



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2020/2021

BULKCARRIER 100 000 TPM

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Sofía Fraga Ludeiro

TUTORAS/ES

Marcos Míguez González

FECHA

Julio 2021



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/2021**

BULKCARRIER 100 000 TPM

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 13

PRESUPUESTO

1 RESUMEN

1.1 Castellano

En este cuaderno se procede a elaborar un primer presupuesto de los diferentes elementos que forman parte del buque proyecto y los gastos que estos generan. Además, se hace una pequeña comparación del coste obtenido con los precios actuales de mercado.

1.2 Gallego

Neste caderno procedese a elaborar un primer presuposto dos diferentes elementos que forman parte do buque proxecto e os gastos que estes xeran. Ademáis faise una pequena comparación dos costes obtidos cos precios reais de mercado.

1.3 Inglés

In this notebook it will be elaborated a firts budget aproximation from the different elements that are part of the project ship and the expenses they generate. In addition, a small comparison is made of the cost obtained compared to the current market price.



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2020-2021

PROYECTO NÚMERO

TIPO DE BUQUE: Bulkcarrier

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS y MARPOL

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 100 000 T.P.M Grano/ mineral

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos en servicio al 85% MCR +15% y 15.000 millas a la velocidad de servicio

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Escotillas de accionamiento hidráulico

PROPULSIÓN: Motor dual diésel y gas con hélice de paso fijo

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 13 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

Lo habitual en este tipo de buques

Ferrol, 2 Octubre 2020

ALUMNO/A: **D^a SOFÍA FRAGA LUDEIRO**

Índice

1 Resumen	3
1.1 Castellano.....	3
1.2 Gallego	3
1.3 Inglés.....	3
2 Introducción	7
3 Presupuesto del Proyecto	8
3.1 Coste de los Equipos y Materiales	8
3.1.1 Casco	8
3.1.2 Tabla Resumen Costes Casco	11
3.1.3 Equipo, Armamento e instalaciones.....	11
3.1.4 Resumen de Equipo Armamento e instalaciones.....	16
3.1.5 Maquinaria.....	17
3.1.6 Resumen Maquinaria.....	18
3.1.7 Instalación propulsora.....	18
3.1.8 Resumen Instalación Propulsora	19
3.1.9 Maquinaria auxiliar de propulsora	19
3.1.10 Resumen Maquinaria Auxiliar Propulsora	20
3.1.11 Instalaciones especiales	21
3.1.12 Resumen Instalaciones especiales	21
3.1.13 Resumen Total Partidas	21
3.2 Mano de Obra.....	21
3.2.1 Casco	22
3.2.2 Resumen Mano de obra Casco	23
3.2.3 Equipo de Armamento e instalaciones.....	23
3.2.4 Resumen Mano de obra de Equipo de Armamento e Instalaciones	24
3.2.5 Maquinaria auxiliar	25
3.2.6 Resumen mano de obra de Maquinaria Auxiliar.....	25
3.2.7 Instalación del propulsor	25
3.2.8 Resumen de la mano de obra de la Instalación del Propulsor.....	25
3.2.9 Maquinaria Auxiliar de Propulsión.....	26
3.2.10 Resumen de mano de obra de Maquinaria auxiliar de propulsión.....	27
3.2.11 Resumen total partida mano de obra	27
3.3 Costes Totales.....	27
3.3.1 Costes de Construcción.....	27
3.3.2 Coste de aplicación	28

4 Comparativa costes del mercado actual.....29

2 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se calculará el presupuesto para el buque proyecto.

La mayor dificultad que se prevé encontrar en este cuaderno es la imposibilidad de traducir en dinero todos y cada uno de los componentes del buque a proyectar, debido entre otras cosas al grado de inflación a lo largo de su construcción, así como el hecho de que se ha hecho una aproximación para muchas de las partes del proyecto que podrán al final considerarse un error significativo y que difiera del costo real.

El buque a proyectar tiene las siguientes características:

Parámetros de forma del buque	
Eslora entre Perpendiculares	241 m
Manga	38 m
Calado	15,15 m
Puntal	21 m
Desplazamiento (Δ)	119786 t
Superficie Mojada	14483,269 m ²
Coefficiente de Bloque	0,838
Coefficiente Prismático	0,845
Coefficiente de la Maestra	0,996
Coefficiente de Flotación	0,908
Velocidad	15 nudos
Semi ángulo de entrada	36°
Potencia al 85 % MCR	20291,8 Kw
RPM	87 rpm

3 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Se puede desglosar el coste de construcción en las siguientes partidas:

- Equipos y materiales
- Mano de obra
- Beneficio Industrial
- Gastos generales del Armador

Durante este trabajo en caso de que no se conozca el precio real o una aproximación de la partida, se utilizarán formas empíricas para su deducción.

3.1 Coste de los Equipos y Materiales

3.1.1 Casco

El casco está formado a su vez por :

3.1.1.1 Acero Laminado

Como primera aproximación para el acero del casco se supondrá que el peso bruto del acero es igual al neto multiplicado por un factor (entre 1,12 y 1,15) que tiene en cuenta recortes, excesos entre otros.

$$P_{neto} * factor = P_{bruto}$$

$$P_{bruto} = 1,12 * 15750,87 = \mathbf{17640,97 t}$$

Donde,

- El peso neto es aquel hallado en el Cuaderno 2 y cuyo valor se recuerda, 15750,87 t
- Se escoge el factor 1,12 debido a que ya habrá una sobredimensión en las toneladas del acero al haberlas obtenido de forma empírica.

Si se considera el precio unitario del acero, según "BRS groups" que hizo un estudio de la fluctuación del precio de acero de la chapa naval en 2008 que rondaba 700\$/t, que equivale a [600€/ t], es el valor que se utilizará para este estudio, al ser el dato más reciente conocido.

$$Precio\ acero = \frac{600\text{€}}{t} * 17640,97 = 10584584,64 \text{ €} = \mathbf{10,584 M\text{€}}$$

3.1.1.2 Resto de materiales de acero

Las siguientes fórmulas se han obtenido del libro de referencia mencionado al principio de este apartado.

1. Piezas fundidas y forjada

Su costo se estima mediante la siguiente fórmula

$$C_{pff} = 4 * L * T = 14604,6\text{€}$$

Donde,

- L es la eslora del buque, 241 m.
- T es el calado en m, 15,15 m.

