velocidad media		2 horas	1 hora	14 horas

% Potencias a utilizar:	Crucero		Zona precaución		Maniobra		Muelle	
	Motor propulsor (MP)	Motores auxiliares (MMAA)	MP	MMAA	MP	MMAA	MP	MMAA
Tanques**	75%	30%	40%	30%	20%	50%	0%	40%
Bulcarriers**	80%	30%	40%	30%	20%	50%	0%	40%
Carga general	70%	30%	35%	30%	20%	50%	0%	40%
Portaccontenedores	72%	30%	30%	30%	15%	50%	0%	40%
Ro-Ro	82%	30%	30%	30%	15%	50%	0%	40%
Pasaje*	80%	--	45%	--	40%		25%	--

3.6.4 Potencia instalada en el buque proyecto

Como ya se estableció al comienzo del capítulo, el objetivo del mismo es establecer un valor para la potencia eléctrica instalada a bordo, basada no en criterios arbitrarios sino en las necesidades de la industria marítima en la actualidad. Para ello, en primer lugar se debe establecer a qué tipo de buque se pretende suministrar energía y bajo qué condición de operatividad.

Como ya se ha establecido con anterioridad, el buque proyecto ha sido diseñado para que se abarloe a un buque fondeado (o amarrado a un puerto carente de conexión eléctrica adaptada) para que, mientras esté permanezca en esta condición la electricidad que esté consumiendo provenga de los motores generadores de la barcaza (adaptados a la legislación medioambiental) y no de los propios del buque. Simultáneamente puede estar realizando labores de *bunkering "ship to ship"*. Por lo tanto, la etapa a considerar es la que en las tablas aparece nombrada como muelle.

En cuanto al tipo de buque, se ha decidido que lo ideal es que pueda suministrar a todo tipo de buques posible, para poder así rentabilizar al máximo la inversión del armador. De acuerdo con las tablas adjuntadas el tipo de buque que más consume son los de pasaje, pero debido a la elevada cifra que éste supone y a las reducidas dimensiones de la barcaza a diseñar, se

ha decidido dimensionar sus motores- alternadores en relación a los datos del buque portacontenedores medio. De esta forma, el buque proyecto podrá garantizar la correcta operatividad en puerto de este buque y todos los demás tipos y, en el caso de que fuera necesario, varias de ellas podrían actuar conjuntamente para realizar las labores de *cold ironing* a un buque pasaje.

La potencia eléctrica del buque portacontenedores medio es de 2800 kW y, atracado, consume un 40 % de la misma, lo que viene siendo unos 1120 kW. No obstante, debemos recordar que estas cifras son valores medios obtenidos por regresión lineal y, por lo tanto, pueden tener cierto margen de error. Asimismo, la barcaza no sólo debe llevar instalada la potencia a suministrar, sino también la necesaria para el correcto funcionamiento de la misma, es decir, debe poder producir la energía eléctrica necesaria para las operaciones de *bunkering* y de *cold ironing*.

Por lo tanto, se ha decidido imponer a la cifra estimada de potencia en puerto un margen del 20% (10 % por tratarse de valores medio y otro 10 % para la operación de la barcaza). De acuerdo con este criterio, la potencia eléctrica a instalar en la barcaza será la siguiente:

$$P_{el} = 1,20 \cdot 0,40 \cdot 2800 = 1344 \text{ kW}$$

Para redondear la cifra y obteniendo así un margen todavía superior, se ha decidido aumentar la cifra calculada un 4%, fijando la potencia eléctrica instalada a bordo en 1400 kW.

4 BUQUES DE REFERENCIA

Una vez han sido identificados las características y los requisitos previos de actividad y explotación de nuestro buque, debemos confeccionar una base de datos con buques similares.

A partir de estos buques referencia realizaremos un dimensionamiento preliminar, obteniendo de una manera muy aproximada las dimensiones características de nuestro buque en base a un estudio de regresión lineal de los principales parámetros de los navíos de nuestra base de datos.

El gran obstáculo al que nos enfrentamos a la hora de realizar una base de datos completa y fiable es que este tipo de buques se encuentran en la actualidad en fase de desarrollo, estando muchos de ellos todavía en fase de proyecto y siendo tremendamente complejo encontrar buques en activo con idénticas características al nuestro. Debido a estas dificultades, se ha completado la base de datos con buques de *bunkering* de diseño más conservador, dedicados al suministro de combustibles derivados del petróleo y sin equipamiento para suministro eléctrico y/o de GNL. Se ha intentado que tengan capacidades similares a las marcadas en las RPA del proyecto y que sean de construcción lo más reciente posible.

Los datos han sido obtenidos prácticamente en su totalidad de las páginas de las sociedades de clasificación *Bureau Veritas* y *DNV GL*, habiendo sido asimismo utilizada la publicación "Small Significant Ships" de RINA [10] para 2 de ellos.

Nombre del buque	Clasificación	Loa (m)	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	DWT (ton)	Vol. Tanques FO (m3)	Vol. Tanques LNG (m3)	Tipo de carga
OIZMENDI	Bureau Veritas	79.99	78.07	15	5.25	4.2	3000	2953	540	(MDO,HFO,LSFO) + LNG
SamueLNG	DNV	47.85	46.70	13.8	4.8	2.4		409.6	600	(MDO,HFO,LSFO) + LNG
GREENOIL	Lloyds Register	76.5	74.66	17	7.55	5.4	4677	4472		MDO,HFO,LSFO
Houlder FSU		62	60.51	16	4.7	2.5		1500	1500	(MDO,HFO,LSFO) + LNG
Clean Jacksonville	ABS	70.72	69.02	14.83	4.93	2.92	1186.02		2200	LNG
FS Camille	DNV	79.9	77.98	15	8	6	3900	4022		MDO,HFO,LSFO
Petrobay	Bureau Veritas	66	64.42	15	6	5	3059	2570		MDO,HFO,LSFO
Petromar	Bureau Veritas	75	73.20	13.5	7.3	5.1	3206	2762		MDO,HFO,LSFO
Spabunker 60	Bureau Veritas	64	62.46	16.25	7.6	5.5	3517	2544		MDO,HFO,LSFO
Spabunker 40	Bureau Veritas	73.13	71.37	16.25	7.6	4.5	4200	3478		MDO,HFO,LSFO
Spabunker 41	Bureau Veritas	72.1	70.37	16	6.8	5.5	4000	3772		MDO,HFO,LSFO
Bahía Uno	Bureau Veritas	71.01	69.31	15.6	7.75	5.8	3802	3200		MDO,HFO,LSFO
Erregaia	Bureau Veritas	40.9	39.92	11.2	5.45	4.24	1447	930		MDO,HFO,LSFO
Bunker Breeze	Bureau Veritas	86	83.94	17	7.55	4.5	5250	5030	1200	(MDO,HFO,LSFO) + LNG
Florence B	Bureau Veritas	89	86.86	14	5.9	3.8	3500	3500	1200	(MDO,HFO,LSFO) + LNG

Nombre del buque	L/B	L/D	L/T	B/D	B/T	D/T
OIZMENDI		5.205	14.871	18.588	2.857	3.571
SamueLNG		3.384	9.730	19.459	2.875	5.750
GREENOIL		4.392	9.889	13.827	2.252	3.148
Houlder FSU		3.782	12.875	24.205	3.404	6.400
Clean Jacksonville		4.654	14.001	23.638	3.008	5.079
FS Camille		5.199	9.748	12.997	1.875	2.500
Petrobay		4.294	10.736	12.883	2.500	3.000
Petromar		5.422	10.027	14.353	1.849	2.647
Spabunker 60		3.844	8.219	11.357	2.138	2.955
Spabunker 40		4.392	9.391	15.861	2.138	3.611
Spabunker 41		4.398	10.348	12.794	2.353	2.909
Bahía Uno		4.443	8.943	11.949	2.013	2.690
Erregaia		3.564	7.324	9.415	2.055	2.642
Bunker Breeze		4.937	11.117	18.652	2.252	3.778
Florence B		6.205	14.723	22.859	2.373	3.684

5 CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

Como ya dijimos anteriormente, a partir de los principales parámetros de los buques de la base de datos realizaremos diferentes regresiones lineales que nos permitirán llevar a cabo una primera aproximación a las dimensiones del buque a proyectar.

Al tratarse el buque en cuestión de un barco de volumen, éste será su dimensión más característica, sobre el que estará basado todo el dimensionamiento del navío. En efecto, en las RPA podemos observar el requerimiento de una capacidad de 450 m³ en el caso de los tanques de GNL sobre la cubierta principal y de un peso muerto de carga de 2500 TPM. Una vez calculamos su equivalente en volumen (cogiendo el MDO como caso más desfavorable) y le descontamos el correspondiente a los tanques independientes de gas natural, tenemos que los tanques estructurales de nuestro buque deben tener una capacidad mínima de 2645,35 m³.

A partir del volumen de carga anterior calcularemos la eslora entre perpendiculares y, una vez obtenida ésta, proseguiremos de forma análoga con el resto de las dimensiones características de la nave:

- Eslora entre perpendiculares (Lpp):

$$Lpp = f(Vc)^{\frac{1}{3}}$$

- Manga (B):

$$B = f\left(\frac{Lpp}{B}\right)$$

- Puntal (D), como media de:

$$D = f\left(\frac{B}{D}\right)$$

$$D = f\left(\frac{Lpp}{D}\right)$$

- Calado (T), como media de:

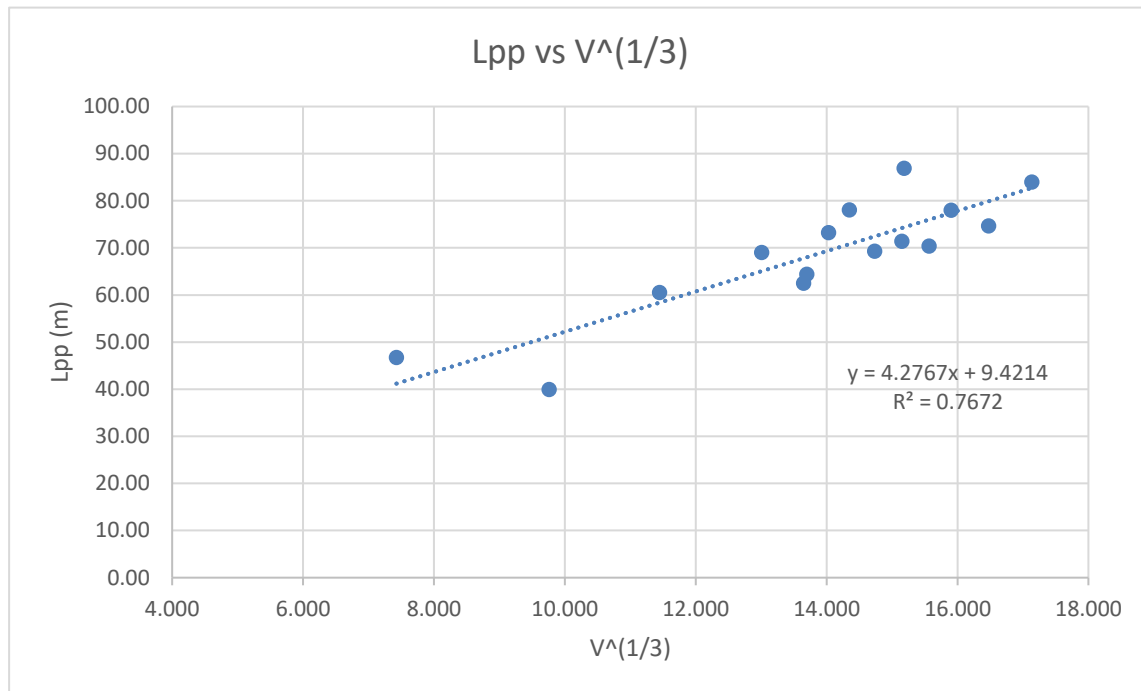
$$T = f\left(\frac{Lpp}{T}\right)$$

$$T = f\left(\frac{B}{T}\right)$$

$$T = f\left(\frac{D}{T}\right)$$

5.1 Cálculo de la eslora entre perpendiculares

Representamos la eslora entre perpendiculares frente a la raíz cúbica del volumen de carga:



Como podemos observar, en este primer caso el valor de $R^2 = 0.7672$ es bastante elevado, lo que implica una alta correlación entre los diferentes valores de la capacidad de carga y la eslora entre perpendiculares y otorga una sólida validez a esta primera aproximación.

Una vez despejada, la ecuación por la que obtenemos el valor de la eslora entre perpendiculares de nuestro buque base es la siguiente:

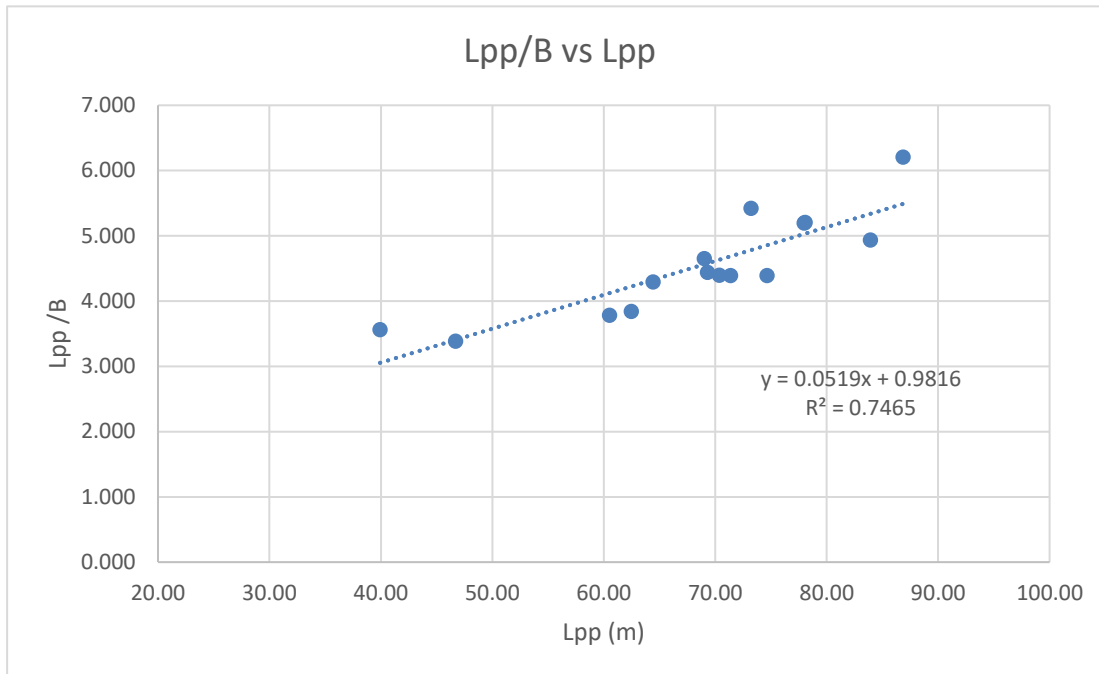
$$L_{pp} = 4.2767 * Vc^{1/3} + 9.4214 \quad [m]$$

Si sustituimos en ella el valor de nuestro volumen de carga (2645,35 m³), obtenemos el siguiente valor para nuestra eslora entre perpendiculares:

$$L_{pp} = 68,57 \text{ m}$$

5.2 Cálculo de la manga

Mediante la representación de la relación eslora-manga frente a la eslora entre perpendiculares:



Para esta segunda regresión tenemos un valor de R^2 muy similar al anterior (0.7465) y de cuya validez se obtienen las mismas conclusiones.

Una vez despejamos la relación eslora-manga, tenemos que la ecuación por la que la obtenemos es la siguiente:

$$\frac{Lpp}{B} = 0.0519 * B + 0.9816 \quad [m]$$

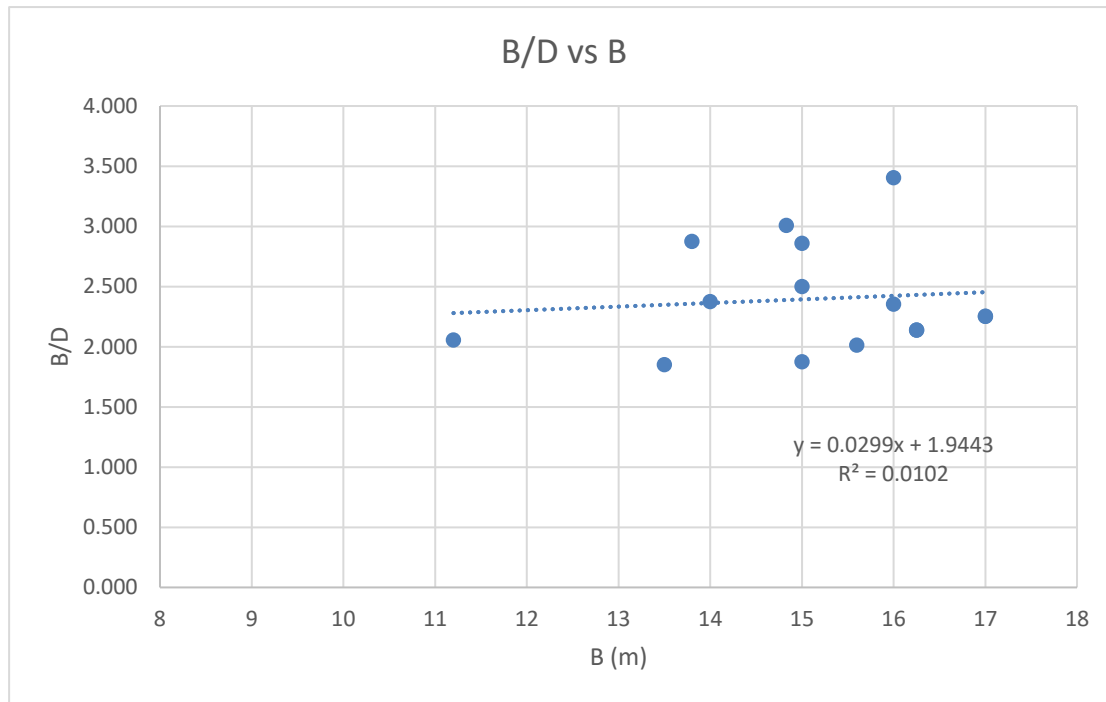
Finalmente, si sustituimos en ella por el valor de la eslora entre perpendiculares previamente obtenido (68,57 m) tenemos que:

$$B = 15,102 \text{ m}$$

5.3 Cálculo del puntal

Realizaremos 2 representaciones gráficas y, una vez confirmada su validez, obtendremos la media del valor para el puntal de cada una de ellas.

La primera de ellas será la relación manga-puntal frente a la manga:

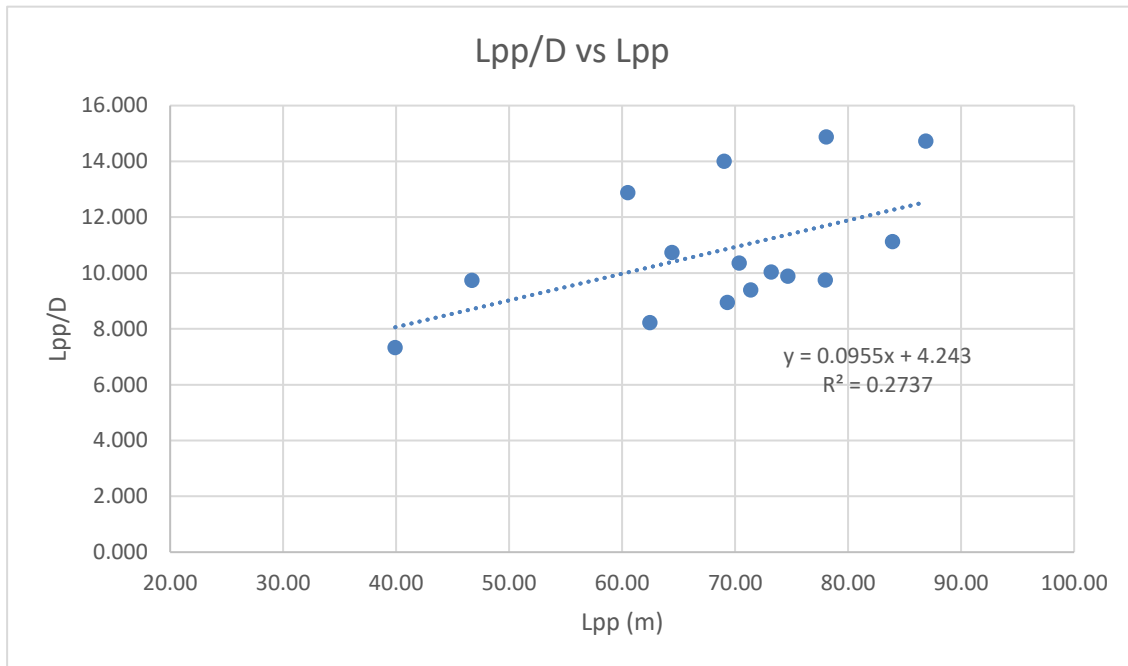


Si despejamos la relación manga-puntal, obtenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{D} = 0.0299 * B + 1.9443 \quad [m]$$

Pero, debemos tener en cuenta la R^2 de nuestra correlación, que nos da una idea de lo acertado de nuestras relaciones. En este caso es valor es muy bajo (0,0102), lo que conlleva a que descartemos esta relación como válida, sobre todo si la comparamos con la siguiente.

La segunda de ellas será la relación eslora-puntal frente a la eslora entre perpendiculares:



En este caso, el valor de R^2 es 0.2737, significativamente mayor que el de la anterior relación de regresión y suficientemente elevado como para dar validez a la correlación eslora-puntal frente a eslora entre perpendiculares.

Despejando la relación eslora-manga, obtenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{Lpp}{D} = 0.0955 * Lpp + 4.243 \quad [m]$$

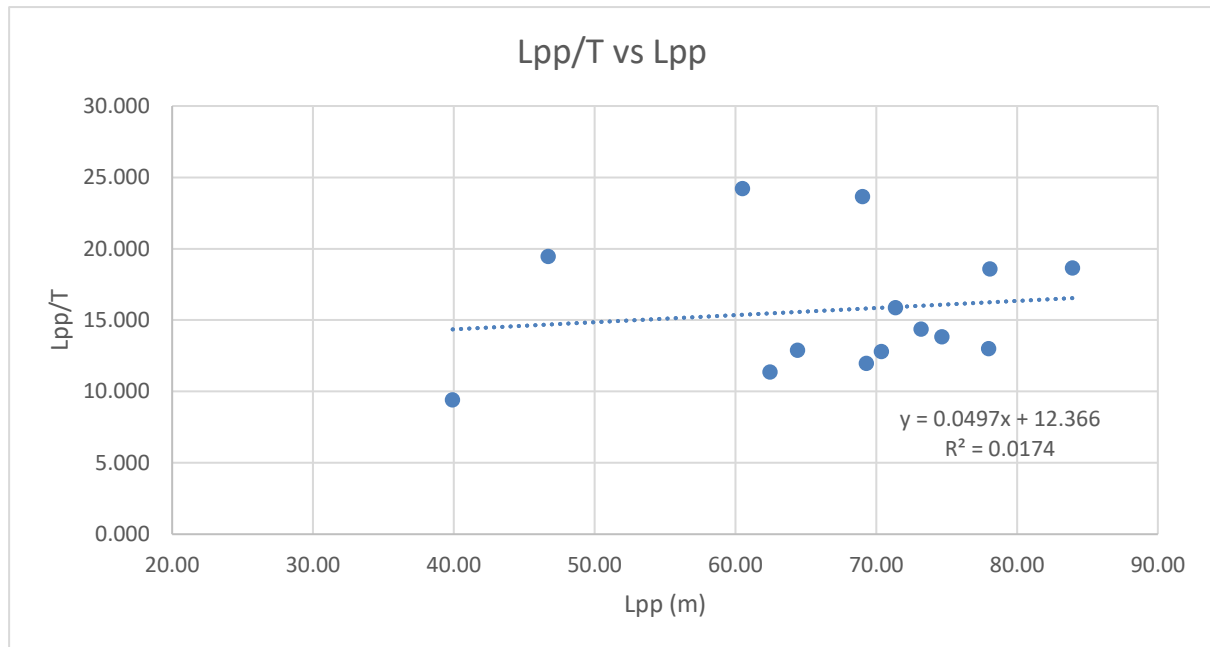
Finalmente, sustituyendo en esta ecuación el valor de la eslora entre perpendiculares previamente obtenida (68,57 m), obtenemos el siguiente valor para nuestro puntal:

$$D = 6,354 \text{ m}$$

5.4 Cálculo del calado

Realizaremos 3 representaciones gráficas y, una vez confirmada su validez, obtendremos la media del valor del calado para cada una de ellas.

La primera de ellas será la relación eslora-calado frente a la eslora entre perpendiculares:



Como podemos observar el valor de R^2 (0.0174) no es excesivamente alto, lo que supone una baja correlación entre ambos parámetros de la regresión (relación eslora-manga y eslora entre perpendiculares). A pesar de este bajo valor, lo consideraremos válido para nuestro estudio.

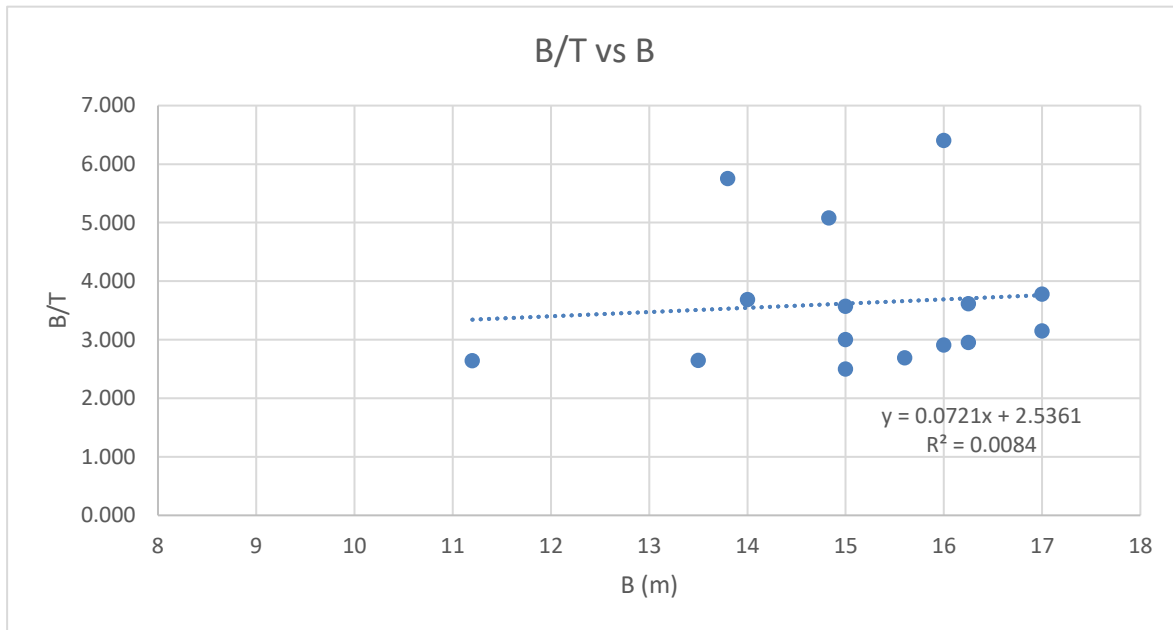
Despejando la relación eslora-calado, obtenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{Lpp}{T} = 0.0497 * Lpp + 12.366 \quad [m]$$

Finalmente, sustituyendo en la ecuación el valor de la eslora entre perpendiculares calculado anteriormente (68,57 m), obtenemos el siguiente valor para el calado:

$$T = 4,347 \text{ m}$$

La segunda de ellas será la relación manga-calado frente a la manga:

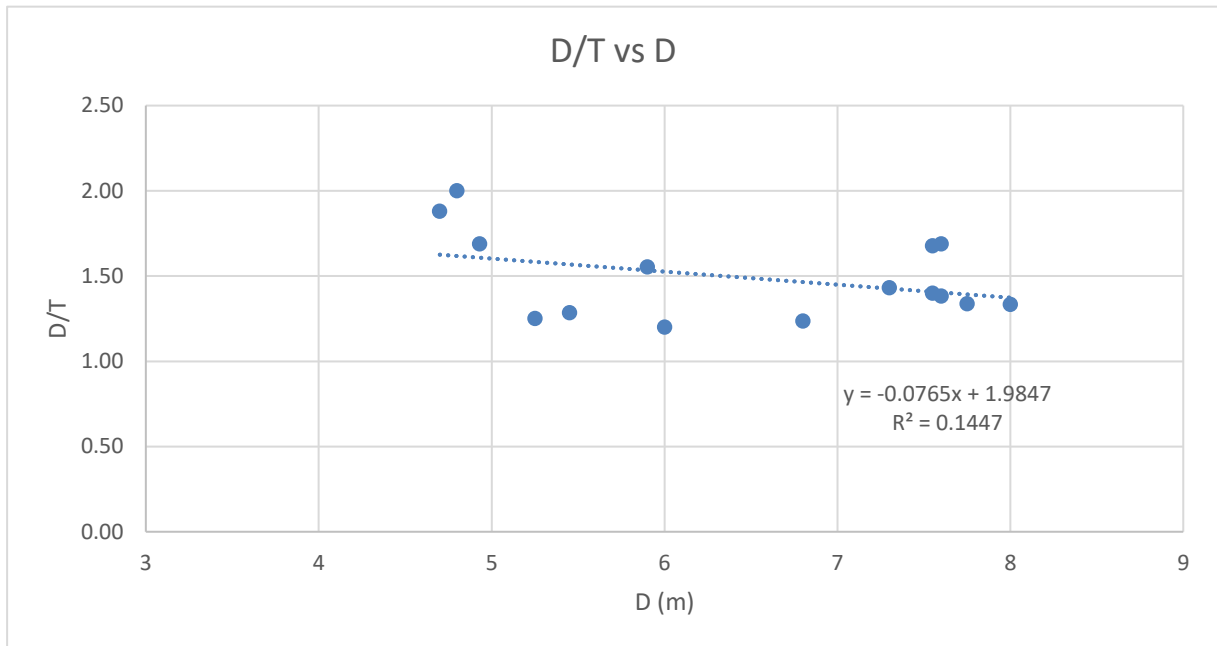


Despejando la relación manga-calado frente a la manga, obtenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{T} = 0.0721 * B + 2.5361 \quad [m]$$

Pero, podemos observar que en este caso la R^2 tiene un valor todavía menor que en la anterior correlación, concretamente de 0,0084. Al ser un valor tan ínfimo, descartaremos esta correlación para nuestro cálculo preliminar del calado, al no haber prácticamente una correlación entre éste y la manga (al menos en los buques de nuestra base de datos).

La tercera de ellas será la relación puntal-calado frente al puntal:



En este caso la $R^2=0,1447$, lo que supone un nivel de correlación relativamente elevado en comparación con el obtenido en las anteriores relaciones de regresión del calado.

Despejando la relación puntal-calado, obtenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{D}{T} = -0.0765 * D + 1.9847 \quad [m]$$

Finalmente, sustituyendo en la ecuación el valor de la eslora entre perpendiculares calculado previamente (68,57 m), obtenemos el siguiente valor para el calado:

$$T = 4,240 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta el alto valor de R^2 de esta relación respecto a las anteriores, podríamos decidir descartar también el primer valor obtenido de la relación eslora-calado y quedarnos únicamente con el obtenido aquí. No obstante, se ha decidido quedarnos también con el primer valor y utilizar el valor medio de ambos como calado inicial:

$$T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{4,347+4,240}{2} = 4,293 \text{ m}$$

5.5 Resultados del primer dimensionamiento. Buque Base.

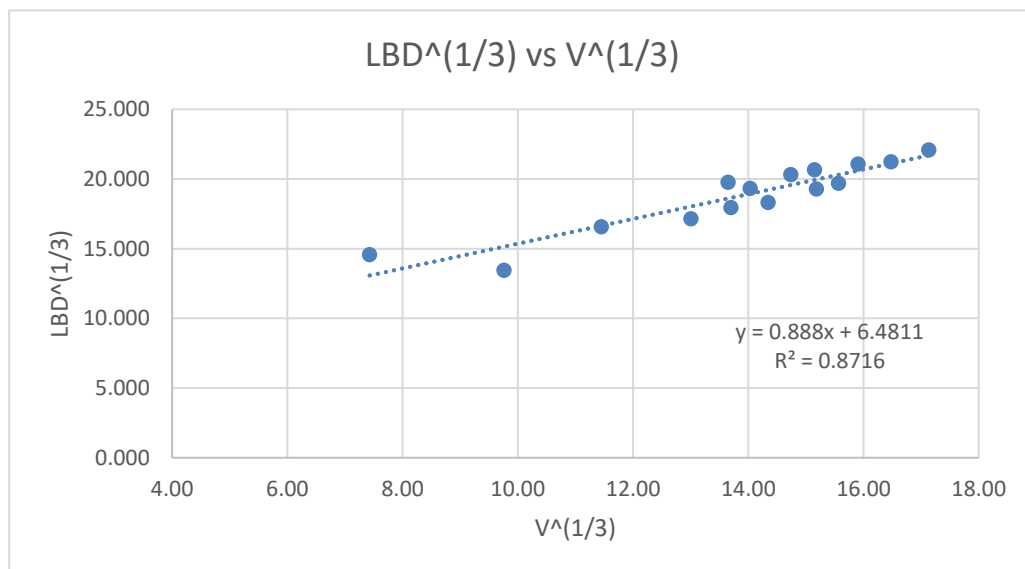
En conclusión, las dimensiones estimadas mediante el estudio de las curvas de regresión son las siguientes:

Loa (m)	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)
70,255	68,57	15,102	6,354	4,293

Como ya hemos dicho anteriormente, estos son los valores de nuestro buque base, es decir, el buque del que partimos inicialmente y que, tras sucesivas modificaciones y optimizaciones, dará lugar al buque definitivo que constituirá nuestro proyecto.

5.6 Relación volumen/LBD. Validación de la capacidad el buque.

Recordemos que nuestro navío forma parte de los conocidos como buques de volumen, lo que significa que éste será la principal característica que le defina. Por los tanto, debemos asegurar que ya desde el punto de partida se cumplen los requisitos de capacidad fijados en las RPA. Con este fin estudiaremos la relación entre el producto LBD y el volumen de carga:



Obtendremos la relación de regresión entre LBD y Vol. carga y, sustituyendo nuestros 2645,35 m³ de capacidad de MDO, obteniendo el siguiente resultado:

$$(L * B * D)^{1/3} = 0.888 * V_c^{1/3} + 6.4811$$

$$L * B * D = 6604,772 \text{ m}^3$$

Ahora hay que comparar este valor con el de nuestro buque y ver si éste efectivamente tiene las dimensiones necesarias para cumplir con los criterios fijados en las RPA:

$$L * B * D = 68,57 * 15,102 * 6,354 = 6579,85 \text{ m}^3$$

$$6579,85 \text{ m}^3 < 6604,772 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, la relación LBD que deberemos emplear a la hora de seleccionar la alternativa más favorable ha de ser la obtenida por regresión lineal, no la del buque base.

6 CÁLCULO DE COEFICIENTES DE ARQUITECTURA NAVAL

Para este primer cuaderno utilizaremos para calcular los principales coeficientes adimensionales usados en la arquitectura naval formulación empírica, disponible en la documentación técnica de la asignatura de Proyectos [11]. La razón del uso de este método es la carencia de información en la base de datos, al no ser usual la entrega de estos datos por parte del armador y al no haber posibilidad de deducirlos por regresión lineal al no disponer de los desplazamientos de los buques de la base de datos.

El primer coeficiente que calcularemos será el número de Froude, que nos da una idea de la velocidad de nuestro buque y del que se obtienen (sólo en algunas fórmulas) los demás coeficientes (de bloque, de la maestra, prismático y de flotación). Para mayor seguridad, emplearemos varias formulaciones y usaremos los valores medios de cada uno de sus resultados.

6.1 Coeficiente de Froude

Por definición es:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L_{pp}}}$$

Siendo:

- $v = 0,5144 \cdot 10 \text{ kt} = 5,144 \text{ m/s}$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $L_{pp} = 68,57 \text{ m}$
- $Fn = 0,198$

Para $Fn < 0,2$, como en el caso de nuestro proyecto, se considera que se trata de un buque lento.

6.2 Coeficiente de bloque

Tras un breve análisis de las diferentes opciones disponibles, hemos decidido emplear las siguientes 3 formulaciones:

- Alexander: $Cb = K - \frac{0,5 \cdot V_k}{\sqrt{L_f}}$
- RINA: $Cb = 0,968 - 0,269 \cdot \left(\frac{V}{\sqrt{L}}\right)$
- Minorksy: $Cb = 1,37 - 2,02 \cdot Fn$

Una vez obtenidos estos valores del coeficiente de bloque, obtendremos el valor definitivo a partir de su valor medio.