2. Timón y accesorios

El coste se estima en función de las dimensiones del timón tal que;

$$C_{timón} = 40 * L_{timón}^2 * H_{timón} = 14758,78€$$

Donde,

- $L_{timón}$ ha sido obtenido del Cuaderno 6 y tiene un valor de 6,438 m
- $H_{timón}$ ha sido obtenido del Cuaderno 6 y tiene un valor de 8,9 m

3. Materiales auxiliares de la construcción del casco

El coste del material se estima en 50€/t

$$C_{acero} = 50 * Peso\ acero = 787\ 543,5\ €$$

Donde,

- Peso del acero ya se ha comentado con anterioridad que tiene un valor de 15750, 87 t.

4. Preparación de superficies

El coste de la preparación de superficie puede estimarse en función de la superficie a tratar.

Los costes de esta preparación varían entre:

- Superficie interna: Imprimación 2€/m². Granallado 15€/m²
- Superficie externa: Imprimación 2€/m². Granallado 8€/m²

El valor de la superficie externa se obtendrá mediante el programa Maxsurf, realizando el equilibrio a un calado superior al establecido para el buque a proyectar, el valor de la superficie mojada corresponderá a la superficie externa del casco.

En este caso se obtiene una superficie externa de 33954,353 m²

$$C_{prep\ superficie} = 33954,353 * (2 + 8) = 339\ 543,53€$$

5. Pintura y control de corrosión

La pintura, en sus diferentes aspectos, es decir si se refiere a la obra viva (parte exterior de la obra viva, parte exterior de la obra muerta e interior del casco) se considera como un coste por unidad de superficie y espesor de película.

Se distingue las siguientes partes,

-Pintura exterior, Obra viva:

$$C_{pintura\ obra\ viva} = S_{OV} \cdot (E_{ep} \cdot C_{ep} + E_{au} \cdot C_{au})$$

$$C_{pintura\ obra\ viva} = 60428,09\ €$$

Donde,

- S_{OV} : superficie de obra viva (14268,72 m²)
- E_{ep} : espesor de la pintura epoxy (225 micras)
- C_{ep} : coste de la pintura epoxy (0,011 €/m²·micra)
- E_{au} : espesor de la pintura autopulimentante (80 micras)
- C_{au} : coste de la pintura autopulimentante (0,022 €/m²·micra)

-Pintura exterior, Obra muerta:

Formada por una capa de epoxy y una capa de pintura de clorocaucho.

$$C_{pintura\ obra\ muerta} = S_{OM} \cdot (E_{ep} \cdot C_{ep} + E_{cl} \cdot C_{cl})$$

$$C_{pintura\ obra\ muerta} = 75592,81 \text{ €}$$

Donde

- S_{OM} : superficie de obra muerta (19685,63 m²)
- E_{ep} : espesor de la pintura epoxy (225 micras)
- C_{ep} : coste de la pintura epoxy (0,011 €/m²·micra)
- E_{cl} : espesor de la pintura de clorocaucho (105 micras)
- C_{cl} : coste de la pintura de clorocaucho (0,013 €/m²·micra)

- Superficie interior:

Se considera que la superficie interior está compuesta por una capa de pintura epoxy.

$$C_{pintura\ superficie\ interior} = S_i \cdot (E_{ep} \cdot C_{ep})$$

$$C_{pintura\ superficie\ interior} = 29879,81 \text{ €}$$

Donde,

- S_i : superficie interior (m²) equivale a la Superficie total m²
- E_{ep} : espesor de la pintura epoxy (80 micras)
- C_{ep} : coste de la pintura epoxy (0,011 €/m²·micra)

6. Pintura tuberías

Se estima mediante la siguiente fórmula empírica:

$$C_{pintura\ tuberias} = 0,18 \cdot (0,057 \cdot BHP + 0,18 \cdot L) \cdot K$$

$$C_{pintura\ tuberias} = 516,03 \text{ €}$$

Donde,

- L es la eslora de escantillonado, en metros 231,36 m
- K : extraído del libro de referencia 1,8 para la pintura convencional
- BHP : potencia del motor principal en HP

7. Galvanizado y cementado

Para este apartado se estimará que el galvanizado y cementado se puede aproximar como el 7,5% del coste de la pintura del casco, tanto interior como exterior.

$$C_{Galv\ y\ Cement} = 0,075 \cdot C_{TOTAL\ PINTADO}$$

8. Protección catódica

Nuevamente se aproxima este apartado como:

$$C_{pintura\ catódica} = 1,55 * S_m$$

Donde S_m es la superficie mojada del buque en m^2 , que equivale a 14268,72 m^2 .

3.1.2 Tabla Resumen Costes Casco

COSTES CASCO €	
Acero laminado	10584584,6 €
Piezas fundidas y forjadas	14604,6 €
Timón y accesorios	14758,7483 €
Materiales auxiliares	787543,5€
Preparación superficies	339543,53€
Pintura exterior obra viva	60428,0292€
Pintura exterior obra muerta	75592,8192€
S interior	29879,8104€
Pintura tuberías	516,031274€
Galvanizado y cementado	12481,2518€
Protección catódica	22116,516€
TOTAL €	11942049,5€
TOTAL M€	11,942M€

3.1.3 Equipo, Armamento e instalaciones

3.1.3.1 Equipo de fondeo, amarre y remolque

1. Ancla

Se hace la estimación en base a un coste unitario de 2500€/t.

$$C_{ancla} = 2500 \cdot N_{anclas} \cdot P_{anclas}$$

$$C_{ancla} = 49500€$$

2. Cadenas, cables y estachas

Se estima su costo en función de la siguiente ecuación:

$$C_{cce} = 0,15 * k * d^2 * L_{cadena}$$

$$C_{cce} = 2626,96€$$

Donde:

- K: es el coeficiente de acero de alta resistencia, que tiene un valor de 0,305
- d: es el diámetro de la cadena 87 mm
- L_{cadena} : es la longitud total de las cadenas 660 m

3.1.3.2 Medios de Salvamento

1. Botes salvavidas

El coste de los botes salvavidas se calcula teniendo en cuenta el número de personas que este puede soportar de tal manera que:

$$C_{\text{botes}} = N_{\text{botes}} \cdot K_{\text{bote}} \cdot N_{\text{persona}}^{2/3}$$
$$C_{\text{botes}} = 38097,62\text{€}$$