6.2.1 Fórmula de Alexander

$$Cb = K - \frac{0,5 \cdot V_k}{\sqrt{L_f}}$$

Donde:

- $K = 1,12$ para $Fn < 0,2$
- $V_k = 10 \text{ kt}$
- $L_f = 3,28084 \cdot L_{pp} = 224,967 \text{ m}$
- $Cb = 0,787$

6.2.2 Fórmula de RINA

$$Cb = 0,968 - 0,269 * \left(\frac{v}{L}\right)$$

Siendo:

- $v = 5,144 \text{ m/s}$
- $L = 68,57 \text{ m}$
- $Cb = 0,801$

6.2.3 Fórmula de Minorsky

$$Cb = 1,37 - 2,02 * Fn$$

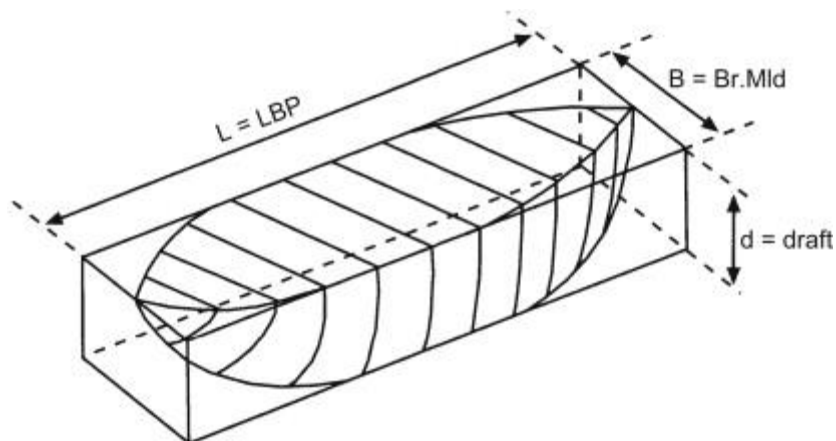
Donde:

- $Fn = 0,198$
- $Cb = 0,969$

6.2.4 Valor final

Para obtener el valor definitivo realizaremos la media de los 3 valores obtenidos:

$$Cb = \frac{0,787 + 0,801 + 0,969}{3} = 0,85$$



6.3 Coeficiente de la maestra

Para el cálculo de este coeficiente adimensional utilizaremos 2 fórmulas:

- Kerlen: $Cm = 1,006 - 0,0056 * Cb^{-3,56}$

- Torroja: $Cm = 1 - 2 * Fn^4$

Una vez obtenidos los 2 valores del coeficiente de la maestra, calcularemos su valor medio y lo consideraremos el definitivo.

6.3.1 Formulación de Kerlen

$$Cm = 1,006 - 0,0056 * Cb^{-3,56}$$

Siendo:

- $Cb = 0,85$
- $Cm = 0,996$

6.3.2 Formulación de Torroja

$$Cm = 1 - 2 * Fn^4$$

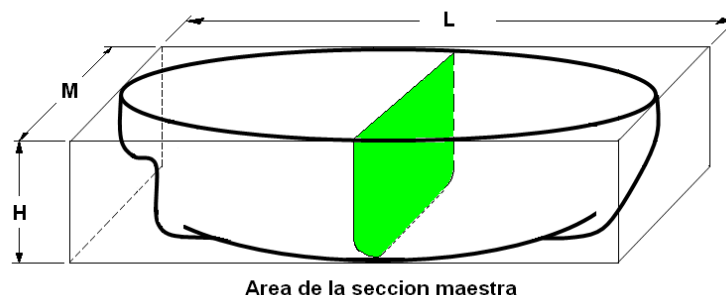
Siendo:

- $Fn = 0,198$
- $Cm = 0,997$

6.3.3 Valor final

Para obtener el valor definitivo realizaremos la media de los 2 valores obtenidos:

$$Cm = \frac{0,996+0,997}{2} = 0,997$$



6.4 Coeficiente prismático

Para el cálculo de este coeficiente adimensional utilizaremos 2 fórmulas:

- Troost: $Cp = 1,23 - 2,12 * Fn$
- Por definición: $Cp = \frac{Cb}{Cm}$

Una vez obtenidos ambos valores para el coeficiente prismático, les realizaremos la media aritmética y ese será considerado el valor definitivo.

6.4.1 Formulación de Troost

$$Cp = 1,23 - 2,12 * Fn$$

Siendo:

- $Fn = 0,198$
- $Cp = 0,810$

6.4.2 Por definición

$$Cp = \frac{Cb}{Cm}$$

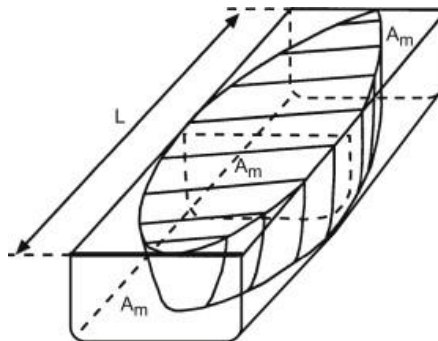
Siendo:

- $Cb = 0,85$
- $Cm = 0,997$
- $Cp = 0,855$

6.4.3 Valor final

Para obtener el valor definitivo realizaremos la media de los 2 valores obtenidos:

$$Cp = \frac{0,810+0,855}{2} = 0,832$$



6.5 Coeficiente de flotación

Para el cálculo de este coeficiente adimensional utilizaremos 2 fórmulas:

- Schneekluth: $Cwl = 0,297 + 0,743 * Cb$
- Torroja: $Cwl = 0,248 + 0,0049x + (0,77 - 0,035) * Cb$

Una vez obtenidos ambos valores para el coeficiente de flotación, les realizaremos la media aritmética y ese será considerado el valor definitivo.

6.5.1 Formulación de Schneekluth

$$Cwl = 0,297 + 0,743 * Cb$$

Siendo:

- $Cb = 0,85$
- $Cwl = 0,930$

6.5.2 Formulación de Torroja

$$Cwl = 0,248 + 0,049x + (0,77 + 0,035) * Cb$$

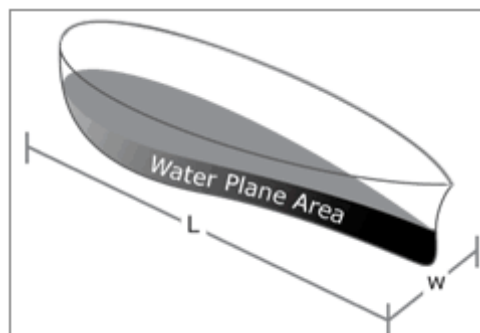
Siendo:

- $x = 1$
- $Cb = 0,85$
- $Cwl = 0,923$

6.5.3 Valor final

Para obtener el valor definitivo realizaremos la media de los 2 valores obtenidos:

$$Cwl = \frac{0,930+0,923}{2} = 0,927$$



7 COTA DE CLASE

La cota representa de un modo objetivo el valor técnico del buque, expresando su grado de adaptación y/o cumplimiento de las reglas aplicadas por la sociedad de clasificación correspondiente [12].

En este caso, el buque proyecto presenta las siguientes cotas de clase:

- DNV GL
- BARGE FOR LIQUIFIED GAS: Carriage of liquefied gas.
- BARGE FOR OIL PRODUCTS: Carriage of oil products in bulk.
- 1A: Ships with hull, machinery, systems and equipment found to be in compliance with applicable rule requirements.
- E0: Instrumentation and automation installed to allow for unattended machinery space.
- ECO: Centralised operated machinery.
- BATTERY (SAFETY): Battery installations used as an additional source of power.
- GAS FUELLED: Gas fuelled engine installations.
- GAS READY (T): Installed fuel containment system (LNG fuel tank (s)).
- GAS READY (P): Installed pipe routing, structural arrangements for bunkering station and gas valve unit space.
- GAS READY (AEI): Auxiliary engines installed can be operated on gas fuel.
- CCO: Centralised cargo control for liquid cargoes.
- ETC: Effective tank cleaning.
- VCS (1): Systems for control of vapour emission from cargo tanks and in compliance with IMO MSC/Circ. 585.
- GAS BUNKER: Equipped with dedicated gas fuel transfer equipment for supply of bunker to gas fuelled ships on a regular basis.
- GAS POWER PLANT: Vessels arranged with a gas fired power plant for the production and export of electricity.
- ICE (C): Vessels intended for navigation in light ice conditions.
- BWM (E): Ballast water management system complying with the Ballast Water Convention (BWM/CONF/36). Ballast water exchange method.
- CLEAN: Requirements for controlling and limiting operational emissions and discharges.
- SBM: Management of safety and environment protection in ship operation.
- ESP: Ships subject to an enhanced survey programme.
- COMF (C): Comfort class covering requirements for indoor climate.
- COMF (V): Comfort class covering requirements for noise and vibration.

8 CIFRA DE MÉRITO

8.1 Introducción

El requisito previo de cualquier proceso de evaluación económica es la elección de la denominada “cifra de mérito”, que es, por definición, el criterio empleado para caracterizar el rendimiento de un método o sistema, en relación con sus alternativas.

En la industria naval, los criterios de evaluación económica más comunes son los siguientes:

- Coste de construcción.
- Coste de adquisición.
- Inversión total.
- Coste de operación.
- Flete requerido.
- Tasa de recuperación del capital propio.
- Tasa de rentabilidad interna.

8.2 Elección de la cifra de mérito

En el caso de este proyecto, elegiremos como cifra de mérito el coste de construcción del buque, al necesitar para los otros criterios información sobre el margen de beneficio considerado por el astillero o sobre el uso reservado al buque por parte del armador.

El coste de construcción suele ser la cifra de mérito más atractiva para el astillero si tiene el buque contratado por una cuantía fija, ya que la alternativa constructiva que la minimice será aquella que le reportará un mayor beneficio industrial. No obstante, cuando el armador encarga la construcción de un buque al a un astillero le suministra abundante documentación, que incluye, además de las características comerciales del buque (peso muerto, arqueo, velocidad de servicio, etc.), las principales características técnicas, incluyendo las dimensiones aproximadas del buque, lo que significa que el margen de maniobra de las alternativas es bastante escaso.

Por último, cabe destacar que si nuestro criterio de evaluación económica es la minimización de los costes de construcción, la alternativa más favorable es será lógicamente la de menores dimensiones, ya que será la que requerirá una menor cantidad de material, de mano obra y de horas de ocupación de la grada. Pero, como ya hemos mencionado, en el contrato de construcción el armador también fija una serie de requisitos que deben cumplirse (en nuestro están fijados en las RPA del proyecto), por lo que tampoco podremos realizar como diseñadores todas las reducciones que queramos, sino que probablemente nos tengamos que adaptar a una solución de compromiso.

9 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la generación de alternativas seguiremos 2 métodos distintos. El primero de ellos será la elección de la alternativa más favorable por el procedimiento visto en la asignatura de Proyectos y descrito en el Cap. 5 del libro “Criterio de Evaluación Técnica y Económica” del Dr. en Ingeniería Naval Fernando Junco Ocampo [13]. El segundo método será la utilización de la herramienta *Solver* del programa *Microsoft Excel*, que nos permite seleccionar automáticamente la alternativa más favorable.

9.1 Método 1: Selección de la alternativa más favorable

Partiendo de las dimensiones del buque base, obtenidas anteriormente por regresión lineal, generaremos una serie de alternativas siguiendo la siguiente secuencia:

- Variación de la eslora entre el 90-110% (a intervalos del 1%).
- Variación de la manga de idéntica forma.
- Asignamos a cada eslora todas las mangas. De esta forma, obtenemos 21^2 (441) combinaciones. Llegados a este punto realizaremos la primera criba, despreciando todas aquellas alternativas cuya relación eslora-manga se encuentre fuera de los valores marginales de nuestra base de datos:

$$3,384 < \frac{L_{pp}}{B} < 6,205$$

- Para calcular el puntal igualaremos el producto de $L*B*D$ del buque base al producto de $L*B*D$ de cada alternativa, despejando D de cada alternativa de la ecuación. Pero, como ya hemos visto, el producto $L*B*D$ de nuestro buque base no cumpliría por muy poco el requisito previo de las 2500 TPM de carga, comprobado por regresión lineal de $L*B*D$ frente al volumen de carga, por lo que igualaremos el producto $L*B*D$ de cada alternativa al producto $L*B*D$ obtenido de la regresión lineal, citada anteriormente, para cumplir con el requisito del peso muerto de carga establecido en las RPA.

$$D_i = \frac{L_o * B_o * D_o}{L_i * B_i} \text{ (m)}$$

- Calculamos el coeficiente de bloque (C_b) de cada alternativa empleando para ello la fórmula de Alexander:

$$C_b = K - \frac{0,5 * V_k}{\sqrt{L_f}} \text{ (} K = 1,12, V_k = 10 \text{ kt, } L_f = 3,28084 * L_{pp}\text{)}$$

- Para determinar el desplazamiento de cada alternativa seguiremos la tradicional descomposición del mismo en 2 grandes partidas (peso muerto y peso en rosca). El peso muerto (PM) es el peso de todo aquello que el buque debe transportar en un viaje comercial (entre otros: carga, combustible, agua dulce, provisiones, suministros y tripulación). El peso en rosca (PR) es el peso del buque completamente terminado y listo para el servicio, pero vacío.

El peso muerto del buque está compuesto mayoritariamente por la carga a transportar, que es un requisito prefijado en las RPA del proyecto y no podemos variarlo. Por lo tanto, en una primera aproximación, ignoraremos las pequeñas variaciones en el resto de consumibles y consideraremos el PM constante. De esta manera, sólo deberemos centrarnos en el peso en rosca, que sí variará significativamente entre las diferentes alternativas y además es del que dependen los costes de construcción, que hemos establecido como la cifra de mérito de este proyecto.

El peso en rosca (PR) se puede dividir a su vez en 3 partidas

- El peso de la estructura. Lo calcularemos mediante 2 métodos diferentes y realizaremos la media entre ellos :

Formulación matemática

$$PS = L^{1,5} * B * D^{0,5} * K \text{ [ton]} \quad (K = 0.03)$$

Método de Sv. Aa. Harvarld y J. Juncher

$$PS = Cs * (L * B * D + Sup) \text{ [ton]}$$

Siendo:

$$Cs = 0,0664 + 0,064 \exp(-0,5 * \log\left(\frac{\Delta}{100}\right) - 0,1 * \log\left(\frac{\Delta}{100}\right)^{2,45})$$

$$Sup = 0,8 * B * (1,45 * Lpp - 11)$$

- El peso de la maquinaria. El cálculo del peso de la maquinaria de nuestro buque presenta una importante diferencia respecto a la de cualquier buque convencional y es que carece de medios de propulsión propia. Por lo tanto, la maquinaria principal no van a ser los motores propulsores, sino los grupos electrógenos destinados al suministro eléctrico *Cold Ironing*. Se ha decidido emplear idénticas fórmulas a las usadas para el cálculo del peso de la maquinaria propulsora, pero sustituyendo la potencia propulsora por la potencia eléctrica requerida. Al igual que en la estimación del peso del acero, emplearemos 2 métodos distintos y realizaremos la media entre ellos:

Método de D.G.M Watson

$$PMaq = \frac{Pel}{35} + 200 \text{ [ton]}$$

Método de d'Almeida [14]

$$PMaq = K1 * Pel^{K2} \text{ [ton]} \quad (\text{motor de 4 tiempos; } K1 = 1.88; K2 = 0.60)$$

- El peso del equipo restante. De forma análoga a la utilizada para la estimación de las anteriores componentes del peso en rosca, calcularemos el peso de los equipos restantes mediante 2 métodos diferentes y realizaremos la media entre ellos:

Método de d'Almeida para petroleros

$$PER = K1 * (L * B * D)^{K2} \quad (K1 = 10.820; K2 = 0.41)$$

Método para gaseros

$$PER = KE * L * B \quad (KE = 0,36 - 0,53 * 0,001 * L)$$

El valor del desplazamiento de cada alternativa será obtenido con la siguiente fórmula:

$$\Delta i = \Delta base + d(PS) + d(PMaq) + d(PER) \text{ [ton]}$$

Siendo $\Delta base$ el desplazamiento del buque base y el resto de los sumandos las diferencias entre los valores de las diferentes componentes del peso en rosca de la alternativa considerada y el correspondiente valor del buque base.

- g) Una vez determinado el desplazamiento, podemos obtener el calado de cada alternativa mediante una simple ecuación:

$$T = \frac{\Delta}{1,025 * Lpp * B * Cb} [m]$$

- h) Llegados a este punto realizaremos el segundo cribado a nuestras alternativas, que consistirá en eliminar todas aquellas opciones cuyas relaciones dimensionales L/D, L/T, B/D, B/T y D/T queden fuera de los valores marginales obtenidos en la base de datos.

$$37,324 < \frac{L}{D} < 14,871$$

$$9,415 < \frac{L}{T} < 24,205$$

$$1,875 < \frac{B}{D} < 3,404$$

$$2,500 < \frac{B}{T} < 6,400$$

$$1,200 < \frac{D}{T} < 6,400$$

- i) Por último, realizaremos los cálculos correspondientes a la cifra de mérito del proyecto, es decir, a la estimación del coste de construcción del buque. Para ello realizaremos el siguiente desglose del coste total de construcción del buque:

$$CC = CMg + CMo + CEq + CVa \text{ [€]}$$

Siendo:

- CMg=Coste de los materiales a granel.
- CMo=Coste de la mano de obra.
- CEq=Coste de los equipos del buque y su instalación a bordo.
- CVa=Costes adicionales variables del astillero.

Coste de los materiales a granel

$$CMg = cmg * PS = ccs * cas * cem * ps * PS \text{ [€]}$$

Siendo:

- cmg= Coef. de coste del material a granel (chapas y perfiles de acero).
- PS= Peso de la estructura de acero del buque [ton]
- ccs= Coef. ponderado de las chapas y los perfiles (1.08)
- cas= Coef. de aprovechamiento del acero (1.10)
- cem= Coef. de incremento por equipo metálico no estructural (tecles, escotillas) (1.10)
- pac= Precio unitario estimado del acero (500 €/ton)

Coste de la mano de obra

$$CMo = CMmg + CMme = chm * csh * PS \text{ [€]}$$

Siendo:

- CMmg=Coste del montaje de los materiales a granel.
- CMme=Coste del montaje de los equipos (incluido en la siguiente partida).
- chm=Coste horario medio del astillero (30 €/h).
- csh=Coef. del rel. del número de horas dedicadas por unidad de peso (50 h/ton).
- PS=Peso de la estructura de acero del buque [ton].

Coste de los equipos y su montaje

$$CEq = Cep + Chf + Cer = cep * Pel + chf * nch * NT + ccs * pac * per \text{ [€]}$$

Siendo:

- Cep= Coste de los equipos de propulsión, auxiliares y su montaje.
- Chf= Coste de la habilitación y su montaje.
- Cer= Coste de los equipos restantes.
- cep= Coste unitario del kilovatio (350 €/kW).
- Pel= Potencia de los grupos electrogeneradores (1000 kW)
- chf= Coste unitario de la habilitación por tripulante (1.30 €/tripulante).
- nch= Nivel de habilitación (1.10).
- NT= Num. de tripulantes (10 tripulantes).
- ccs= Coef. ponderado de las chapas y perfiles (1.30)
- pac= Precio unitario del acero (500 €/ton).
- per= Peso de los equipos restantes (anteriormente def.).