Donde,

- N_{botes} : Es el número de botes salvavidas, en este caso el número ha sido escogido en el Cuaderno 12, y tiene un valor de 2
- K_{bote} : Es el coste unitario de los botes 3000
- N_p : capacidad del bote, es decir el número de personas que puede este alojar, este tiene un valor de 16

2. Balsas Salvavidas

El coste de los botes salvavidas se estima nuevamente mediante una expresión para estimar su coste.

$$C_{\text{balsas}} = N_{\text{balsas}} \cdot K_{\text{balsas}} \cdot N_{\text{personas}}^{1/3}$$
$$C_{\text{balsas}} = 12800 \text{ €}$$

Donde,

- N_{balsas} : es el número de balsas = 2
- K_{balsas} : es el coste unitario de las balsas arriables = 1 200 €
- N_{personas} : es la capacidad de cada balsa es decir el número de personas que puede este alojar, este tiene un valor de 16

3. Varios

En este apartado se calculan los precios de aros chalecos , señales y lanzacabos entre otros elementos varios de salvamento.

$$C_V = 2\,500 + 30 \cdot N$$
$$C_V = 2890 \text{ €}$$

Donde,

- N es el número de personas a bordo, que en este caso equivalen a 13 tripulantes.

3.1.3.3 Habilitación y Alojamiento

1.Habilitación y Alojamiento

Nuevamente se utiliza la fórmula del libro de referencia del profesor Fernando Junco Ocampo.

$$C_h = K_h \cdot S_h = 2351500\text{€}$$

Donde,

- K_h es un valor medio de los materiales que se estima en 250 €/m²
- S_h es el área de la habilitación obtenida del Cuaderno 7, y que tiene un valor de 9406 m²

2. Equipos de Fonda y Hotel

$$C_{co} = K_{co} * N = 5460€$$

Donde,

- K_{co} es un valor de 420€
- N: es el número de personas a bordo

3. Gambunza frigorífica

El coste será tal que:

$$C_{GF} = 1\,800 \cdot V^{2/3} = 9434,66€$$

Donde,

- V = volumen neto de la gambunza, en m^3 , este valor se obtiene del Cuaderno 7 y es de $12\,m^2$

4. Equipos de lavandería y varios

Se estimará un coste de 240€ por tripulante, obteniendo lo siguiente:

$$C_{lavandería} = 240 * 13 = 3120€$$

5. Calefacción y aire acondicionado

Nuevamente se estima un coste de 60€ cada m^2 de espacio de habitación

$$C_{CCA} = 60 * S_h = 564360€$$

- S_h es el área de la habitación obtenida del Cuaderno 7, y que tiene un valor de 9406

6. Ventilación mecánica

Para sistemas de ventilación mecánica, independientes de los de aire acondicionado puede usarse la siguiente fórmula:

$$C_{VM} = 1,055 \cdot N^{0,215} + 1,2 \cdot S_h^{0,25}$$

$$C_{VM} = 13,6€$$

Donde,

- S_h es el área de la habitación obtenida del Cuaderno 7, y que tiene un valor de
- N es el número de personas a bordo, que en este caso corresponde a 13 personas.

7. Varios

Su coste se estima como 72€ /persona

$$C_{varios\,alojamiento} = 72 * N = 936€$$

3.1.3.4 Equipos de navegación y comunicaciones

1. Equipos de navegación

Para estimar los diferentes equipos de este apartado se toma como referencia la siguiente tabla, recogida en el libro "Proyectos de buque y artefactos. Criterios de Evaluación Técnica y económica del Proyecto de un buque" del profesor Fernando Junco

Ocampo. En este libro se establecen unos rangos de valores medios para cada uno de ellos, se decide tomar al alza estos valores considerando posibles fluctuaciones en el mercado.

COSTE DE EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	
Elemento	Coste en €
Compás magnético	1 900 €
Compás giroscópico	30 000 €
Piloto Automático	6 000€
Radar de movimiento verdadero	51 600€
Radar de movimiento relativo	9 900€
Radio girómetro	4 300€
Receptor de cartas	5 100€
Corredera	6 100€
Sonda	3 525€
Sistema de navegación por Satélite	5 100€
Total	123 525€

2. Equipos auxiliares de navegación

Estos podrán estimarse como el 8% del total de los equipos de navegación.

$$\text{Equipos aux} = 8\% * \text{Equipos de navegación} = 9882 \text{ €}$$

3. Comunicaciones externas

El coste de comunicaciones externas varía entre los siguientes valores 48 000€ y 120000 €, por tanto, se decide tomar un valor intermedio de 84 000 €.

4. Comunicaciones internas

Por otro lado, las comunicaciones internas oscilan entre 12 000 € y 36 000 € por tanto de manera similar al apartado anterior se escoge un valor intermedio de 24 000€.

3.1.3.5 Medios Contra Incendios

1. Instalaciones en cámara de máquinas

El coste medio de este servicio teniendo en cuenta que abarcará también las bodegas puede aproximarse mediante el máximo valor de estas dos expresiones:

$$C_{IM} = 8,4 \cdot B \cdot L_{CM} \cdot D_{CM}$$

$$C_{IM}=93605,4 \text{ €}$$

Donde,

- B: será la manga de ecantillado que coincide con el valor de la manga total, es decir tiene un valor de 38 m.
- L_{cm} es la eslora de cámara de máquinas, obtenida del cuaderno 7, tiene un valor de 25,5 m
- D_{cm} este es el valor del puntal de cámara de máquinas que tiene un valor de 11,5 m

La segunda expresión con la que se va a comparar es la siguiente:

$$C_{IM} = 6 \cdot Q_B$$

$$C_{IM} = 430\,442.04 \text{ €}$$

Donde,

- Q_B es el volumen de bodegas obtenido en el cuaderno 4, que tiene un valor de 71740,3 m³

Por tanto, se establece el cote en el valor máximo que corresponde con:

$$C_{IM} = 430\,442.04 \text{ €}$$

3.1.3.6 Equipos Convencionales de servicio de la carga

1. Medios de accionamiento de escotillas

$$C_{ES} = 61 \cdot L_{ES} \cdot B_{ES}^{1,77} \cdot k$$

$$C_{ES} = 145\,956,8 \text{ €}$$

Donde,

- L_{ES} es la eslora de cada una de las escotillas que se corresponde con 20 m
- B_{ES} es la manga de las escotillas, que tiene un valor de 14 m
- K es un factor que se asigna en función del método de accionamiento, en este caso tiene un valor de 1,12 al ser accionamiento hidráulico.

3.1.3.7 Instalación eléctrica

$$C_{IE} = 481 \cdot KW^{0,77}$$

$$C_{IE} = 318\,296,5 \text{ €}$$

Donde,

KW: es la potencia instalada de los generados auxiliares esocigdos en el cuaderno 11, en este caso este valor es la suma de los 3 generados principales más el generador de emergencia, un total por tanto de 4605 kW.

3.1.3.8 Tuberías

$$C_{TUB} = 2705 \cdot (0,015 \cdot L_{CM} \cdot B \cdot D_{CM} + 0,18 \cdot L) + kt \cdot BHP + 1,5 \cdot (3 \cdot L_{CM} \cdot B \cdot D_{CM} + Q_B + 4 \cdot S_h)$$

$$C_{TUB} = 880\,447 \text{ €}$$

Donde,

- B es la manga de la cámara de máquinas que equivale a 38 m
- L_{cm} es la eslora de la cámara de máquinas, cuyo valor es 20 m.
- D_{cm} es la punta de la cámara de máquinas que tiene un valor de 14m.
- K_t es un coeficiente que se agina en función del tipo de combustible que utiliza el motor, en este caso al ser combustible ligero el coeficiente tiene un valor de 5
- Q_B es el volumen de las bodegas que tiene un valor de 71 740,3 m³
- S_h es la superficie de la habitación que tiene un valor de 9406 m²
- BHP es la potencia del motor que tiene un valor de 20291,8 kW
- Q_B es el volumen de las bodegas que equivale a 71740,3 m³

3.1.3.9 Accesorios de equipos, armamento e instalaciones

1. Puertas metálicas, ventanas y portillos:

$$C_{ppv} = 2705 \cdot N^{0,48} = 12\,681,7 \text{ €}$$

2. Escaleras, pasamanos y candeleros

$$C_{epc} = 22,2 * L^{1,6} = 143\ 740,86 \text{ €}$$

3. Escotillas de accesos, lumbreras y registros

$$C_{elr} = 22,2 * L^{1,5} = 83\ 057,43\text{€}$$

4. Escaleras reales, planchas de desembarco y escalas de práctico

$$C_{EPE} = 2000 + 1350 \cdot (D - 0,03 \cdot L) \cdot N_{ER}$$

$$C_{EPE} = 39\ 179 \text{ €}$$

Donde

- N_{ER} es el número de escaleras reales que en este caso tiene un valor de 2 unidades

5. Toldos, fundas y accesorios de estiba y respeto

$$C_{toldos} = 40 \cdot (L \cdot (B + D))^{0,68}$$

$$C_{toldos} = 26\ 669,25\text{€}$$

3.1.4 Resumen de Equipo Armamento e instalaciones

COSTE DE EQUIPOS, ARMAMENTO E INSTALACIONES	
Ancla	49500€
Cadenas Cables y estachas	2626,965€
Botes salvavidas	38097,6252€
Balsas salvavidas	12800€
Coste Varios	2890€
Habilitación y alojamiento	2351500€
Fonda y hotel	5460€
Gambuza refrigerada	9434,66902€
Lavandería	3120€
Calefacción y ACC	564360€
Ventilación mecánica	13,6489483€
Varios alojamiento	936€
Equipos de navegación	123525 €
Equipos aux navegación	9882 €
Comunicaciones ext	84000€
Comunicaciones int	24000€
CI Cámara de Máquinas	430442,046€
Accionamiento escotillas	145956,848€
Instalación eléctrica	318296,523€
Tuberías	880447,958€
Puertas ventanas y portillos	12681,7292€
Escaleras y pasamanos y candeleros	143740,861€
Escotillas acceso lumbreras y registro	83057,4395€
Escaleras, planchas desembarco y escalas	39179€
Toldos, fundas y accesorios estiba y respeto	26669,2589€

total	5362617,57€
Total M€	5,363 M€

3.1.5 Maquinaria

3.1.5.1 Equipos de gobierno

$$C_{SM} = 3\,700 \cdot M^{2/3}$$

$$C_{SM} = 92\,992,67 \text{ €}$$

Donde,

- M es el valor de la potencia del servo que en este caso tiene un valor de 126 KW

3.1.5.2 Equipo de fondeo y amarre

1. Accesorios de amarre y fondeo

Se estima el coste de estos accesorios en función de las dimensiones principales del buque tal que:

$$C_{AF} = 18 \cdot (L \cdot (B + D))^{0,815}$$

$$C_{AF} = 43\,637,5 \text{ €}$$

2. Molinete

El coste de los molinetes vendrá asignado en función del diámetro de cadena del ancla que le corresponda

$$C_M = N_M \cdot 300 \cdot d^{1,3}$$

$$C_M = 2400 \text{ €}$$

Donde,

- N_M es el número de molinetes, que en este caso vale 2
- d es el valor del diámetro de la cadena, que se ha escogido en el cuaderno 12 y tiene un valor de 64 mm

3. Chigre

$$C_{CHIG} = N_{CHIG} \cdot 7800 \cdot T_a^{2/3}$$

$$C_{CHIG} = 396\,926,86 \text{ €}$$

Donde,

- T_a es la tracción correspondiente al chigre que tiene un valor de 24,7 t
- N_{CHIG} es el número de chigres que corresponde a 6

3.1.6 Resumen Maquinaria

COSTE MAQUINARIA	
Equipo gobierno	92992,6779
Accesorio de amarre y fondeo	43637,5927
Molinete	2658,62857
Chigre	396926,86
Total €	536215,759
Total M€	0,53621576

3.1.7 Instalación propulsora

3.1.7.1 Máquinas propulsoras

1. Motor propulsor

El coste de la maquina propulsora va a depender del número de cilindros de la misma, su diámetro y de las revoluciones de régimen del motor.

$$C_{MP} = 2292 \cdot N_C \cdot 0,75 \cdot d_{cil}^{0,9}$$

$$C_{MP} = 499\,981,8 \text{ €}$$

Donde,

- N_C es el número de cilindros que equivale a 8
- d_{cil} es el diámetro de los cilindros = 700 mm