Costes adicionales variables

Los costes adicionales variables del astillero es una cifra que suele oscilar entre el 5 y el 10 % de la suma del resto de partidas del coste de construcción. Para este proyecto tomaremos un como cifra el 8%.

Una vez realizados todos los pasos descritos, obtendremos, como ya se dijo, 441 alternativas para el dimensionamiento de nuestro buque (inclusive el buque base). Si les realizamos las cribas ya mencionadas y las evaluamos bajo el criterio de minimizar los costes de construcción, podemos observar que la opción más favorable es la alternativa 1, que también es la que tiene unas dimensiones más reducidas. Este desenlace del proceso de selección de la alternativa más favorable es el esperado, ya que, si miramos detenidamente las componentes de las diferentes partidas que desglosan el precio de construcción del buque, podemos observar que mayoritariamente dependen del peso de la estructura de acero y de los equipos, que a su vez son directamente proporcionales a las dimensiones del buque. Por lo tanto, una vez nos aseguremos que efectivamente esta opción cumple con nuestros valores límite (tanto dimensionales como de carga), podemos afirmar que la alternativa de menores dimensiones es la más económica de acuerdo a nuestra cifra de mérito.

A continuación, mostramos las 10 alternativas más favorables obtenidas, resaltando la mejor de ellas (que como ya dijimos será la primera):

Alt.	%Lpp	Lpp	%B	B	L/B	D	Cb	PS	PMaq	PER
1	0.90	61.71	0.90	13.59	4.54	7.87	0.769	710.836	257,514	336.487
2	0.90	61.71	0.91	13.74	4.49	7.79	0.769	712.924	257,514	338.013
3	0.90	61.71	0.92	13.89	4.44	7.70	0.769	715.003	257,514	339.538
4	0.90	61.71	0.93	14.05	4.39	7.62	0.769	717.074	257,514	341.063
5	0.90	61.71	0.94	14.20	4.34	7.54	0.769	719.137	257,514	342.588
6	0.90	61.71	0.95	14.35	4.30	7.46	0.769	721.192	257,514	344.113
7	0.90	61.71	0.96	14.50	4.25	7.38	0.769	723.239	257,514	345.638
8	0.90	61.71	0.97	14.65	4.21	7.31	0.769	725.278	257,514	347.164
9	0.90	61.71	0.98	14.80	4.17	7.23	0.769	727.309	257,514	348.689
10	0.90	61.71	0.99	14.95	4.13	7.16	0.769	729.333	257,514	350.214

dPS	dPMaq	dPER	Δ	T	L/D	L/T	B/D	B/T	D/T
-59.231	0.000	-30.316	3798.359	5.74	7.837	10.747	1.726	2.367	1.371
-57.143	0.000	-28.791	3801.972	5.68	7.924	10.856	1.765	2.418	1.370
-55.064	0.000	-27.266	3805.577	5.63	8.011	10.965	1.804	2.469	1.369
-52.993	0.000	-25.741	3809.173	5.57	8.099	11.073	1.843	2.520	1.367
-50.930	0.000	-24.216	3812.761	5.52	8.186	11.182	1.883	2.572	1.366
-48.875	0.000	-22.690	3816.341	5.47	8.273	11.290	1.923	2.625	1.365
-46.828	0.000	-21.165	3819.913	5.41	8.360	11.399	1.964	2.678	1.364
-44.789	0.000	-19.640	3823.477	5.36	8.447	11.507	2.005	2.731	1.362
-42.757	0.000	-18.115	3827.034	5.31	8.534	11.614	2.047	2.785	1.361
-40.734	0.000	-16.590	3830.583	5.26	8.621	11.722	2.089	2.840	1.360

CMg	CMo	CEq	CVa	CC
464460.264	1066254.100	1653717	254754.45	3439185.616
465824.371	101069385,608	1654708.17	199193.452	345111.598
467182.976	1072504.536	1655699.52	199630.963	3451017.997
468530.169	1075611.039	1656690.88	200067.047	3456905.134
469884.037	1078705.318	1657682.23	200501.727	3462773.317
471226.664	1081787.568	1658673.59	200935.026	3468622.848
472564.134	1084857,976	1659664.95	201366.964	3474454.021
473896.527	1087916.729	1660656.3	201797.565	3480267.121
475223.921	1090964.005	1661647.66	202226.847	3486062.429
476546.391	1093999.98	1662639.01	202654.831	3491840.215

9.2 Método 2: Selección de la alternativa mediante Solver

Para la selección de la mejor alternativa mediante esta herramienta del programa informático *Microsoft Excel*, utilizaremos las mismas restricciones que para el método de la alternativa más favorable, de tal forma que podamos realizar una comparación realista y objetiva de los resultados obtenidos en cada proceso.

Como ya explicamos para el primer método, estas restricciones se obtendrán de los valores mínimos y máximos de las relaciones dimensionales de los buques de nuestra base de datos, en combinación con una variación del $\pm 10\%$ del buque base obtenido en el dimensionamiento preliminar. Asimismo, otra importante restricción será la capacidad de carga, fijada en 2500 TPM por las RPA del proyecto, y la garantía de disponer de un espacio suficiente en la bodega capaz de soportar la misma (un vol. LBD mínimo).

Así pues, las restricciones introducidas en el *Solver* son las siguientes:

Valores límite alternativas		
3.384	< L/B <	6.205
7.324	< L/D <	14.871
9.415	< L/T <	24.205
1.875	< B/D <	3.404
2.500	< B/T <	6.400
1.200	< D/T <	2
61.71	< Lpp <	75.43
13.59	< B <	16.61
	Carga =	2500.00
	PM >=	2625.00
	LBD >=	6604.77

La metodología usada para la estimación de los pesos y de los costes, por idénticas razones al caso de las restricciones, será la misma que en el método de la alternativa más favorable. Cabe destacar que entre los cálculos realizados por este método hemos añadido una estimación del peso muerto mínimo en relación a la carga transportada, con el objetivo de tener un margen suficiente para el transporte a bordo del resto de los consumibles (combustible, aceite, provisiones, etc.), necesarios para la operación del buque.

Una vez introducidas todas estas fórmulas y restricciones y teniendo como datos de partida las dimensiones del buque base y como objetivo la minimización de los costes de construcción, el *Solver* nos aporta el siguiente dimensionamiento:

Lpp (m)	61,71	D/T	1,333
B (m)	14,17	LBD (m3)	6604,772
D (m)	7,56	Δ (ton)	4249,121
T (m)	5,67	PS (ton)	608,320
L/B	4,356	PMAQ (ton)	257,514

Cuaderno 1: Elección de la cifra de mérito y definición de alternativas. Selección de la más favorable.
 Julio Elías Sánchez. Barcaza Bunkering Multiproducto y Cold Ironing. Proyecto 19-99.

L/D	8,168	PER (ton)	342,284
L/T	10,891	PR (ton)	1208,118
B/D	1,875	PM (ton)	3041,003
B/T	2,500	Carga (ton)	2500

En cuanto a los costes de construcción y su desglose, los resultados son los siguientes:

CMg	397476,49	€
CMo	912480,45	€
CEq	222484,33	€
CVa	122593,30	€
CC	1655036,57	€

10 ALTERNATIVA FINAL

A partir de todas las alternativas calculadas y verificando que cumplen todas nuestras condiciones y restricciones, finalmente nos encontramos con 2 alternativas favorables desde un punto de vista económico, correspondiente cada una a uno de los métodos de evaluación utilizados.

A continuación, mostraremos estas 2 alternativas, con sus principales características dimensionales y su coste de construcción estimado. Asimismo, las acompañaremos de la información correspondiente del buque base (alternativa 221 por el primer método), para mostrar que, a pesar de que siempre habrá un resultado más favorable, la optimización generada por cualquiera de los 2 métodos no es despreciable.

Modelo	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	Cb	Δ (ton)	CC (€)
Buque Base	68,57	15,10	6,38	4,65	0,787	3887,906	3598218.997
Alternativa 1	61,71	13,59	7,87	5,74	0,769	3798,359	3439185.616
Solver	61,71	14,17	7,56	5,67	0,84	4249,121	1655036,570

Podemos comprobar que hay importantes variaciones entre los coeficientes de bloque, debido al uso de diferentes metodologías de estimación. A pesar de que, como ya dijimos, el objetivo era usar las mismas formulaciones en ambos métodos para poder realizar un análisis completamente objetivo, lo cierto es que el *Solver* nos permite usar fórmulas mucho más complejas que el método de la alternativa más favorable. De esta forma, en el caso del buque base y de la alternativa 1 el coeficiente de bloque ha sido obtenido por la fórmula de Alexander, mientras que en el tercer caso hemos relacionado aritméticamente 3 formulaciones empíricas (entre ellas la de Alexander).

Por otro lado, a pesar de compartir las mismas restricciones, el *Solver* no se restringe a la evaluación de unas 441 alternativas dentro de estos márgenes, sino que tiene capacidad de realizar mucha más combinaciones, de tal forma que, en principio, siempre dará la opción más óptima. Esto lo podemos comprobar si comparamos el precio final de construcción de cada una de las 3 opciones generadas, siendo el de la alternativa generada por la herramienta de *Excel* ostensiblemente menor.

11 ESTIMACIÓN DE LOS PESOS

11.1 Desplazamiento

La estimación de los diferentes pesos del buque comienza con el desplazamiento total del buque, es decir, del peso de la masa de agua salada que desplaza. Éste puede obtenerse a partir de las dimensiones y coeficientes obtenidos en el proceso de dimensionamiento del proyecto:

$$\Delta = 1,026 * Lpp * B * T * Cb = 1,026 * 61,71 * 14,17 * 5,67 * 0,84 = 4249,121 \text{ ton}$$

11.2 Peso en rosca

Como ya hemos visto, el peso en rosca es equivalente al peso del buque completamente construido, pero vacío de carga o cualquier tipo de consumible (combustible, aceites lubricantes, agua dulce, etc.). Para su estimación se subdivide en 3 partidas (estructura de acero, maquinaria y equipos restantes):

$$PR = PS + PMAQ + PER \text{ (ton)}$$

Como ya hemos visto en la presentación del primer método de evaluación económica de las alternativas constructivas, se han utilizado 2 formulaciones empíricas distintas para la estimación de cada uno de estos pesos, realizándose posteriormente la media aritmética entre ellas:

11.2.1 Peso de la estructura de acero

Formulación matemática

$$PS = L^{1,5} * B * D^{0,5} * K = 566,294 \text{ ton} \quad (K = 0.03)$$

Método de Sv. Aa. Harvarld y J. Juncher

$$PS = Cs * (L * B * D + Sup) = 608,320 \text{ ton}$$

Siendo:

$$Cs = 0,0664 + 0,064 \exp\left(-0,5 * \log\left(\frac{\Delta}{100}\right) - 0,1 * \log\left(\frac{\Delta}{100}\right)^{2,45}\right) = 0,087$$

$$Sup = 0,8 * B * (1,45 * Lpp - 11) = 889,420$$

El valor final del peso de la estructura será la media aritmética de ambos valores:

$$PS = \frac{PS1 + PS2}{2} = 608,320 \text{ ton}$$

11.2.2 *Peso de la maquinaria*

Como ya explicamos anteriormente, el peso de la maquinaria se verá ostensiblemente reducido respecto a un buque convencional debido a la ausencia de medios de propulsión propia, lo que conlleva que la única maquinaria que tendremos en cuenta para el cálculo del peso en rosca son los grupos electrógenos, destinados a la producción de electricidad para labores de *Cold Ironing* y, en menor medida, para el funcionamiento del buque y todos sus equipos. En una primera aproximación, hemos decidido emplear las fórmulas de estimación del peso de la maquinaria principal, pero sustituyendo la potencia al freno por la potencia eléctrica (1000 kW).

Método de D.G.M Watson

$$P_{Maq} = \frac{P_{el}}{35} + 200 = 228,571 \text{ ton}$$

Método de d'Almeida

$$P_{Maq} = K1 * P_{el}^{K2} = 118,620 \text{ ton} \quad (\text{motor de 4 tiempos; } K1 = 1.88; K2 = 0.60)$$

El valor final del peso de la maquinaria es el valor medio de ambos resultados:

$$P_{MAQ} = \frac{P_{MAQ1} + P_{MAQ2}}{2} = 173,596 \text{ ton}$$

11.2.3 *Peso de los equipos restantes*

Método de d'Almeida para petroleros

$$P_{ER} = K1 * (L * B * D)^{K2} = 286,122 \text{ ton} \quad (K1 = 10.820; K2 = 0.41)$$

Método para gaseros

$$P_{ER} = K_E * L * B = 398,446 \text{ ton} \quad (K_E = 0,36 - 0,53 * 0,001 * L_{pp})$$

El valor final del peso de los equipos restantes será la media de ambos resultados:

$$P_{ER} = \frac{P_{ER1} + P_{ER2}}{2} = 342,284 \text{ ton}$$

11.2.4 Peso en Rosca elegido

Una vez calculado el valor de cada una de las 3 partidas en las que se divide, para estimar el valor del Peso en Rosca del buque bastará con sumarlas:

$$PR = PS + PMA + PER = 608,320 + 173,596 + 342,284 = 1124,200 \text{ ton}$$

11.3 Peso Muerto

El peso muerto del buque es por definición todos aquellos consumibles necesarios para el funcionamiento y explotación del mismo (combustible, aceite, agua dulce, provisiones,...), así como la tripulación y la carga (o pasajeros en el caso de un buque de pasaje).

Como habremos podido deducir, la suma del peso muerto y el peso en rosca equivale al peso total del buque en navegación comercial. Ahora bien, según el principio de Arquímedes, para que un barco flote su peso total tiene que coincidir con su desplazamiento. De esta manera, podemos calcular el peso muerto como diferencia entre el desplazamiento y el peso en rosca:

$$PM = \Delta - PR = 4249,121 - 1124,200 = 3124,921 \text{ ton}$$

Debido a que el objetivo de este cuaderno es únicamente fijar las dimensiones de partida de nuestro buque proyecto, no proseguiremos en el cálculo del peso muerto del mismo, ya que esto se llevará a cabo en detalle en el siguiente cuaderno.

No obstante, debemos recordar que la determinación precisa del peso muerto es de gran importancia, ya que el buque ha de ser proyectado para que cumpla con una serie de características comerciales fijadas por el armador en el contrato. Concretamente, en este caso las RPA requieren una carga útil de 2500 TPM, que equivaldrían a un 80% del peso muerto total.

12 FRANCOBORDO

Para el cálculo del francobordo hemos seguido el reglamento establecido en el “Convenio Internacional sobre líneas de carga de 1966 y Protocolo de 1988”.

Como herramienta de cálculo se ha empleado el documento Excel mostrado en la asignatura de Proyectos, en la cual podemos introducir todas las características relevantes de nuestro buque y donde veremos que reglas del Convenio aplican en nuestro caso, obteniendo finalmente el francobordo mínimo requerido.

El buque empleado como referencia (en aquellos casos que no nos valga con la información de nuestro buque) es el OIZMENDI.

12.1 Definiciones

Eslora.

Se tomará como eslora (L) el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor.

En los buques sin mecha del timón, se tomará como eslora (L) el 96% de la flotación correspondiente al 85% del puntal mínimo de trazado.

Tendremos en cuenta la segunda norma, ya que el buque del proyecto no cuenta con mecha del timón. En esta primera aproximación, emplearemos como la eslora de francobordo la eslora entre perpendiculares de nuestro buque:

$$L = 61,712 \text{ m}$$

Perpendiculares.

Las perpendiculares de proa y de popa deberán tomarse en los extremos de proa y de popa de la eslora (L). La perpendicular de proa deberá coincidir con la cara de proa de la roda en la flotación en que se mide la eslora.

Centro del buque.

Será el punto medio de la eslora (L).

Manga.

La manga (B) será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna. En el caso de nuestro proyecto es:

$$B = 14,17 \text{ m}$$

Puntal de trazado.

Será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado.

$$D = 7,56 \text{ m}$$

Puntal de francobordo.

Será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado.

$$D = 7,56 + 0,009 = 7,564 \text{ m}$$

Coefficiente de bloque.

El coeficiente de bloque (C_b) vendrá dado por la fórmula:

$$Cb = \frac{\nabla}{L*B*d1}$$

Donde:

- ∇ : Será el volumen del desplazamiento de trazado del buque aun calado de trazado d1.
- L: Eslora de francobordo.
- B: Manga.
- d1: Calado al 85% del puntal mínimo de trazado.

$$Cb = 0,84$$

Manga de trazado (B)	14.17	m
Puntal mín. de trazado	7.56	m
Puntal mín. de trazado al 85%	6.422	m
Espesor de la cubierta de francobordo en el costado	9	mm
Puntal de Francobordo (D)	7.564	m
Eslora de flotación al 85% del puntal mín. de trazado	63.23	m
Eslora entre perpendiculares al 85% del puntal mín. de trazado	61.71	m
Eslora (L)	61.712	m
Volumen sin apéndices al 85% del puntal mín. de trazado	4715.893	m3
Coefficiente de bloque (Cb)	0.84	

12.2 Reglas

Regla 27. Tipos de buques.

Para el cálculo del francobordo los buques se clasificarán en 2 tipos (A y B).

El buque de este proyecto es de tipo A, ya que se ha sido proyectado para transportar solamente cargas líquidas a granel.

R-27 Tipos de buque (A, B, Br, B60)	A
-------------------------------------	---

Regla 28. Tablas de francobordo.

El francobordo inicial (comúnmente definido como francobordo tabular) para los buques de tipo A, se determinará por medio de unas tablas suministradas por el Convenio y que adjuntamos a continuación:

TABLA A

Tabla de francobordo para buques de tipo "A"

Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)
24	200	59	559	94	1044
25	208	60	573	95	1059
26	217	61	587	96	1074
27	225	62	600	97	1089
28	233	63	613	98	1105
29	242	64	626	99	1120
30	250	65	639	100	1135
31	258	66	653	101	1151
32	267	67	666	102	1166
33	275	68	680	103	1181
34	283	69	693	104	1196
35	292	70	706	105	1212
36	300	71	720	106	1228
37	308	72	733	107	1244
38	316	73	746	108	1260
39	325	74	760	109	1276
40	334	75	773	110	1293
41	344	76	786	111	1309
42	354	77	800	112	1326
43	364	78	814	113	1342
44	374	79	828	114	1359
45	385	80	841	115	1376
46	396	81	855	116	1392
47	408	82	869	117	1409
48	420	83	883	118	1426
49	432	84	897	119	1442
50	443	85	911	120	1459
51	455	86	926	121	1476
52	467	87	940	122	1494
53	478	88	955	123	1511
54	490	89	969	124	1528
55	503	90	984	125	1516
56	516	91	999	126	1563
57	530	92	1014	127	1580
58	544	93	1029	128	1598

Entrando en estas tablas con el valor de nuestra eslora (L) e interpolamos entre los valores inmediatamente menor y mayor que aparecen en ellas, obteniendo así nuestro francobordo tabular:

<i>Regla 28</i>	
<i>L</i>	<i>Francobordo</i>
61	587
62	600
61.712	597

Regla 29. Corrección al francobordo para buques de L<100 m.