3.1.7.2 Líneas de ejes

1. Acoplamiento y embarques

$$C_{AE} = k_{le} \cdot BHP \cdot N_{le}$$

$$C_{AE} = 4353,8 \text{ €}$$

Donde,

- BHP es la potencia del motor propulsor en HP, esto equivale a 2719101,2 HP
- N_{le} es el número de líneas de ejes que en este caso vale 1
- k_{le} es un coeficiente que para motores directamente acoplados tiene un valor de 0,16

2. Ejes y chumaceras

$$C_{EC} = 3,6 \cdot BHP = 97\,960 \text{ €}$$

Donde,

- BHP es la potencia del motor propulsor en HP, esto equivale a 2719101,2 HP

3.1.7.3 Hélice y respeto

El coste de hélice de paso fijo se obtendrá de la siguiente ecuación.

$$C_H = 360 \cdot BHP^{0,7} = 457748,623 \text{ €}$$

- BHP es la potencia del motor propulsor en HP, esto equivale a 2719101,2 HP

Además, se dispondrá de una hélice de respeto adicional, generado así un coste de hélice total de:

$$C_{Htotal} = 457748,623 \text{ €} * 2 = 915497,69 \text{ €}$$

3.1.8 Resumen Instalación Propulsora

Instalación Propulsora	
Motor propulsor	4999816,89€
Acoplamiento y embarques	4353,80861€
Ejes y chumaceras	97960,6937€
Hélice y respeto	915497,246 €
Total €	6017628,64 €
Total M€	6,02€

3.1.9 Maquinaria auxiliar de propulsora

En este apartado surge la necesidad de ciertos parámetros que no se han desarrollado en cuadernos anteriores y por tanto se tomarán extrapolando los resultados de proyectos de buque similares.

3.1.9.1 Generados auxiliares

$$C_{generador} = 52 * N_g * kW^{0.43} = 195\ 780 \text{ €}$$

Donde,

- N_g es el número de generadores que corresponde a 3
- Kw es la potencia de cada generador en Kw, que es de 1255 Kw

3.1.9.2 Equipo de refrigeración y lubricación

$$C_{CIRC} = 6 \cdot (k_1 + k_2) \cdot BHP$$

$$C_{CIRC} = 359\ 189,2 \text{ €}$$

Donde,

- K_1 es un coeficiente que depende de si el motor es de 2 o 4 tiempos, en este caso al ser el motor de 2 tiempos tiene un valor de 1,2
- K_2 es un coeficiente que para enfriadores centrales de placas de titanio tiene valor de 1
- BHP es la potencia del motor propulsor en HP, esto equivale a 2719101,2 HP

3.1.9.3 Equipo de mezcla de combustible

Se estima el coste en función de los precios disponibles del mercado, en este caso 42000€

3.1.9.4 Equipos de Tratamiento de Lodos, Trasiegos y Lastre

Se estima su coste en 1500€.

3.1.9.5 Grupo hidróforos

Se estima el coste en función del número de tripulantes a razón de la siguiente fórmula empírica:

$$C_{ghidro} = 660 * N^{0.5} = 2376,66€$$

Donde,

- N es el número de tripulantes que tiene un valor de 13

3.1.9.6 Generador de agua dulce

$$C_{gad} = 1380 * Q_{gad}$$

$$C_{gad} = 4140€$$

Donde,

- Q_{gad} es el caudal de agua dulce del generador que equivale a 3m³/h

3.1.9.7 Planta de tratamiento

Se aproxima de la misma manera que el apartado anterior:

$$C_{ir} = 11400 * N^{0.2} = 19041,16€$$

3.1.9.8 Equipos de tratamiento por aditivos de limpieza

Se estima en función de la potencia propulsora total instalada,

$$C_{TAL} = 24 \cdot BHP^{2/3}$$

$$C_{TAL} = 21712,54€$$

3.1.9.9 Separador de Sentinas

$$C_{SS} = 156 \cdot GT^{0.5} + 5\,100 \cdot K_{SS}$$

$$C_{SS} = 36762,37 €$$

- Gt es el arque bruto que tiene un valor que se ha obtenido en el cuaderno 9 de 41194,37 GT
- K_{SS} es un coeficiente que depende del tipo de descarga de la bomba, en este caso como va a ser con control automático de descarga este vale 1

3.1.9.10 Taller de máquinas

Se estimará el coste medio en 6000 €

3.1.10 Resumen Maquinaria Auxiliar Propulsora

Maquinaria auxiliar propulsora	
Generador auxiliar	195780 €
Equipo de Refrigeración y Lubricación	359189,21€
Equipo de Mezcla Combustible	42000€
Grupo hidróforo	2379,66384€
Generador de agua dulce	4140€
Planta de tratamiento	19041,1652€
Equipos de Tratamiento por Aditivos de limpieza	21712,5489€
Tratamiento de Lodos, trasiegos y Lastre	1500€
Taller de máquinas	10000€
Separador de Sentinas	36762,3781€
Total €	692504,966€
Total M€	0,692 M€

3.1.11 Instalaciones especiales

1. Dispositivos de automatización y Control reglamentarios

El coste de los dispositivos de automatización en función de la potencia instalada, siguiendo la ecuación que se muestra a continuación.

$$C_{AUTO} = 3240 * K_1 * BHP^{\frac{1}{3}}$$

$$C_{AUTO} = 146179,35 \text{ €}$$

Donde,

- K_1 : es un coeficiente que depende del grado de automatización en este caso vale 1,5.

2. Restantes dispositivos de automatización y control

Se estimará en un 25% del coste de los dispositivos de automatización, mencionados en el apartado anterior.

$$C_{RAUTO} = 25\% C_{AUTO}$$

$$C_{RAUTO} = 36544,83\text{€}$$

3.1.12 Resumen Instalaciones especiales

Instalaciones especiales	
Automatización y Control	146179,359€
Resto de Automatización	36544,8397€
Total €	182724,199€
Total M€	0,182 M€

3.1.13 Resumen Total Partidas

COSTES TOTALES DE EQUIPOS Y MATERIALES	
Coste Casco	11,94 M€
Coste Equipo, Armamento e Instalaciones	5,363 M€
Maquinaria	0,53M€
Instalación Propulsora	6,02 M€
Maquinaria Auxiliar Propulsora	0,692 M€
Instalaciones Especiales	0.182 M€
Total M€	24,73 M€

3.2 Mano de Obra

A continuación, se procede a determinar el coste de la mano de obra necesaria en cada una de las partidas. Para ello es necesario antes de comenzar establecer dicho coste. Esta puede estimarse entre un valor de 36 a 18 €/hora, por tanto, se escoge un valor promedio de ambos 25€/hora.

En cada uno de los siguientes apartados se multiplicará el resultado que se obtenga por el coste medio del astillero.

3.2.1 Casco

3.2.1.1 Acero laminado

Las horas correspondientes a este apartado se estiman mediante la siguiente expresión.

$$H_C = K_{ba} \cdot P_{ac} \cdot (1 + k_e) \cdot (1 - c_f) \cdot (1 + k_b) \cdot (1 + k_e + C_e) \cdot [1 + K_{cub} \cdot (N_{cub} - 1)]$$

$$H_C = 155931,89 \text{ h}$$

Donde,

- K_{ba} es un índice de la mano de obra y depende directamente del ratio de productividad del astillero está comprendido entre 20 y 100, se escogerá por tanto un valor promedio entre ambos de 60 h/t
- P_{ac} es el peso neto de acero en este caso tiene un valor estimado previamente en el cuaderno 2 de 15750,87 t
- K_f es un índice de coeficiente de forma y tiene un valor de 0,3
- C_f es un coeficiente que relaciona la forma, tendrá un valor de 0,89
- K_b es un coeficiente que depende de si el buque tiene bulbo, como el buque dota de bulbo su valor será de 0,04
- K_e es el índice de complejidad del acero especial que puede ser del orden de 0,5
- C_e coeficiente de acero especial, referido al peso total de acero, y expresado en tanto por uno, en este caso tiene un valor de 0
- K_c Coeficiente de número de cubiertas puede ser del orden de 0,05
- N_c es el número de cubiertas fuera de cámara de máquinas, en este caso tendrá un valor de 4

3.2.1.2 Resto de los materiales

El resto de las horas correspondientes al casco del buque se estiman de la siguiente forma.

$$H_{RMC} = 2,5 + 30 \cdot D \cdot \sqrt[3]{L}$$

$$H_{RMC} = 3923,04 \text{ h}$$

Donde,

- L es la eslora entre perpendiculares que en este caso val 241 m
- B es el punta del barco que tiene un valor de 21

3.2.1.3 Timones y accesorios

$$H_T = 100 \cdot N_{timon} \cdot L_{timon} \cdot H_{timon}$$

$$H_T = 5731,1 \text{ h}$$

Donde,

- L_{timon} es la eslora del timón que tiene un valor de 6,43 m
- $H_{timón}$ es la altura del timón y tiene un valor de 8,9 m

3.2.1.4 Preparación de superficies

Se estima como 0.02 h/m² para la suma de las superficies interiores y exteriores

3.2.1.5 Pintura y control de corrosión

Esta partida depende de la siguiente expresión

$$H_{\text{corrosión}} = 0,25 * S_{OM} + (1 + 0,3 + NoM) + 0,35 * \frac{S_{Ov} * NOV}{4} + 0,4 * S_i * NIN$$

Donde,

- S_{OM} es la superficie de la obra muerta que tiene un valor de 19685,65 m²
- S_{Ov} es la superficie de la obra viva que tiene un valor de 14268,72 m²
- S_i es la superficie interior que tiene un valor de 33954,35 m²
- N será el número de capas aplicadas, que corresponden a 3 para la obra muerta, 5 para la obra viva y 2 para la superficie interior.

3.2.2 Resumen Mano de obra Casco

MANO DE OBRA CASCO		
Elemento	€	HC
Acero laminado	3898295,48	155931,819
Resto de materiales	98076,077	3923,04308
Timones y accesorios	143277,69	5731,1076
Pintura y corrosión	958293,938	38331,7575
Preparación de superficies	33954,35	1358,174
Total	5131897,529 €	205275,9012 h

3.2.3 Equipo de Armamento e instalaciones

3.2.3.1 Equipos de fondeo, amarre y remolque

Este apartado depende del peso del ancla, se he mencionado en los apartados anteriores que se dispone de 2 anclas de un peso de 9,9 toneladas.

$$H_{FAR} = 27 \cdot (N_{\text{ancla}} \cdot P_{\text{ancla}})^{0,4}$$

$$H_{FAR} = 89,13 \text{ h}$$

Donde,

- N_{ancla} es el número de anclas que tiene un valor de 2
- P_{ancla} es el peso del ancla 9.9 t

3.2.3.2 Medios de Salvamento

Las horas destinadas a medios de salvamento se calculan de la siguiente manera,

$$H_{MS} = 300 + 15 \cdot N$$

$$H_{MS} = 495 \text{ h}$$

Donde,

- N es el número de tripulantes que es de 13

3.2.3.3 Equipos de navegación y comunicación

$$H_{MS} = 330 + (N_{cn} - 6)$$

$$H_{MS} = 334 \text{ h}$$

Donde,

- N_{cn} es el número de equipos, en este caso 10

3.2.3.4 Cierre de escotillas y medios de accionamiento

$$H_{Es} = 460 \cdot S_e^{0,3}$$

$$H_{Es} = 2494,05 \text{ h} \cdot \text{número escotillas}$$

$$H_{Es} = 17458,35 \text{ h}$$

Donde,

- S_e es la superficie total de las escotillas en m^2

3.2.3.5 Tuberías

Se estima en función de la potencia instalada.

$$H_{TUB} = 11 \cdot BHP^{0,85}$$

$$H_{TUB} = 64703,77 \text{ h}$$

- BHP es la potencia del motor propulsor en HP, esto equivale a 2719101,2 HP

3.2.3.6 Accesorios de Equipo, Armamento e instalaciones

$$H_{EAI} = 80 \cdot N + 56 \cdot (L - 15) + 0,9 \cdot L \cdot (B + D) + 2 \cdot L + 50 \cdot N_{bo} + 100 \cdot N_{pb} + 100 \cdot N_{gm}$$

$$H_{EAI} = 27375,1 \text{ h}$$

Donde,

- N es el número de tripulantes que es 13
- N_{bo} número de botes y balsas que tiene un valor de 4
- N_{pb} número de pescantes de botes que tiene valor de 2
- N_{gm} es el número de grúas de máquinas