Esta regla no es aplicable en buques de tipo A.

Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque.

Cuando el coeficiente de bloque (Cb) sea superior a 0,68, el francobordo tabular especificado en la regla 28, después de ser modificado, si procede, se multiplicará por el factor:

$$\frac{Cb + 0,68}{1,36}$$

R-28	597
R-29	0
Francobordo	597
Factor	1.1176
R-30	71

Regla 31. Corrección por puntal.

Cuando D exceda L/15, el francobordo aumentará la siguiente cantidad:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) * R$$

Donde:

$$R = \frac{L}{0,48}$$

R	128.5667
Corrección	444
R-31	444

Regla 32. Corrección por posición de la línea de cubierta.

No se aplica esta regla.

Regla 33. Altura normal de las superestructuras.

La altura normal de la superestructura será la indicada en la tabla siguiente:

Altura normal (en m)		
L (m)	Cubierta de saltillo	Todas las demás superestructuras
30 o menos	0,9	1,8
75	1,2	1,8
125 o más	1,8	2,3

En nuestro caso, tendremos que interpolar para hallar la altura normal correspondiente a nuestra eslora:

L (m)	Cubierta de saltillo	Todas las demás superestructuras
61.712	1.111	1.8

Regla 34/35. Longitud efectiva de las superestructuras.

<i>Superestructura</i>	<i>Longitud (S)</i>	<i>Manga de la superestructura (b)</i>	<i>Manga buque. (Bs)</i>	<i>Altura de la superestructura</i>	<i>Longitud efectiva (E)</i>
Castillo	13.660	13.400	13.400	4.550	13.660
Toldilla	10.920	15.000	15.000	5.960	10.920

Regla 36. Troncos.

El buque del proyecto no presenta troncos.

Regla 37. Reducción por estructuras y troncos.

<i>Lenght of Superstructure</i>	24.58	m
<i>Lenght of Trunks</i>	0	m
<i>Effective Lenght (E)</i>	24.580	m
<i>Effective Lenght (E)</i>	0.3983	*L
Deduction for 1L	665	mm

E	%
0.3	21
0.3983	30.8
0.4	31
R-37	-205

Regla 38. Arrufo.

Nuestro buque carece de arrufo, pero, aun así, habrá que realizar la siguiente corrección:

<i>Arrufo estándar en el costado</i>			
<i>Sección</i>	<i>Ordenada</i>	<i>Factor</i>	<i>Producto</i>
Perpendicular de popa	764	1	764
1/6 L desde la Ppp	339	3	1017
1/3 L desde la Ppp	86	3	258
Centro del buque	0	1	0
Centro del buque	0	1	0
1/3 L desde la Ppp	171	3	513
1/6 L desde la Ppp	679	3	2037
Perpendicular de proa	1529	1	1529
			Arrufo en popa 2039
			Arrufo en proa 4079

Variación del arrufo en popa	-31
Variación del arrufo en proa	-306
Variación del arrufo	-168

Longitud total de las superestructuras (S1)	23.580	m
---	--------	---

Extensión de las superestructuras en el centro del buque (en relación a L)	0	*L
Factor	0.5166	
Corrección	94	mm
Corrección al francobordo	94	mm
R-38	94	

Regla 39. Altura mínima de proa.

La altura mínima de proa (Fb), definida como la distancia vertical en la perpendicular de proa entre la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento de proyecto y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado, no será inferior a:

$$Fb = (6075 * \left(\frac{L}{100}\right) - 1875 * \left(\frac{L}{100}\right)^2 + 200 * \left(\frac{L}{100}\right)^3 * (2,08 + 0,609 * Cb - 1,603 * Cwf - 0,0129 * \left(\frac{L}{d1}\right))$$

Siendo:

- Fb=Altura mínima de proa (mm)
- L=Eslora def. en la regla 3 (m)
- B=Manga de trazado def. en la regla 3 (m)
- D1= Calado al 85% del puntal D (m)
- Cb=Coeficiente de bloque def. en la regla 3
- Awf=Área de flotación a proa de L/2 para el calado d1 (m2)
- Cwf=Coeficiente de área de flotación a proa de L/2 para el calado d1

L	61.712
B	14.165
d1	6.422
Cb	0.84
Cwf	0.9146

Altura mínima de proa (Fb)	3087	mm
Puntal en proa corregido por R39	12.114	m
Francobordo mínimo en proa	-1463	mm
Francobordo en agua salada	541	mm

R-28	597	mm
R-29		mm
R-30	71	mm
R-31	444	mm
R-32.1		mm
R-37	-205	mm
R-38	87	mm
Sum	994	mm

Regla 40. Francobordos mínimos.

<i>Francobordo mín. de verano</i>	<i>994</i>	<i>mm</i>
<i>Calado máx. de verano</i>	<i>6570</i>	<i>mm</i>

<i>Francobordo de verano</i>	<i>1894</i>	<i>mm</i>
<i>Calado de verano</i>	<i>5670</i>	<i>mm</i>
<i>Francobordo tropical</i>	<i>1894</i>	<i>mm</i>
<i>Francobordo de invierno</i>	<i>2013</i>	<i>mm</i>
<i>Francobordo de invierno en el Atlántico Norte</i>	<i>2063</i>	<i>mm</i>
<i>Francobordo de agua dulce</i>	<i>969</i>	<i>mm</i>

13 ESTIMACIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA

Para la estimación de la potencia propulsora que necesitará nuestro buque para alcanzar la velocidad de servicio fijada en las RPA (10 nudos), utilizaremos el software NAVCAD, presentado en la asignatura Hidrodinámica del Buque de tercer curso y utilizado también en la de Proyectos.

A similitud con otros software como *Maxsurf Resistance*, este programa tendrá como *inputs* las características principales de nuestro buque (en este caso a teclado en vez de un modelo 3D) y, cotejándolos con las diferentes bases de datos que posee (nosotros emplearemos Holtrop), obtendremos como *outputs* los datos necesarios para conocer la resistencia total y la potencia propulsora.

En el caso de este proyecto, conviene señalar llegados a este punto la principal característica del buque que lo constiuye, que es la ausencia de planta propulsora propia, ya que, como bien indica las RPA del proyecto, se trata de una “barcaza de bunkering sin propulsión para ser remolcada”. Es decir, para poder operar el buque debe contar en todo momento con la colaboración de un remolcador u otra embarcación auxiliar similar.

Es por esta razón que en este apartado sólo se estimará la resistencia al avance que presentará el buque dimensionado, así como la potencia efectiva necesaria para vencerla (EHP), pero no la potencia al freno (BHP), ya que para ello habría que conocer las características del propulsor y de los acoplamientos en el eje, elementos de lo que carece la barcaza. En una posterior etapa del proyecto, elaboraremos un cuaderno específico para el cálculo y dimensionamiento de la planta propulsora que debe tener el remolcador que asistirá al barco.

13.1 Método de Holtrop & Mennen

Hay numerosos métodos y procedimientos para estimar en esta fase inicial de diseño la resistencia al avance del buque y, por ende, la propulsión a instalar necesaria para vencerla.

Uno de los más empleados en las oficinas técnicas de ingeniería navales y astilleros es el método de Holtrop & Mennen, desarrollado por los 2 ingenieros navales homónimos en el canal de experiencias MARIN de Wageningen (Holanda), a partir de los resultados de cientos de ensayos con modelos y correlaciones con los datos obtenidos en las pruebas de mar de sus correspondientes buques reales [15].

Según este método, la resistencia al avance total del buque es igual a la suma de las siguientes componentes:

$$R_t = R_v + R_w + R_b \quad [kN]$$

Siendo:

- $R_v = R_f(1+k)$ la resistencia viscosa.
- R_w la resistencia debida a las olas.
- R_b la resistencia debida a la presencia del bulbo de proa.

Resistencia viscosa

La resistencia viscosa tiene como mayor componente la resistencia de fricción del casco, pero también incluye la resistencia de formas (también llamada de presión de origen viscoso) y la debida a la presencia de diferentes apéndices (timones, aletas, quilla, etc.).

Se estima con la siguiente fórmula:

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_f (1 + k) S_w \quad [kN]$$

La densidad del fluido ρ y la velocidad V son datos independientes de cada proyecto.

El coeficiente de fricción será el correspondiente a la línea de fricción ITTC-75, normalizada en la actualidad dentro de la arquitectura naval:

$$C_f = \frac{0,075}{(\log(Rn) - 2)^2}$$

El factor de forma es el que aporta la componente debida a los cambios de presión de origen viscoso y es igual a la suma del factor de formas del casco más la contribución debida a la presencia de apéndices:

$$1 + k = (1 + k_1) + [(1 + k_2) - (1 + k_1)] \left(\frac{S_{app}}{S_w} \right)$$

El factor de forma del casco es:

$$1 + k_1 = 0,93 + \left(\frac{T}{L_{pp}} \right)^{0,22284} \left(\frac{B}{L_{pp}} \right)^{0,92497} (0,95 - C_p)^{-0,52144} (1 - C_p + 0,0225)^{0,6906}$$

El factor de forma de los apéndices es obtenido de forma tabular, dependiendo de la configuración de estos.

La superficie mojada del casco del buque será la siguiente:

$$S_w = Lwl(2T + B)\sqrt{C_m} \cdot \left(0,453 + 0,4425C_b - 0,2862C_m - 0,003467 \left(\frac{B}{T} \right) + 0,369C_{wl} \right) \quad [m^2]$$

Resistencia de olas

La resistencia de olas incluye por este método tanto la debida a los efectos de las olas potenciales como de las rompientes, siendo estimados mediante la siguiente fórmula:

$$R_w = \Delta \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot \exp[m_1 \cdot Fn^{-0,9} + m_2 \cdot \cos(\lambda \cdot Fn^{-2})] \quad [kN]$$

Siendo:

$$\lambda = 1,446 C_p - 0,03 \frac{L}{B}$$

$$c_1 = 2223105 \left(\frac{B}{L} \right)^{3,78613} \left(\frac{T}{B} \right)^{1,07961} (90 - 0,5\alpha)^{-1,37565}$$

α = semi-angle of
entrance of the
load waterline
[degrees]

$$c_2 = \exp(-1,89\sqrt{c_3})$$

$$m_1 = 0,0140407 \frac{L}{T} - 1,75254 \frac{\nabla^{1/3}}{L} - 4,79323 \frac{B}{L} - 8,07981 C_p + 13,8673 C_p^2 - 6,984388 C_p^3$$

$$m_2 = -1,69385 C_p^2 \exp\left(-\frac{0,1}{Fn^2}\right)$$

$$c_3 = \frac{0,56 A_{BT}^{1,5}}{BT \left(0,56 \sqrt{A_{BT}} + T_F - h_B - 0,25 \sqrt{A_{BT}} \right)}$$

Resistencia del bulbo

Si el buque presenta bulbo de proa, éste puede calcularse mediante las siguientes expresiones:

$$R_B = \frac{c F_{ni}^3}{\sqrt{1 + F_{ni}^2}} \quad [\text{kN}]$$

$$i = T_F - h_B - 0.25\sqrt{A_{BT}}$$

$$F_{ni} = \frac{V}{\sqrt{g i + 0.15V^2}} \quad V \text{ [m/s]}$$

$$p_B = \frac{0.56\sqrt{A_{BT}}}{T_F - 1.5h_B}$$

13.2 Datos iniciales requeridos

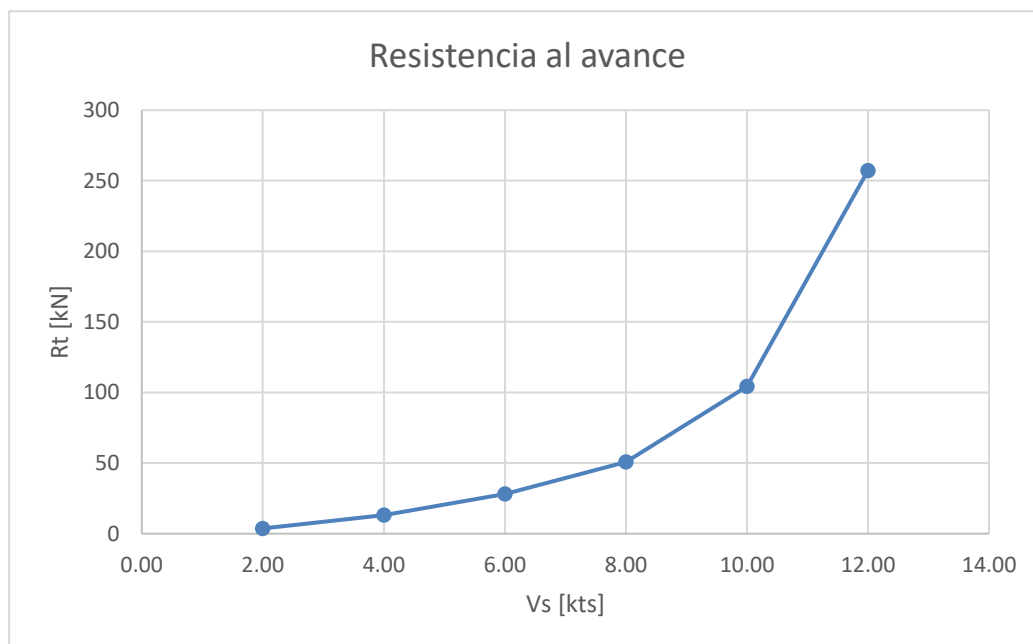
Los datos de nuestro buque que debemos introducir en NAVCAD (o que el programa calcula automáticamente a partir de lo introducido) para proceder a la estimación de la resistencia y propulsión mediante el método Holtrop son los siguientes:

Data for: <input type="text" value="Monohull"/>		<input type="checkbox"/> Ct-based <input checked="" type="checkbox"/> Planing	
General		Max section area: <input type="text" value="80.023"/> m ²	Cx: <input type="text" value="0.996"/>
Length between PP: <input type="text" value="61.71"/> m	WL bow pt aft FP: <input type="text" value="61.71"/> m	Waterplane area: <input type="text" value="800.104"/> m ²	Cw: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="0.915"/>
Length on WL: <input type="text" value="61.71"/> m	Max beam on WL: <input type="text" value="14.17"/> m	Trim by stern: <input type="text" value="0"/> m	
Max molded draft: <input type="text" value="5.67"/> m	Displacement bare: <input type="text" value="4272.4"/> t	LCB aft of FP: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="30.855"/> m	LCB/Lpp: <input type="text" value="0.5"/>
Wetted surface: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="463.9"/> m ²	Chine type: <input type="text" value="Round bilge"/>	Bulb ext fwd FP: <input type="text" value="0"/> m	
		Bulb area at FP: <input type="text" value="0"/> m ²	
		Bulb ctr abv BL: <input type="text" value="0"/> m	
		Transom area: <input type="text" value="0"/> m ²	At/Ax: <input type="text" value="0.0"/>
		Transom beam: <input type="text" value="0"/> m	Bt/Bx: <input type="text" value="0"/>
		Transom draft: <input type="text" value="0"/> m	Tt/T: <input type="text" value="0"/>
Parameters		Half ent angle: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="0.00"/> Deg	
Lwl/B: <input type="text" value="4.355"/>	B/T: <input type="text" value="2.4991"/>	Bow shape: <input type="text" value="WL flow [U-shape]"/>	
Cb: <input type="text" value="0.84"/>	Cws: <input type="text" value="0.915"/>	Stern shape: <input type="text" value="WL flow [U-shape]"/>	
Catamaran			
Hull spacing: <input type="text" value="0"/> m			

13.3 Resistencia al avance del buque

Una vez introducidos los datos del buque en NAVCAD, la resistencia total de nuestro buque estimada por éste es la siguiente:

Resistencia total	
V (kts)	Rt [kN]
2.00	3.679
4.00	13.193
6.00	28.021
8.00	50.867
10.00	104.378
12.00	257.171



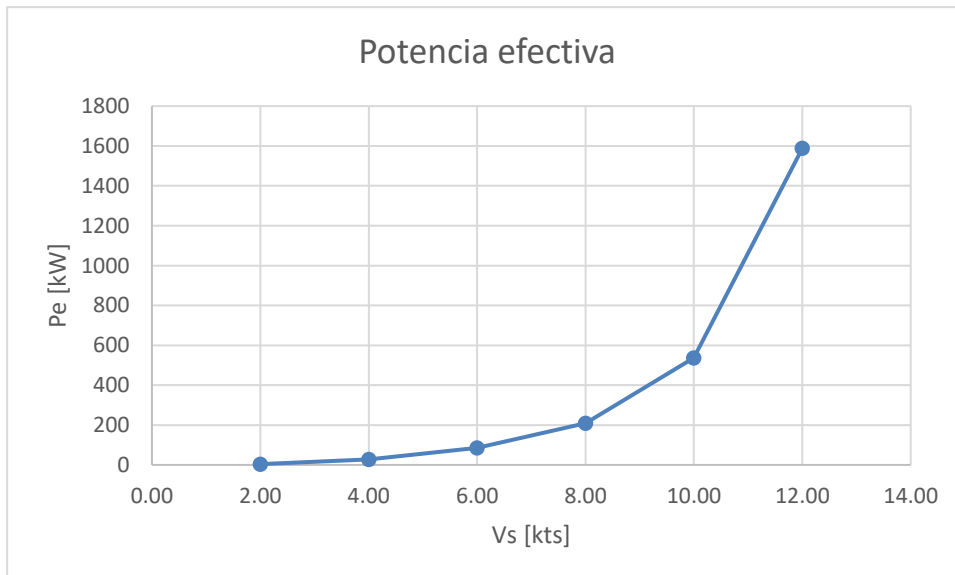
13.4 Propulsión

Una vez calculada la resistencia total de nuestro buque, se puede calcular la potencia que debe entregar el propulsor (potencia efectiva) para vencerla mediante la siguiente fórmula:

$$Pe = Rt \cdot Vs [kW]$$

Una vez realizados los cálculos con la herramienta Excel, se obtiene la siguiente curva de potencia:

Potencia efectiva	
V (kts)	Pe [kW]
2.00	4
4.00	27
6.00	86
8.00	209
10.00	537
12.00	1588



14 ESPECIFICACIÓN PRELIMINAR

14.1 Descripción general

Introducción

El buque objeto de este proyecto es una barcaza de *bunkering* multiproducto, carente de medios de propulsión propia, por lo que habrá de contar con una embarcación auxiliar que la remolque o la empuje. También puede ejercer labores de suministro eléctrico *Cold Ironing*. El fin de este tipo de buques es suministrar combustible y electricidad a los buques sin necesidad de que estos entren en puerto, minimizando los tiempos de espera y agilizando las labores de refuelling.