3.2.3.7 Alojamientos

Las horas correspondientes se estiman a partir de 16 h/ m^2

1. Equipos de fonda y hotel

Se estima en función de lo siguiente 115 h/ tripulante

2. Equipos de acondicionamiento en alojamiento

Se estima en 2 h/ m^2

3.2.4 Resumen Mano de obra de Equipo de Armamento e Instalaciones

MANO DE OBRA EQUIPO DE ARMAMENTO E INSTALACIONES		
Elemento	€	horas
fondeo, amarre y remolque	2228,28044	89,1312178
Medios de Salvamento	12375	495
Equipos de navegación y comunicación	8350	334
Cierre de escotillas y accionamiento	436458,836	17458,3534
Tuberías	1617594,43	64703,7771
Accesorios de equipo y armamento	684377,5	27375,1
Alojamiento	3762400	150496

Fonda y hotel	37375	1495
Equipos de acondicionamiento	470300	18812
Total	7031459,04€	281258,362 h

3.2.5 Maquinaria auxiliar

3.2.5.1 Equipo de Gobierno

Se estiman en función de la eslora del buque.

$$H_{EG} = 33 \cdot L^{2/3} = 1\ 293\ h$$

$$H_{EG} = 1277,98\ h$$

3.2.5.2 Equipo de fondeo y amarre

$$H_{FA} = L \cdot (1,75 \cdot N_{mo} + 1,6 \cdot N_{ch} + 1,7 \cdot N_{ma})$$

$$H_{FA} = 3554,75\ h$$

Donde,

- N_{mo} es el número de molinetes del buque proyecto, 1.
- N_{ch} es el número de chigres que se recuerda que tiene valor de 6
- N_{ma} es el número de maquinillas de amarre que vale 2

3.2.6 Resumen mano de obra de Maquinaria Auxiliar

MANO DE OBRA MAQUINARIA AUXILIAR		
Elemento	€	Horas
Equipo de gobierno	31949,5915	1277,98366
Equipo amarre y fondeo	88868,75	3554,75
Total	120818,342€	4832,73366 h

3.2.7 Instalación del propulsor

3.2.7.1 Motor propulsor

Se estiman en función de la potencia del motor correspondiente.

$$H_{MP} = 10 \cdot BHP^{2/3}$$

$$H_{MP} = 9046,89$$

3.2.7.2 Línea de ejes

La mano de obra para motores directamente acoplados se estimará de la siguiente manera,

$$H_{LE} = 0,16 \cdot BHP$$

$$H_{LE} = 4353,8\ h$$

3.2.7.3 Hélice

$$H_{HEL} = 240 + 0,004 \cdot BHP$$

$$H_{HEL} = 348,84\ h$$

3.2.8 Resumen de la mano de obra de la Instalación del Propulsor

MANO DE OBRA INSTALACIÓN PROPULSOR		
elemento	€	h
Motor	226172,384	9046,89536
Línea de ejes	108845,215	4353,80861
Hélice	8721,13038	348,845215
total	343738,73€	13749,5492 h

3.2.9 Maquinaria Auxiliar de Propulsión

3.2.9.1 Generadores auxiliares

$$H_{MA} = 52 \cdot N_g \cdot kW^{0,43}$$

$$H_{MA} =$$

Donde,

- N_g son el número de generadores auxiliares de los que se dispone, en este caso este tiene un valor de 3
- Kw es el valor de la potencia de cada uno de los generadores que tiene un valor de 1255 Kw

3.2.9.2 Equipos de circulación refrigeración y lubricación

$$H_{CRL} = 240 + 0,18 \cdot BHP$$

$$H_{CRL} = 5138,03 \text{ h}$$

3.2.9.3 Equipo de manejo de combustible

$$H_{CO} = 0,27 \cdot BHP$$

$$H_{CO} = 7347 \text{ h}$$

3.2.9.4 Equipos sanitarios

$$H_{ES} = K_1 \cdot (280 + 8 \cdot Q_a) + K_2 \cdot (200 + 3,5 \cdot N) + K_3 \cdot (410 + 3,9 \cdot N) + 400 \cdot K_4$$

$$H_{ES} = 21763 \text{ h}$$

Donde,

- $K_1 = 1$ por la existencia de generador de agua dulce
- $K_2 = 1$ por la existencia de grupo hidróforo
- $K_3 = 1$ por la existencia de planta de tratamiento de aguas grises y negras
- $K_4 = 1$ por la existencia de incinerador de residuos
- Q_a es el valor de la capacidad de generación de agua que en este caso vale 3 t/día
- N es el número de tripulantes en el buque que tiene un valor de 13

3.2.9.5 Equipos auxiliares

Este apartado se estima tal que

$$H_{EAC} = 420 + 0,47 \cdot L \cdot (B + D)$$

$$H_{EAC} = 7102,93 \text{ h}$$

Donde,

- L es la eslora del buque proyecto que vale 241m
- B es la manga que vale 38 m
- D es el puntal que tiene un valor de 21 m

3.2.9.6 Cargos, pertrechos y repuestos

$$H_{CPR} = BHP^{2/3} + 2 \cdot L + 100$$

$$H_{CPR} = 1486 \text{ h}$$

3.2.10 Resumen de mano de obra de Maquinaria auxiliar de propulsión

MANO DE OBRA MAQUINARIA AUXILIAR PROPULSIÓN		
Elemento	€	h
Generadores auxiliares	83845,8186	3353,83274
Equipos de circulación refrigeración y lubricación	128450,867	5138,03468
Manejo de combustible	183676,301	7347,05203
Equipos sanitarios	543412,5	21736,5
Equipos auxiliares	177573,25	7102,93
Cargos y pertrechos	37167,2384	1486,68954
total	1154125,97€	46165,039h

3.2.11 Resumen total partida mano de obra

COSTE MANO DE OBRA		
Partida	€	horas
Casco	51318697,5€	205275,901
Equipo de armamento e instalación	7031459,04€	281258,362
Maquinaria auxiliar	120818,34	4832,73366
Instalación propulsor	343738,73	13749,5492
Maquinaria auxiliar propulsión	1154125,97	46165,039h
Total	13782039,6 €	551281,585 h
Total M€	13,78 M€	

3.3 Costes Totales

3.3.1 Costes de Construcción

El coste de construcción es la suma del total de la mano de obra y el de equipos y materiales de tal manera que se obtiene un coste de Construcción de:

$$CC = 13,78 M + 24,73 = 38,51 M€$$

3.3.2 Coste de aplicación

El coste final del buque para el armador ha de ser el coste del buque dividido entre 3 : El coste de construcción el coste del astillero y el beneficio para el astillero.