Debido a su condición de “carga multiproducto”, el buque tendrá capacidad de transportar tanto Gas Natural Licuado (LNG), como combustibles navales tradicionales, derivados del petróleo (HFO, MDO, LSFO). Para la generación eléctrica a bordo (tanto para labores de suministro eléctrico como para la explotación del propio buque) dispondrá de 3 grupos electrógenos, 2 de ellos exclusivamente a gas y el otro dual.

Este barco posee unas instalaciones similares a un petrolero de productos con 2 tanques de suministro de LNG instalados sobre la cubierta. Estos recipientes serán de tipo “C”, con una capacidad total de 450 m³. Para realizar el trasvase de LNG desde el buque, se dispone de dos bombas sumergidas externas a los tanques. Cada tanque dispone de su propia bomba.

Características principales

Las dimensiones de nuestro buque son las siguientes:

- Eslora total = 63,23 m
- Eslora entre perpendiculares = 61,71 m
- Manga de trazado = 14,17 m
- Puntal a la cubierta principal = 7,56 m
- Calado de trazado = 5,67 m
- Volumen de tanques = 2645,25 m³
- Desplazamiento = 4249,121 ton
- Peso muerto = 3041 ton
- Peso en rosca = 1208,12 ton
- Coeficiente de bloque = 0,84
- Velocidad de servicio = 10 kts

Peso muerto

El peso muerto será aproximadamente de 3041 ton, incluyendo éste la carga útil, tripulantes, víveres, pertrechos y consumos de combustible, aceite y agua dulce.

Formas y estabilidad

El casco de este buque se proyectará sin bulbo de proa ni arrufo y con castillo de proa y toldilla de popa.

En cuanto a la estabilidad, deberá cumplir con todos los criterios del ISC 2008, incluyendo los criterios de viento y las prescripciones básicas sobre superficies libres.

Vibraciones

Se limitarán los niveles de ruido y vibración en la medida que sea posible, con el fin de garantizar el confort de la tripulación, así como la durabilidad de los equipos y la integridad estructural del buque.

Se evitará que la frecuencia crítica de la planta generadora coincida con las rpm normales de operación.

Clasificación

El buque con todos sus equipos y maquinaria será construido de acuerdo con lo estipulado en los reglamentos y bajo la vigilancia especial e inspección del DNV GL con el objetivo de alcanzar la siguiente cota:

DNV GL. BARGE FOR LIQUIFIED GAS. BARGE FOR OIL PRODUCTS. 1A. E0. ECO. BATTERY (SAFETY). GAS FUELLED. GAS READY (T-P-AEI). CCO. ETC. VCS (1). GAS BUNKER. GAS POWER PLANT. ICE CLASS (C). BWM (E). CLEAN. DSP (1). SBM. ESP. COMF (C). COMF (V).

Además, deberá ajustarse al reglamento MARPOL 73/78 y al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS).

Pruebas

Además de las pruebas pertinentes requeridas por la Sociedad de Clasificación, el buque será sometido a las siguientes pruebas antes de su entrega al armador:

- Pruebas de equipos y servicios.
- Pruebas de taller.
- Pruebas de grupos electrógenos.
- Pruebas de otros equipos e instalaciones.
- Pruebas en el muelle.
- Pruebas de estabilidad.
- Pruebas sobre amarras.
- Pruebas de funcionamiento general.
- Pruebas de mar.

Tripulación

La tripulación estará formada por 10 miembros, que serán los siguientes:

- 1 capitán.
- 1 jefe de máquinas.
- 1 primer oficial.
- 1 técnico de cámara de máquinas.
- 2 bomberos.
- 4 marineros.

Todos los miembros de la tripulación deberán tener una alta capacidad técnica y especialización que les permita realizar las labores de *bunkering* y *cold ironing* con máxima eficiencia y seguridad.

Instalación propulsora

Carece de medios de propulsión propia. Necesita la colaboración de una embarcación auxiliar (remolcador) para que sea empujada o remolcada. El remolcador y sus capacidades han de ser dimensionados con respecto a las características dimensionales y operativas de la barcaza.

14.2 Casco

Materiales

El casco del buque se realizará con acero naval de prestaciones normales (tensión admisible 235 N/mm²). La configuración de su estructura será de tipo transversal, debido a su escasa eslora. La estructura será completamente soldada. Aunque no es un requerimiento de obligado cumplimiento, debido al transporte de derivados del petróleo contará una estructura con doble casco.

Los distintos escantillonados se fijarán en base a los reglamentos de la Sociedad de Clasificación escogida (en este caso DNV GL).

Preparación de superficies

Las distintas pinturas se aplicarán teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante de las mismas. Para una mayor efectividad de los recubrimientos, será estrictamente necesario que todas las superficies estén limpias y libres de impurezas antes del pintado.

En el taller se realizará la operación de imprimación de todas aquellas piezas que requieran la realización de un tratamiento de pintado posterior.

En cuanto a la pintura, se aplicará una cantidad de manos equivalente a la recomendada por firmas especializadas, siendo generalmente 2 el número mínimo.

Las manos de pintura se han de realizar con una firma específica y especializada. Una vez seleccionada, se tendrán en consideración las recomendaciones de la misma y se llevará un control minucioso de los parámetros necesarios a la hora del pintado. Se emplearán todos los elementos necesarios para evitar cualquier tipo de problemática a la hora de llevar a cabo las operaciones de pintado.

En cuanto al galvanizado, serán sometidas a este proceso aquellas piezas en las que se considere oportuno.

Será necesaria la protección catódica de la superficie del casco del buque en general, así como la implementación de ánodos de sacrificio para evitar la oxidación y corrosión de la misma.

Tanques de GNL

Los tanques estarán diseñados y construidos de acuerdo con el IGC Code y las normas del DNV GL. El material que revestirá el exterior del tanque será acero inoxidable.

Los tanques estarán aislados con perlita y vacío.

14.3 Equipos

Fondeo, amarre y remolque

El buque del proyecto consta de los siguientes equipos de fondeo, amarre y remolque:

- 1 grúa de mangueras para fines de *bunkering*.
- 2 anclas y sus cadenas correspondientes.
- 2 molinetes.
- 2 maquinillas.
- 1 cable para operaciones de *shuttle tanker*, de 300 m de largo.
- 1 grúa de transferencia de cables eléctricos.

Medios de salvamento

El buque del proyecto consta de los siguientes medios y equipos de salvamento:

- Bote salvavidas de caída libre para la evacuación por popa.
- Bote de rescate y servicio capaz de ser izado por ambas bandas.
- 2 pescantes salvavidas.
- Aros salvavidas.
- Chalecos salvavidas para todos los miembros de la tripulación.
- Aparatos generalizados para el salvamento marítimo.
- Balsas auto hinchables en caso de hundimiento.

Todos estos equipos han de cumplir con la aprobación de la Administración y ser comprobados para cumplir los requisitos necesarios reflejados en el SOLAS.

El equipamiento ha de ser diseñado para el salvamento de todas las personas a bordo.

Habilitación

Todos los tripulantes tendrán disponibles camarotes individuales. El capitán y el jefe de máquinas contarán con baño individual y una zona de despacho en sus camarotes, mientras que los del resto de la tripulación serán de menores proporciones y no gozarán de estas comodidades.

Sistemas de navegación y comunicación

Se dispondrá a bordo de los diversos sistemas de navegación y comunicaciones eléctricas:

- Compás magnético.
- Ecosonda.
- Radares.
- Aguja giroscópica.
- Piloto automático.
- Equipo de navegación por satélite.

Asimismo, habrá disponibilidad de material náutico para la ayuda de lectura de las cartas náuticas y servicios:

- Sextante.
- Cronómetro.
- Reloj de bitácora.
- Megáfonos.
- Termómetros.
- Binoculares para visión diurna y nocturna.
- Campanas de alarma.

En cuanto a las comunicaciones interiores, tendrán:

- Teléfonos interiores para la comunicación entre locales.
- Telégrafo de máquinas, para la transmisión de órdenes del Puente a la Cámara de Máquinas.
- Altavoces.
- Equipos de comunicación VHF.

Para las comunicaciones exteriores, se dispondrán los aparatos necesarios para comunicar el buque con el exterior siguiendo la reglamentación aplicable:

- Equipo de comunicación por vía satélite.
- Radioteléfonos.
- Antenas transmisoras y receptoras.
- Unidades remotas de alarma.
- Radiobalizas.
- Transpondedores de radares.

Aire acondicionado y ventilación

Se instalarán sistemas de aire acondicionado en el puente y en la cámara de máquinas. También se instalará calefacción en estos 2 habitáculos.

Medios contraincendios

Los sistemas contraincendios están formados por:

- Bombas contraincendios.
- Bomba de emergencia contraincendios.
- Colector contraincendios.
- Mangueras y extintores.

- Sistemas de detección de incendios generales.
- Sistemas de detección de incendios para la cámara de máquinas.
- Sistemas contraincendios para cámara de máquinas (CO2 y agua nebulizada).

De forma general, se encontrará un sistema fijo de detección de incendios y de alarma contraincendios en la superestructura, que detecte la presencia de humo y vaya provisto de avisadores en los pasillos, escaleras y vías de evacuación.

Para la cámara de máquinas, existirá un sistema fijo de detección de incendios con alarmas acústicas y ópticas de forma que todo el mundo pueda verlas sin ningún problema. Existirán indicadores en el puente para avisar del posible incendio.

Instalación eléctrica principal

El buque dispondrá de 2 instalaciones eléctricas en corriente alterna trifásica a 50 Hz, una para servicios durante la operación normal del buque y otra de emergencia.

Los grupos generadores se encargarán del suministro de energía eléctrica a todos los equipos del buque, así como de la transferencia de electricidad a otros buques mientras duren las actividades de *bunkering* y de carga y descarga. Podrán ser regulados de forma manual, pero también contarán con regulación automática. El cuadro eléctrico principal irá situado en la cámara de control de la cámara de máquinas.

Los alternadores serán de tipo marino, estando protegidos contra atmósferas salinas, goteos y cualquier otro tipo de posibles consecuencias negativas propias de estos ambientes.

Cables

Se soportarán de forma adecuada, realizando todos los pasos necesarios para el cruce de los mismos por los mamparos.

Estarán formados por lo general por varios hilos de cobre, aislamiento de etileno y cubierta exterior adecuada. Se dispondrán cables armados donde se requiera.

Redes de alumbrado

En las zonas exteriores, pañoles sometidos a cualquier tipo de humedad o cámara de máquinas la red de alumbrado estará protegida contra estas atmósferas mediante estanqueidad.

La cubierta principal estará alumbrada con medios eficaces, como pueden ser los proyectores de vapor de mercurio.

El alumbrado en las zonas no peligrosas ni con atmósferas húmedas utilizara medios no estancos. En estos lugares se dispondrá de medios fluorescente, sin utilizarse alumbrado de tipo incandescente.

En la zona de habilitación, independientemente del tipo de camarote, se dispondrá el alumbrado necesario para el confort de los tripulantes.

Luces de navegación y señales

Todo el sistema de alumbrado de navegación y de señales tendrá que cumplir con lo estipulado en el Reglamento Internacional de Prevención de Abordajes (COLREG).

Baterías

En un local adecuado para ello, se hallarán una serie de baterías conectadas a los sistemas de alarma y emergencia principal. Estarán dispuestas de tal forma que puedan ser cargadas por los motores generadores principales.

Bombas GNL

Para realizar el trasvase de GNL desde el buque se dispone de dos bombas sumergidas ACD *Cryo* externas a los tanques (en caso de fallo de bombas, se dispone de *Pressure Build-Up* para poder realizar el trasvase del GNL por diferencia de presión).

Cada tanque dispone de su propia bomba sumergida para realizar el trasvase del GNL. Cada bomba dispondrá de un variador de frecuencia con un total de caudal de suministro posible de 125 m³/h a 9 bar y SG = 0,5 t/m³.

El caudal total de suministro máximo admisible debido a la configuración de las líneas de carga será de 250 m³/h.

Con el fin de poder mantener la presión del tanque suficientemente elevada, para evitar efectos indeseables de cavitación durante el funcionamiento normal de las bombas, el buque dispone de dos intercambiadores de puesta en regulación de presión del tanque. El gas obtenido a la salida del intercambiador es un gas frío a unos -100°C.

Instrumentación y sistemas de control

El buque dispone de un caudalímetro con un ratio de funcionamiento entre 15 m³/h-300m³/h. Este instrumento de medida para el caudal se basa en el principio de medida de los caudalímetros másicos Coriolis.

Los tanques disponen de la siguiente instrumentación:

- 2 controles de nivel y 2 controles de presión con tuberías independientes de líquido y gas conectadas al tanque.
- 1 nivel de radar.
- 2 señales de nivel (una de máximo nivel y otra de nivel del 95%).
- Sensores de temperatura.

Sistema de control

El equipo y sistema de control administra todo el sistema de carga del GNL y el control del sistema de purga de Nitrógeno.

El buque dispone de un sistema integrado de automatización (IAS).

Se dispone de un sistema centralizado computarizado para el control de la instalación de carga en la estación de control (CCS).

El sistema de carga es exclusivo para la instalación de GNL e independiente del sistema de control del resto de la planta del buque y consiste en:

Un sistema para el control de carga (caudalímetro).

Dos sistemas de control, uno para cada tanque, que control todas las operaciones: el adecuado transporte del GNL durante la navegación, la descarga y carga a otros tanques.

El control de seguridad y sistema de emergencia estarán cableados independientemente de cualquier sistema computarizado.

Se habilitará una conexión remota de válvula de paro de emergencia en cada una de las mangueras de conexión.

Las mangueras de conexión están diseñadas acordes a las recomendaciones de SIGTTO y serán adecuadas para soportar las tensiones de *manifolds* de carga.

14.4 Maquinaria auxiliar de cubierta

Al carecer de medios de propulsión propia, este buque tampoco contará con equipos de gobierno en cubierta, siendo las únicas labores de la tripulación realizar las labores de *bunkering* y *cold ironing*, así como vigilar su correcta realización.

14.5 Instalación propulsora

Carece de instalación propulsora, debiendo ser remolcada o empujada por una embarcación auxiliar.

14.6 Maquinaria auxiliar de cámara de máquinas

Servicios del generador principal

Todas las bombas y restantes aparatos correspondientes a los servicios del generador principal serán de las características que fije el fabricante de dicho motor. Su distribución en la cámara de máquinas se hará de tal manera que quede espacio para facilitar el manejo, mantenimiento y desmontaje de dichos aparatos y máquinas, así como de las tuberías y conducciones eléctricas. Cada máquina o aparato será suministrado con el correspondiente juego de herramientas especiales y con las piezas de respeto recomendadas por el fabricante.

Sistema de gas inerte

Para proporcionar protección contra el fuego y/o explosión en los tanques de carga se ha de disponer de un dispositivo fijo de tuberías que introduzca de manera regulada gas inerte (pobre en oxígeno) en cada tanque de carga, reduciendo así el contenido de oxígeno y transformando la atmósfera de éste en “no inflamable”.

Servicios de lastre

El buque dispondrá de diversos tanques de lastre, siendo los principales los del doble fondo y los de *cofferdam* separadores de los tanques de carga.

Se dispondrá de aspiraciones suficientes para la aspiración del líquido y para cumplir con lo prescrito por las normas aplicables.

El correcto dimensionamiento de la capacidad de nuestro sistema de lastre es de gran importancia en el caso de nuestro buque, ya que las operaciones de bunkering realizadas en alta mar requieren, por razones obvias, una gran versatilidad de calados y condiciones de carga.

Sentina

El achique normal de sentina será realizado mediante electrobombas de sentina. Al colector principal de sentina se conectará la bomba del separador. Esta bomba aspirará del tanque de aguas aceitosas y su descarga al mar contará con un equipo de medición del contenido de hidrocarburos, cortando la descarga al mar para un contenido mayor al de 15ppm, como indica el convenio MARPOL. Los hidrocarburos se mantendrán en un tanque y se realizará su descarga cuando sea necesaria en puerto, para su recogida por parte de firmas certificadas para ello.

Pisos, tecles y escaleras en cámara de máquinas

Los pisos de cámara de máquinas serán de chapa estriada, antideslizante, de aluminio y se apoyarán sobre una estructura de ángulos de soporte. Éstos podrán ser soldados o atornillados, dependiendo de su situación en la cámara de máquinas.

Los tecles en cámara de máquinas serán de chapa estriada, de aluminio.

Las escalas y escaleras serán soldadas y se atornillarán en sus extremos. Se procurará que su pendiente no exceda de 50°.

Instalaciones y servicios sanitarios

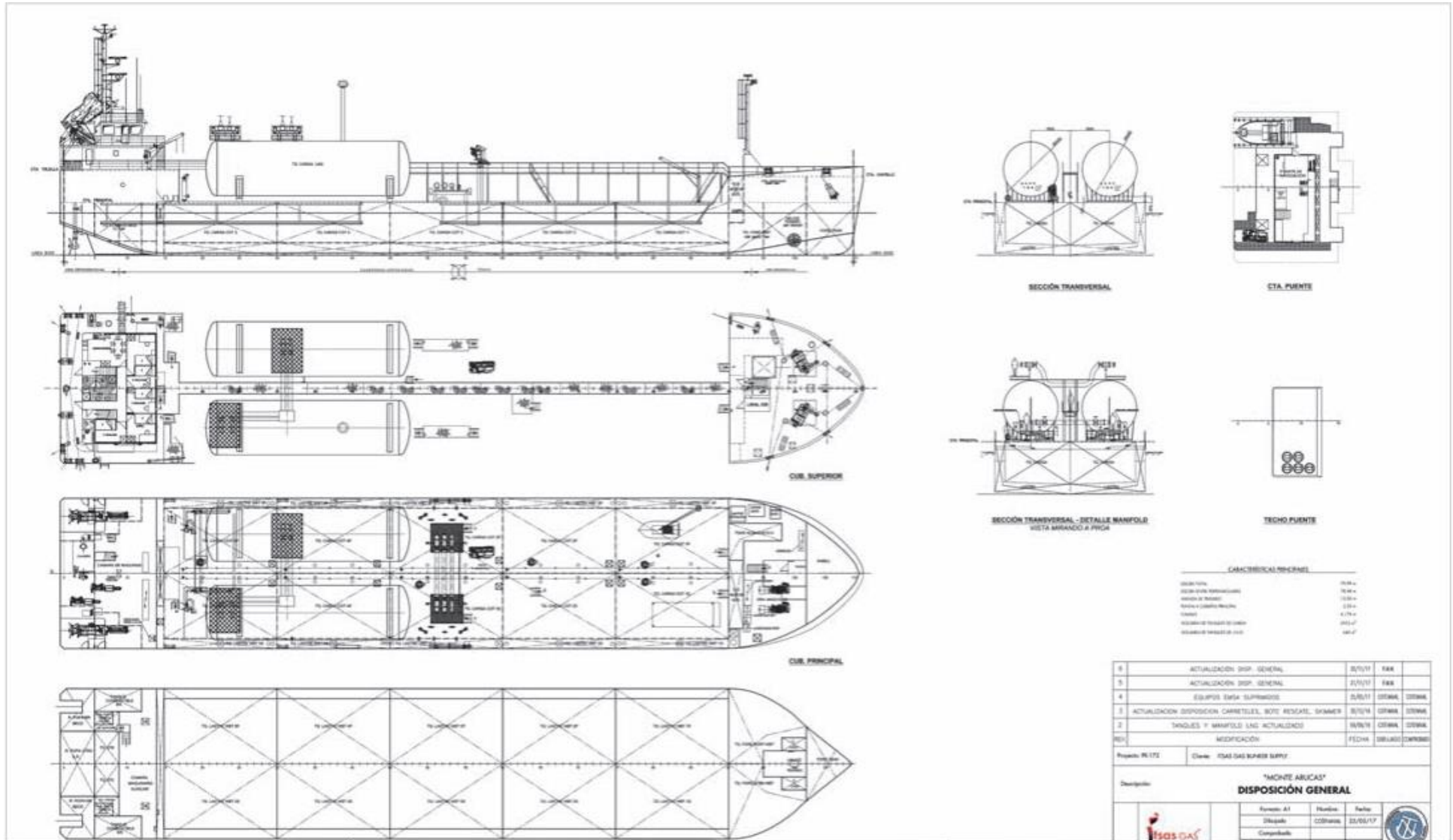
Para los inodoros y lavabos se utilizará agua dulce. Habrá un calentador provisto con termostato. Las descargas de los inodoros y las de los lavabos se centralizarán en una planta séptica

14.7 Cargos y respetos

Todos los cargos del buque serán suministro del Armador. Los respetos reglamentarios y herramientas de las instalaciones suministradas por el Constructor, serán suministrados por el mismo.

15 DISPOSICIÓN GENERAL

En esta fase conceptual del proyecto, al carecer de las formas y dimensiones definitivas de nuestro buque, hemos decidido seleccionar como ejemplo a seguir la disposición general del OIZMENDI, que, a pesar de ser de mayor tamaño y poseer propulsión propia, es el más similar al buque del proyecto dentro de los de la base de datos.



16 BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Autor: Alea Díez y M. A. Tutor: Mateo Larscoz, «Trabajo Fin de Grado: Operativas de remolque marítimo,» Ingeniería Marítima. ETS Náutica. Universidad de Cantabria., Santander, Junio 2015.
- [2] J. M. Autor: Pérez Canosa y S. Tutor y Director: Iglesias Baniela, «Tesis Doctoral: El remolque de escolta, propuesta fundamentada hacia la necesidad de la implementación de un remolcador versátil en el puerto exterior de La Coruña.,» Programa de Doutoramento en Enerxía e Propulsión Mariña. Universidade da Coruña., A Coruña, Julio 2017.
- [3] P. Douglas M. Wolff, «The Articled Tug-Barge,» Elliott Bay Design Group, Ltd., 2004.
- [4] B. Parker, «Informe de ATB 2020 de Marine News,» Marine News, 25 Febrero 2020.
- [5] V. Abad Soto, «Resumen del VI Congreso de Gasnam,» *Ingeniería Naval*, nº 969, pp. 54-61, Mayo 2018.
- [6] D. G.-M. Wursig y P. Jorge, «El GNL como combustible alternativo para el Short Sea Shipping,» DNV GL, Octubre 2012.
- [7] F. Autor: De Manuel López, G. Directores: Polo Sánchez y D. Díaz Gutierrez, «Tesis Doctoral: Evaluación de las Consecuencias de la Nueva Regulación de la OMI sobre Combustibles Marinos,» Departamento de Arquitectura, Construcción, Sistemas Oceánicos y Navales. ETSIN UPM., Madrid, Septiembre 2015.
- [8] F. García Iglesias, «El suministro de energía eléctrica a buques desde Centrales de Generación con GNL para mejorar la Huella Ecológica en Puertos,» ETSIN UPM , Madrid, 2017.
- [9] Grupo de Investigación del Transporte Marítimo de la Fundación de la Universidad de Oviedo, «Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por barco.,» Monografías EnerTrans, Oviedo, 2008.
- [10] Royal Institution of Naval Architects (RINA), *Small Significant Ships of 2018*, London, UK: Royal Institution of Naval Architects, 2018.
- [11] F. Junco Ocampo, «Selección de configuración: Dimensiones y coeficientes,» de *Proyectos de Buques y Artefactos*, Ferrol, Ingeniería Naval y Oceánica. Escola Politécnica Superior. Universidade da Coruña..
- [12] DNV GL, «Pt. 1: General Regulations; Ch. 2: Class notations,» de *Rules for Classification of Ships*, DNV GL, July 2017.
- [13] F. Junco Ocampo, «Criterios de Evaluación Técnica y Económica del Proyecto de un Buque.,» de *Proyectos de Buques y Artefactos.*, Ferrol, Ingeniería Naval y Oceánica. Escola Politécnica Superior. Universidade da Coruña..
- [14] J. D'Almeida, *Arquitectura Naval. O Dimensionamiento do Navio.*, Lisboa: Prime Books, 2009.

- [15] J. Holtrop y G. Mennen, «An Approximate Power Prediction Method,»
International ShipBuilding Progress, vol. 29, nº 335, pp. 166-170, 1982.

Sitios Web

<https://www.veristar.com/portal/veristarinfo/generalinfo/registers/seaGoingShips>

<https://www.classnk.or.jp/register/regships/regships.aspx>

<http://www.crowley.com/what-we-do/petroleum-and-chemical-transportation/articulated-tug-barges-atbs/>

<https://products.damen.com/en/clusters/push-boat>

<https://www.seaplace.es/ship-design/Ing-bunkering-vessels/>

<https://www.repsol.com/en/products-and-services/trading/bunker/barge-guide/index.cshtml>

17 ANEXOS

OIZMENDI

M/T-LNG OIZMENDI

GENERAL
 Keel Laid / Puesta de quilla: 11 September 2008
 Delivery / Entrega: 7 July 2009
 Class / Clase: BUREAU VERITAS, + HULL, MACH ; OIL TANKER ESP – FLASH POINT > 60°C– Liquefied Gas Carrier, LNG Bunkering Ship; + UNRESTRICTED NAVIGATION; +AUT-UMS;

TONELAJE BRUTO	2036	GROSS TON
TONELAJE NETO	968	NET TON

PRINCIPAL DIMENSIONS / DIMENSIONES PRINCIPALES

Length (overall):	79.95 M	Eslora (total)
Length (between pp):	78.68 M	Eslora (entre prependiculars)
Breath (moulded):	15.00 M	Manga (de trazado)
Depth (moulded):	5.25 M	Puntal (de trazado)

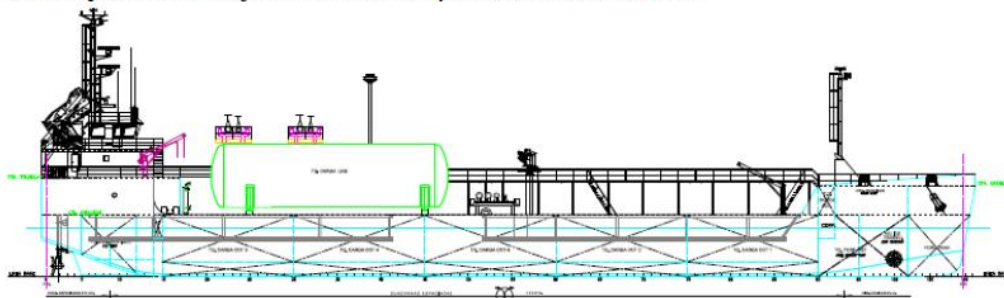
MACHINERY / MAQUINARIA
MAIN ENGINE / MOTOR PRINCIPAL:
 2 x Guascor SF-240TA-SP 1074 Kw 1800 r.p.m.
AUX. ENGINES/ GENERADORES AUXILIARES:
 2 x Deutz BF 6M 1013MC 147.6 Kw x 1500 r.p.m.
 2 x Guascor SF180TA SG 387.6 Kw x 1500 r.p.m.
AUX. BOILERS / CALDERAS AUXILIARES:
 1 x Gesab Göteborg thermal oil boiler Model TOH. Capacity 1800 Kw; Supply Temperature 200°C; Pressure: 7 bar thermal oil flow 84.3 m³/h

PUMPS
FUEL OIL CARGO PUMPS / Bombas de carga:
 3 x Electrical Driven Deepwell Hamworthy DL 132d/150.
 Capacity: 250 M³/h x 100 MWC
DIESEL OIL CARGO PUMPS / Bombas de carga para diesel Oil:
 2 x Electrical Driven Deepwell Hamworthy DL 100c/100.
 Capacity: 100 M³/h x 100 MWC

SHIP EQUIPMENT / EQUIPAMIENTO DEL BUQUE
 Hose handling Crane/ Grua de mangueras: 1 x FASSI Electro-Hydraulic incorporated with export hoses for F.O. & MGO, Model/Modelo: F275 A.2.28.
 Bow thruster/Helice de Proa: Baliño B5M-355-LB4; Diam. 1.30 M; 4 blades; Power 350 Kw.
 Propeller / Helice: Schottel 2 x 4 Blades, Rudderpropeller, variable pitch. Diameter: 1400 mm
 Anchor / Ancla 2 x Tipo HALL TYPE A; 2128 KG; Material: acero alta resistencia Q2; Carga de Rotura: 366 KN
 Windlass / Molinete: J&L Carral 2 unidades; Model CHA1/R/20/30 de 48 T – 15 mt/min
 Mooring Winch / Maquinillas: J&L Carral 2 unidades de 48 T – 15 mt/min.
 Meters/Contadores: FO Isoil Impianti Type LMB 3000 – 1500/15000 lt/min. D.O. Isoil Impianti Type LMB 1000 – 700/7000 lt/min



LNG BUNKERING EQUIPMENT / EQUIPO PARA SUMINISTRO LNG
 Two (2) parallel Type "C" LNG tanks of 250 m3 of capacity at 0,2 bar / Dos (2) tanques paralelos tipo "C" de 250 m3 de capacidad a 0,2 bar.
 LNG Pumps/Bombas GNL: 2 x ACD CRYO; Model: DCP 180-4,5 HE CFS, Capacity 125 m3/h each
 Mass Flowmeter LNG/Contador Masico GNL: Emerson Micromotion Model: CMF 400M/A, Flow Rate 500 T/hr.
 Manifold: Port & Stbd Manifold; Liquid & Vapour Lines of 6" ANSI 150
 Reducers/Reduccion: 4 of 6" to 4" cryogenic reducers and 1 x 4" to 3" cryogenic reducer
 LNG Hoses/Mangueras GNL: Gutteling Multi-LNG White STS composite hoses 2 x 4" - 20 mtrs length. and 2 x 4" - 10 mtrs length. Max Working Pressure 21 bar.
 Hose Connection/Conexión de mangueras: Through 4" Cryogenic breakaway and 4" Dry Cryogenic Coupling. Manntek ANSI 150
 Hose handling Crane/ Grua de mangueras: 2 x FASSI Electro-Hydraulic. Model/Modelo: F275 A.2.28.



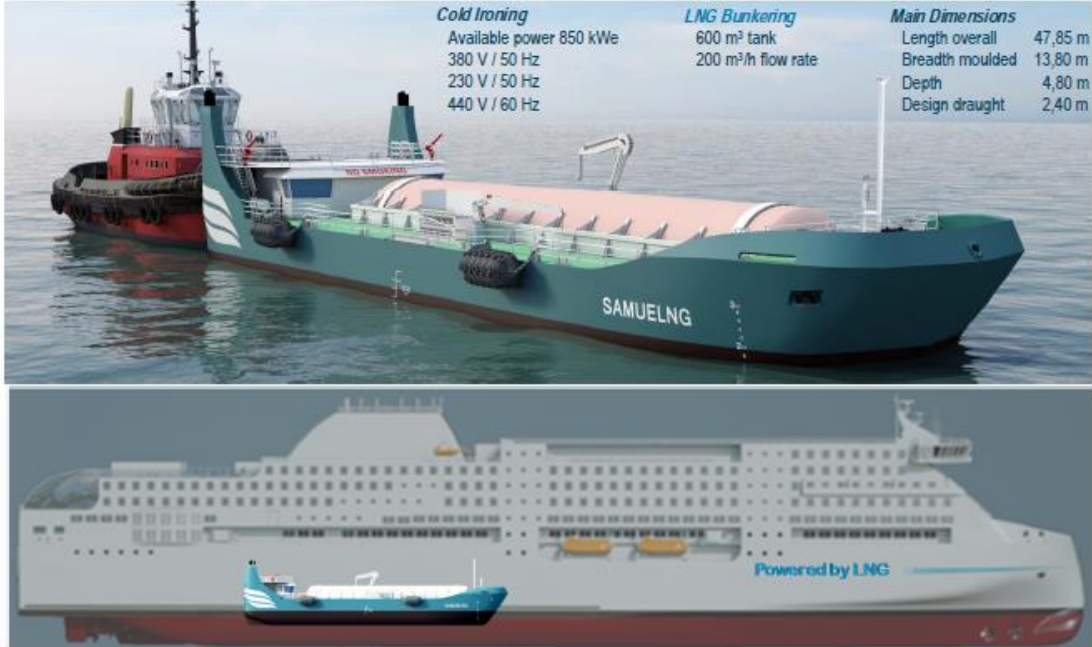
SamuelNG

SamuelNG for a blue Atlantic arch



Barge Design

Main Characteristics

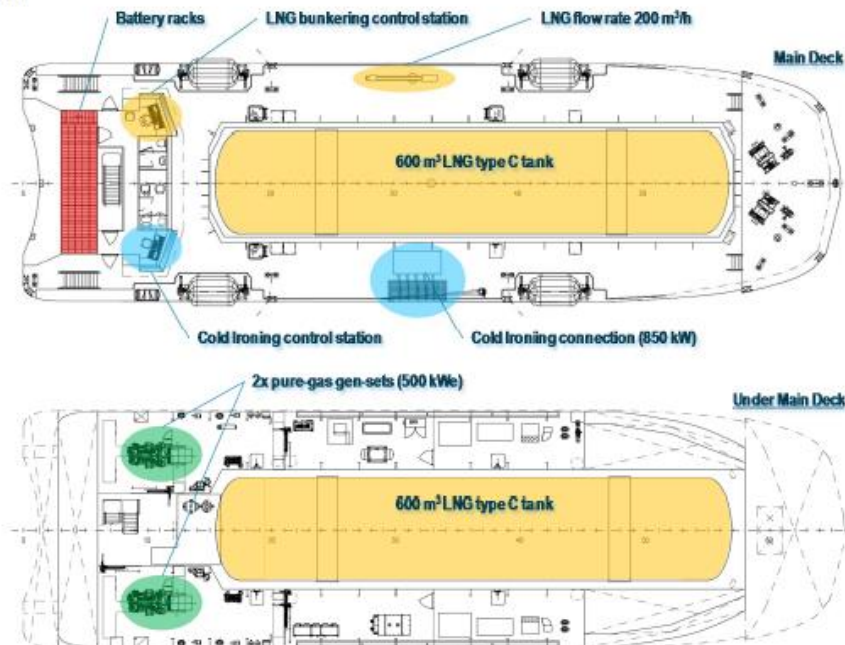


SamuelNG for a blue Atlantic arch



Barge Design

Decks Layout



GreenOIL



GREENOIL

BUNKERING TANKER OF 4600 DWT – Double Hull

TYPE OF SHIP: PRODUCT OIL TANKER

OWNER: SUARDIAZ S.L.

FLAG: SPAIN

DELIVERY: 2008

MAIN PARTICULARS

- Length o.a.: **7650 metres**
- Length p.p.: **73.25 metres**
- Breadth mld.: **17.00 metres**
- Depth mld.: **7.55 metres**
- Draught, design: **5.60 metres**
- Gross tonnage: **2.700 GT**

TANK CAPACITIES

- N. Cargo tanks (GO): **2**
- N. Cargo tanks (HFO): **8**
- Cap. Cargo tanks (GO): **520 m3**
- Cap. Cargo tanks (HFO): **4.050 m3**
- Slop tanks: **130 m3**
- Ballast tanks: **2.400 m3**
- Deadweight: **4.600 t**

CARGO EQUIPMENT

- GO Cargo pumps: **2 x 200 m³/h., 8 bar, deep well**
- HFO Cargo pumps: **4 x 500 m³/h., 8 bar, deep well**
- Cargo heating boiler: **1 x 560.000 Kcal/h, thermal oil**
- Hose handling crane: **1 x 1.5 t. at 16 m**

MACHINERY

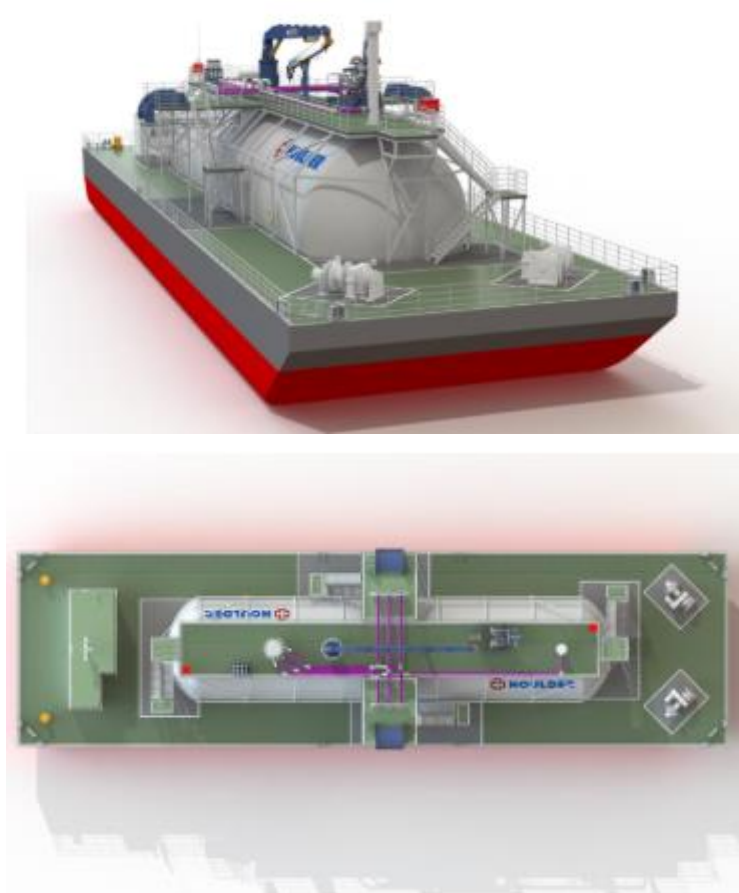
- Propulsion plan: **2 x 1156 kW / 1800 rpm**
- Propellers: **2**
- Azimuth Bow thruster: **1 x 300 kW**
- Shaft generators: **2 x 1000 kVA, 400 V, 50 Hz**
- Blending equipment Aux. Generators: **2 x 435 kVA, 400 V, 50 Hz**
- Emerg. Generator: **1 x 180 kVA, 400 V, 50 Hz**

RULES

Class: Lloyd's Register of shipping

Notation: +100 A1 Double Hull Oil Tanker ESP + LMC, CCS (Flash point above 60°C),
"Special Services/Bunkering Ship"

Houlder FSU



Diseñadas para dar servicio flexible a una variedad de embarcaciones receptoras, las barcazas Houlder FSU y FSRU proporcionan una velocidad de transferencia de GNL de 300m³ / hy la opción de almacenamiento MGO.