Los costes del astillero son entre otros los costes de mantenimiento de las instalaciones, la Sociedad de Clasificación o el andamiaje. Para calcular el coste del astillero se va a hacer una aproximación de tal forma que el coste del astillero va a ser el 3% del coste de construcción.

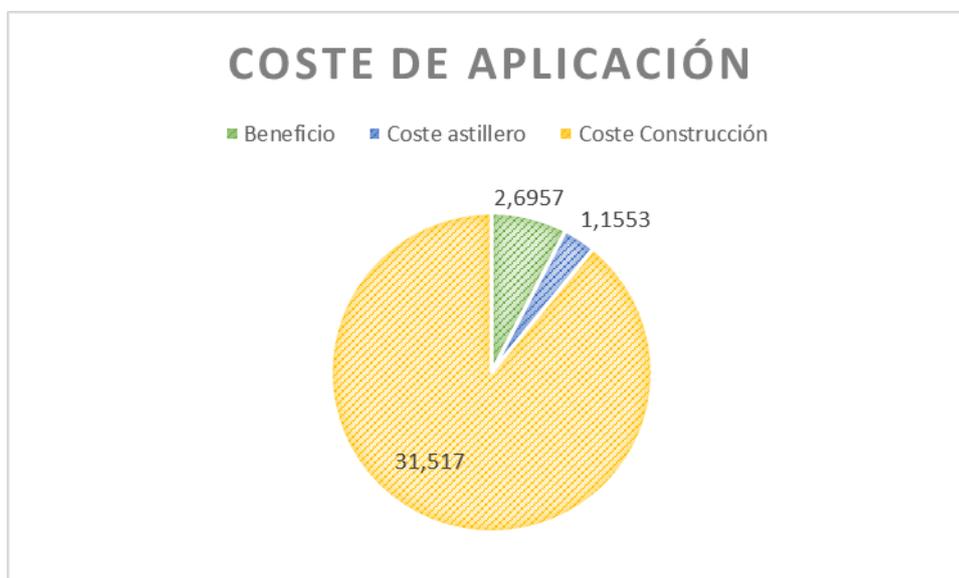
$$\text{Coste astillero} = 0.03 * 38,51M€ = 1,1553 M€$$

Por otro lado, el beneficio del astillero, siempre teniendo en cuenta las fluctuaciones del mercado, que pueden llegar al 20% en épocas buenas y ser muy bajas en épocas malas llegando a generar pérdidas incluso. Se estimará como un 7%.

$$\text{Beneficio astillero} = 0.07 * 38,51M€ = 2,6957 M€$$

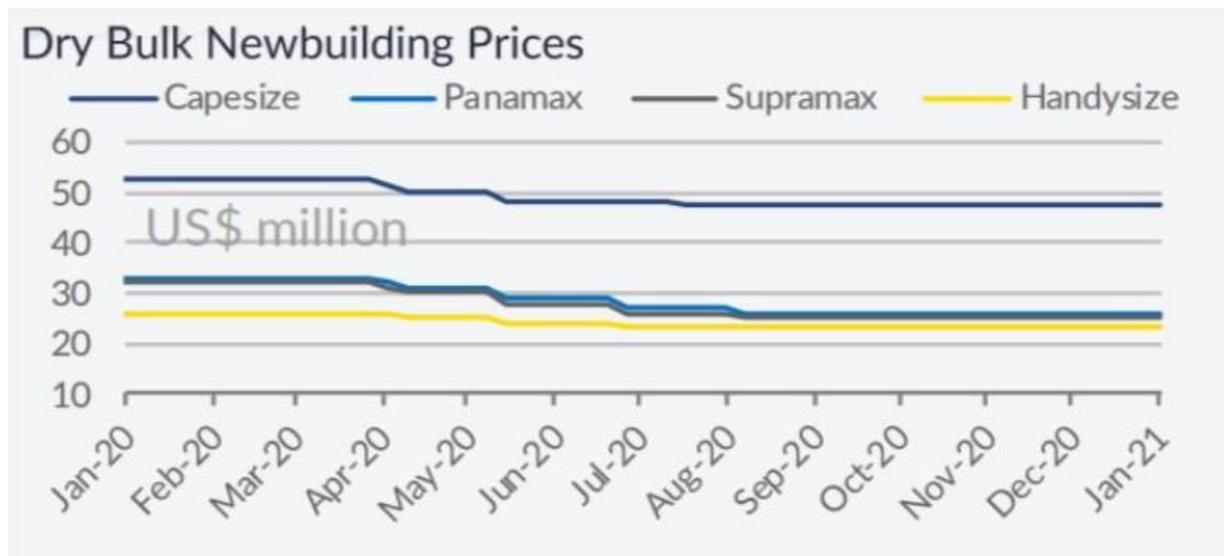
Para finalizar se necesita conocer el valor del contrato final que no es más que la suma de los costes de construcción, los gastos del astillero y el beneficio industrial. Esto indica la cuantía a pagar por el armador.

COSTE DE APLICACIÓN	
Elemento	€
Beneficio	2696104,62€
Coste astillero	1155473,41€
Coste Construcción	38515780,2€
TOTAL en M€	38,51 M€



4 COMPARATIVA COSTES DEL MERCADO ACTUAL

A través del periódico “Hellenic Shipping News Worldwide” , que tiene una larga trayectoria proporcionando las últimas noticias e información relevante sobre el mundo naval, este extracto es de una publicación del 21 de enero de 2021. Se ha obtenido la fluctuación mensual del coste de diferentes tipos de bulkcarrier.



Como se puede observar en este mes la línea de Capesize que es la que correspondería a la clase del buque proyecto con el que estamos trabajando ronda 33 millones \$ que equivale a 28M€, por otro lado en el mismo mes de este año su precio descendió hasta 28 M\$ que equivale a 24 M€ aproximadamente.

Esto me hace pensar que las formas empíricas utilizadas estaban un poco sobreestimadas y que actualmente el precio del buque proyecto sería algo elevado para el precio de mercado. Hay que recordar que el coste de mercado oscila muy rápidamente entre rangos muy amplios, pudiendo ser factores relevantes el beneficio que se propone obtener el astillero o el precio de la mano de obra y costes del material.