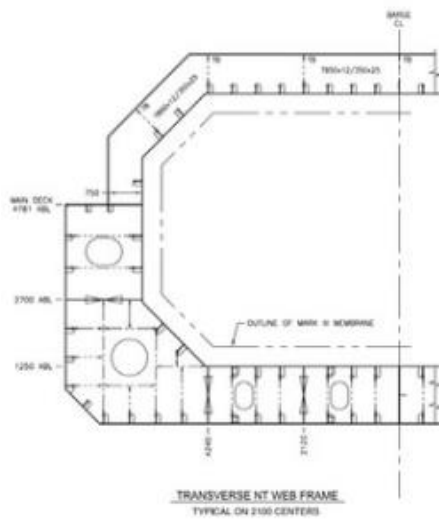
El diseño de la barcaza de 1500 metros cúbicos tiene las siguientes dimensiones principales.

- Longitud total 62.00
- Anchura (moldeada) 16.00m
- Profundidad 4.70m
- Calado 2.50m

Las barcazas FSU / FSRU de Houlder tienen capacidades de 1500 a 5,000 metros cúbicos. Están equipados con los siguientes equipos;

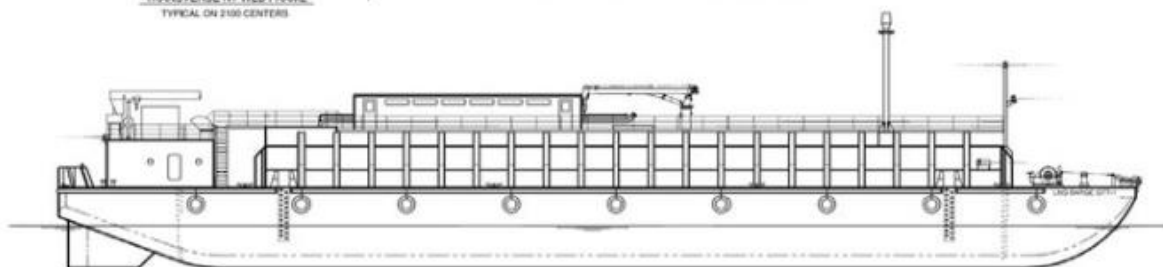
- Bombas de sentina aceitosas y tanque de almacenamiento
- Bomba contra incendios de agua de mar para combatir incendios
- Bomba Drencher
- Sistema de polvo seco para combatir incendios de GNL
- Bombas de lastre para controlar el ajuste y el tiro
- Botelleros de nitrógeno para líneas de purga

Clean Jacksonville



Vessel Description

- Double hull liquefied gas tank barge with a trunk deck, designed for “unmanned” operation in an inland waterway and near coastal service
- LNG cargo capacity: of 2,000 m³
- LNG containment: GTT Mark III membrane type tank
- LOA: 64.62 m
- Breadth: 14.79 m
- Depth: 4.78 m
- Design Operating Draft Loaded 2.5 m
- Design Operating Draft Loaded Light (with Heel) 1.7 m
- Limiting Air Draft 16.46 m



FS Camille



FS CAMILLE: Bunkering tanker with innovative propulsion

Shipbuilder.....Yardimci Shipyard
 Vessel's name.....**FS Camille**
 Owner/Operator.....**Fouquet Sacop Maritime/
 Eitzen Group**
 Country.....**French**
 Designer.....**Delta Marine Co**
 Country.....**Turkey**
 Flag.....**France**
 Total number of sister ships already completed.....**0**
 Total number of sister ships still on order.....**1**
 Contract date.....**-**
 Delivery date.....**2006**

F Camille, built by Yardimci Shipyard for Fouquet Sacop Maritime, of France, is a single decked ship with double bottom and double sides, specially designed for bunkering and ship-to-ship transfer operations. Designed by the Istanbul-based consultancy, Delta Marine, the vessel is able to carry petroleum products with flash point above 60°C, with the specific gravity no more than 1030t/m³ at 75°C. Another sister of the vessel is being built in the same shipyard for Yardimci Gemi Insa AS.

FS Camille has eight cargo tanks in total and one slop tank integrated in the cargo area. Six of the cargo tanks, dedicated for carriage of HFO, are separated from the other two cargo tanks, carrying DO, by the slop tank. A pair of cargo tanks are divided by a horizontally corrugated longitudinal CL bulkhead, while vertically corrugated bulkheads have been used for separation in transverse direction.

No steel structure is facing into the cargo tanks except for the deck framing and two web frames on the longitudinal bulkhead. The pipe tunnel, located between ballast tanks and along the cargo area, ensures the ballast valves keep dry.

The cargo discharge system is based around two different types of cargo pumps. Two Bornemann electrically-driven, twin screw pumps, with a capacity of 400m³/h and located in a separate pump room, are dedicated to serve for HFO tanks. Two Marflex, electrically-driven, deepwell pumps are able to discharge DO with a rate of 80m³/h. The slop tank in the middle of HFO and DO tanks is fitted with a 50m³/h rated, electrically-driven, screw pump.

This specialised tanker has been built with two engine rooms, separated with a full A60 steel bulkhead, and thus complies with the related

notation of classification society Det Norske Veritas. To increase the environmental protection and vessel safety, the fuel tanks in the engine room are double hulled, and the construction of the skeg between azimuth thrusters improves the course keeping.

One of the most important features of FS Camille is the innovative propulsion system consisting of two azimuth thrusters directly driven from two medium-speed diesel engines. The main engines, each with a capacity of 1080kW, are supplied by Wärtsilä, who with Lips, also provide the azimuth thrusters, with a speed of 352rev/min.

The vessel is fitted with one auxiliary diesel generator of 500kW at 1500rev/min and one emergency diesel generator with an output of 320kW at 1500rev/min. Heating of cargo and domestic services is generated by two pieces of thermal oil heaters and economisers.

The hull form of FS Camille, has minimal resistance from wave and friction, through extensive powering tests carried out in the Bulgarian Ship Hydrodynamics Centre, in Varna, and CFD analyses carried out by Mesh Engineering Co. Good course keeping is a significant feature of the vessel and the fitting of azimuth thrusters, and a bow thruster, of 300kW, increases the manoeuvring capability.

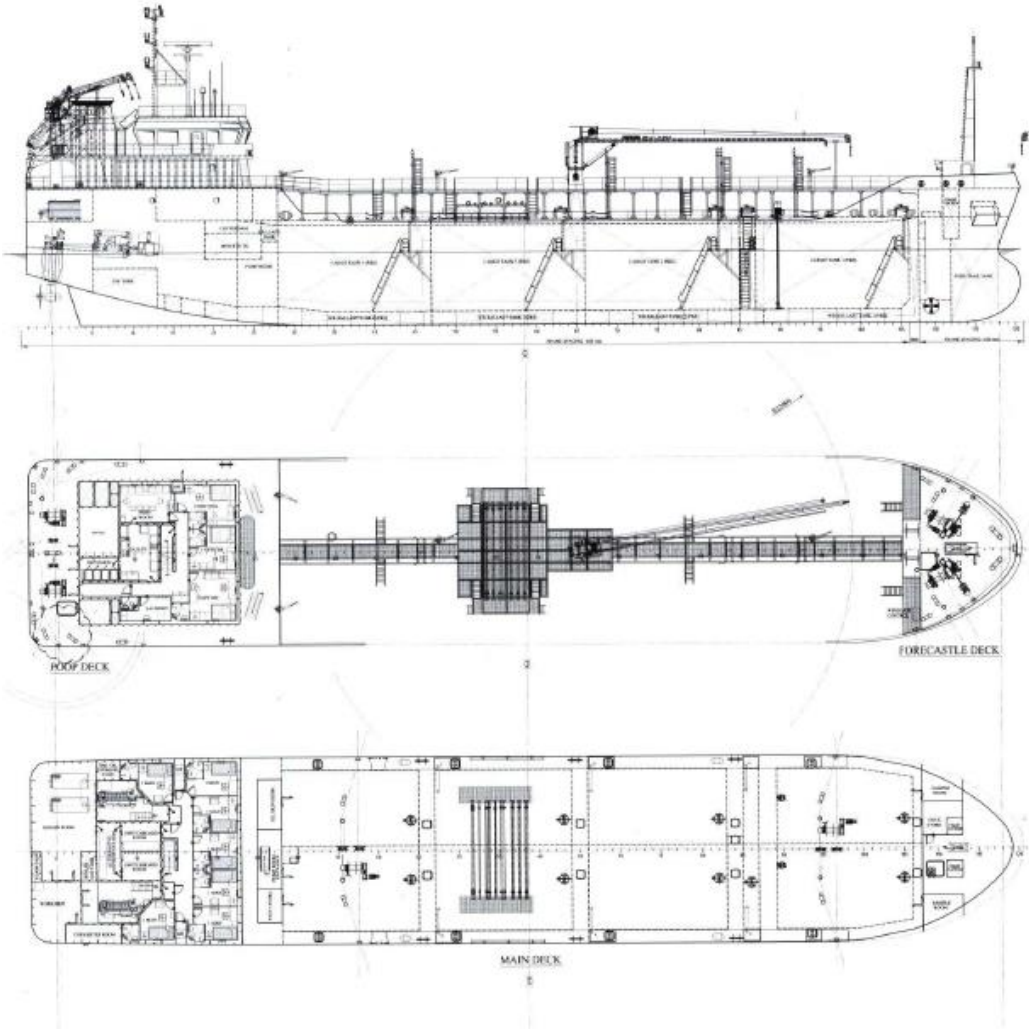
A cargo handling crane has 22m of outreach, which enables the vessel to provide ship-to-ship transfer operation. All controls of engine operations and main engines start-up are managed from an engine console in the wheelhouse. Two freestanding funnels at port and starboard sides of the superstructure are also fitted.

The accommodation area is located in the aft of the ship, and is divided into two decks and a wheelhouse deck. The total complement is arranged for 10 people - that is three officers and seven crew - and cabins with private facilities are provided.

PRINCIPAL PARTICULARS

Length oa.....79.90m
 Length bp.....76.10m
 Breadth moulded.....15.00m
 Depth moulded
 to main deck.....8.00m
 to upper deck.....11.00m

Width of double skin
 Side.....1.075m
 Bottom.....1.100m
 Draught scantling.....6.00m
 Gross tonnage.....2747tonnes
 Displacement.....5668tonnes
 Lightweight.....1654tonnes
 Deadweight
 Design.....3900tonnes
 Scantling.....4015tonnes
 Speed, service.....11knots at 85% MCR
 Water ballast.....1819m³
 Daily fuel consumption.....Main engine: 9.2tonnes/day
 Classification society and Notations.....Det Norske
 Veritas + 1A1 Tanker for oil products, ESP, EO, RP,
 CLEAN, TMON, CCO
 Main engines
 Design.....Wärtsilä
 Model.....6L20
 Manufacturer.....Wärtsilä
 Number.....2
 Type of fuel.....MDO
 Output of each engine.....1080kW at 1000rev/min
 Azimuth thrusters
 Make.....Wärtsilä/Lips
 Model.....LCT CS175-S/WO-K
 Manufacturer.....Wärtsilä
 Number.....2
 Thruster input.....1080kW at 1000rev/min
 Propellers
 Material.....NIA/Br
 Designer/Manufacturer.....Wärtsilä/Lips
 Number.....2
 Pitch.....Controllable
 Diameter.....2.0m
 Speed.....352rev/min
 Alternator make/type.....AvK/DSG 62ML2-4 W
 Output/speed of each set.....400V
 Bow thrusters
 Make.....Schottel
 Number.....1
 Output.....300kW
 Special lifesaving equipment
 Make.....GEPA
 Type.....12 person lifeboat
 Complement
 Officers.....3
 Crew.....7
 Cabins.....1 pilot/owner room



PetroBay



AÑO	2004
GT	1704
ESLORA	66
PUNTAL	6
CALADO	5
MANGA	15
IMO	9301172
VELOCIDAD	
CAPACIDAD	2570

PetroMar



AÑO	
GT	
ESLORA	75
PUNTAL	7,3
CALADO	
MANGA	13,5
IMO	9513127
VELOCIDAD	
CAPACIDAD	2762

SpaBunker 60



AÑO	
GT	3290
ESLORA	63,99
PUNTAL	7,6
CALADO	
MANGA	16,25
IMO	9416874
VELOCIDAD	11
CAPACIDAD	2544

SpaBunker 40



AÑO	
GT	4000
ESLORA	73,13
PUNTAL	7,6
CALADO	
MANGA	16,25
IMO	9416886
VELOCIDAD	12
CAPACIDAD	3478

SpaBunker 41



AÑO	
GT	4100
ESLORA	72,1
PUNTAL	6,8
CALADO	
MANGA	16
IMO	9127382
VELOCIDAD	5
CAPACIDAD	3772

Bahía Uno



MAIN PARTICULARS

Tanker Ship for bunkering of IFO and MDO specialized in oil recovery and polluting agents, according to DGMM and BUREAU VERITAS certificates. At present contracted by EMSA.

Built	2004
Flag	Spanish
IMO number:	9312274
Call sign:	ECFT
Gross tonnage, GT.	2.201
Net tonnage, NT.	1.110
Dead weight	3.802
C.C. Summer about	3.700 MT
Length overall	66,29 m
Beam	15,60 m
Depth	7,75 m
Draft about	5,80 m
Air draft in ballast aft	27,30 m
Bow Thruster Power:	390Kw

CLASSIFICATION

I + HULL + MACH + AUT-UMS
Oil Tanker ESP - flash point above 60°C
Special service / Oil Recovery
Ship - flash point above 60°C Costa Area
2 Azimutals Propellers HRP and Bowthruster

CARGO TANKS

10 TANKS
8 Fuel-oil tanks
3.200 MT of capacity.
DOBLE HULL
Pumping Capacity
3 x 500 MT of fuel-oil
2 x 250 MT of gas-oil

Erregaia



1. VESSEL DESCRIPTION	
1.1	Date updated: 20/10/2016
1.2	Vessel's name: ERREGAIA
1.3	IMO number: 91296663
1.4	Vessel's previous name(s) and date(s) of change: CELACHE UNO/01/10/2008
1.5	Date delivered: 1/10/2008
1.6	Builder (where built): BILBAO
1.7	Flag: ESPAÑA
1.8	Port of Registry: BILBAO
1.9	Call sign: EALX
1.10	Vessel's satcom phone number:
	Vessel's fax number:
	Vessel's telex number:
	Vessel's email address: Erregaia@batsl.net
1.11	Type of vessel: BUNKER BARGE
1.12	Type of hull: DOBLE HULL
Classification	
1.13	Classification society: BUREAU VERITAS
1.14	Class notation: OIL TANKER ESP-FLASH POINT>60°C SPECIAL SERVICE/B
1.30	Bow to Center Manifold (BCM) / Stern to Center Manifold (SCM): 16.50 24.40
1.31	Distance bridge front to center of manifold: 6.00
1.32	Parallel body distances: Lightship
	Forward to mid-point manifold: 24.00
	Aft to mid-point manifold: 15.26
	Parallel body length: 39.26
1.33	FWA at summer draft / TPC immersion at summer draft: 4.24
1.34	What is the max height of mast above waterline (air draft) 15.65
	Lightship: 15.00
	Normal ballast: 14.30
	At loaded summer deadweight: 11.15

Bunker Breeze



El petrolero español “Bunker Breeze”, el buque más moderno para el suministro de bunkering de la Marina mercante española, ha llegado a Algeciras, el que será su base de operaciones y lo ha hecho sin los cuatro tanques de que dispondrá para el suministro de gas natural licuado (GNL). En total, tendrá capacidad para 1.200 metros cúbicos y, según se ha informado, la instalación sobre cubierta se realizará en breve.

De nuevo, el grupo naviero asturiano Suardiáz se sitúa a la vanguardia en este tipo de servicios, como ya lo hizo en su día con otras dos embarcaciones posicionadas en el puerto de Barcelona. Construido en el astillero Zamakona, Santurce (Vizcaya), fue entregado el pasado 25 de octubre a Suardiáz Energy Shipping y está fletado a largo plazo a CEPSA. Es un buque de 5.250 toneladas de peso muerto, en un casco de 86 m de eslora, 17 m de manga y 7,55 m de puntal y tiene propulsión diésel convencional.

Está compartimentado en diez tanques de carga: cuatro tienen una segregación de fuel pesado con capacidad de 2.030 metros cúbicos; una segunda segregación, también para fuel pesado e igual capacidad, ha sido pensada para un cambio fácil a diésel para adaptarse a las nuevas regulaciones de azufre en 2020. Otros dos tanques son para diésel con una capacidad de mil metros cúbicos, así como un tanque slop de 200 metros cúbicos y los cuatro tanques sobre cubierta para gas natural licuado.

Clasificado por Bureau Veritas, la construcción de este buque forma parte del proyecto Core LNGas Hive, seleccionada y apoyada por la Comisión Europea, cuyo objetivo consiste en desarrollar una cadena logística de GNL que permita impulsar su utilización como combustible para el transporte, especialmente el marítimo. Liderado por Puertos del Estado y coordinado por Enagás, cuenta con 42 socios de España y Portugal, entre los que se encuentran Suardiáz y CEPSA.

Florence B



Número IMO	9406984
MMSI	228292700
Nombre del barco	FLORENCIA B
Tipo de buque	Químico / Petrolero
Estado operativo	Activo
Bandera	Francia
Arqueo bruto	2158 toneladas
Peso muerto	3536 toneladas
Longitud	89 m
Amplitud	13 m
Año de construcción	2008
Constructor	VARD BRAILA - BRAILA, RUMANIA
Sociedad de clasificación	BUREAU VERITAS