



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2021/22

BUQUE PORTACONTENEDORES
16000 TEUs

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Javier García Ávila

TUTORAS/ES

Alicia Munín Doce

FECHA

Septiembre 2022



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/21**

*BUQUE PORTACONTENEDORES
16000 TEUs*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

**CUADERNO 13.
PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE**



TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

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

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 16000 TEUS

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 22 nudos de velocidad de servicio con una autonomía de 20000 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Sin grúas

PROPULSIÓN: Motor Diesel acoplado a línea de ejes

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

ALUMNO: D. Javier García Ávila

ÍNDICE

Índice	4
Ilustraciones.....	5
Gráficos	5
Tablas.....	5
Acrónimos usados	6
1. Introducción	7
2. Presupuesto de construcción del buque.....	8
2.1 Materiales	8
2.1.1 Casco.....	8
2.1.2 Tuberías.....	11
2.2 Equipos y servicios	12
2.2.1 Equipo de gobierno.....	12
2.2.2 Protección catódica	12
2.2.3 Amarre, fondeo y maquinaria de cubierta.....	13
2.2.4 Ventilación y AC	14
2.2.5 Equipos de seguridad y servicio contra incendios	15
2.2.6 Coste de la habilitación:.....	16
2.2.7 Instalación eléctrica	17
2.2.8 Accesos, aberturas y accesorios	18
2.2.9 Equipo propulsor.....	19
2.2.10 Bombas lastre, sentinas y contra incendios.....	21
2.2.11 Separador de sentinas.....	21
2.2.12 Servicio sanitario.....	21
2.2.13 Equipos de puente	22
2.3 Equipos específicos del buque	24
2.3.1 Elementos de trincado	24
2.3.2 Guías de contenedores	24
2.4 Costes de mano de obra	25
2.4.1 Casco.....	25
2.4.2 Equipo de gobierno.....	26
2.4.3 Equipos de amarre, fondeo y maquinaria de cubierta	27
2.4.4 Ventilación y A/C.....	27
2.4.5 Equipos de seguridad y servicio contra incendios	28
2.4.6 Habilitación	28

2.4.7 Instalación eléctrica	29
2.4.8 Accesos, aberturas y accesorios	29
2.4.9 Equipo propulsor.....	29
2.4.10 Equipos sanitarios	30
2.4.11 Equipos de navegación y comunicaciones.....	30
2.4.12 Otros accesorios de equipo, armamento e instalaciones	31
2.4.13 Equipos específicos del buque	31
2.5 Costes varios del astillero.....	32
2.5.1 Gastos de ingeniería.....	32
2.5.2 Gastos por clasificación, reglamentos y certificados	32
2.5.3 Pruebas y garantía	32
2.5.4 Servicios auxiliares durante la construcción	33
2.5.5 Seguros	33
2.6 Coste de construcción	33
3. Análisis del presupuesto de construcción del buque.....	34
Bibliografía.....	36

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Dimensiones principales	7
--	---

GRÁFICOS

Gráfica 1. Distribución de los costes	33
Gráfica 2. Precio de construcción de buques portacontenedores por capacidad	34
Gráfico 3. Evolución precio de acero (Fuente: S&P Global).....	35

TABLAS

Tabla 1. Costes por materiales del casco.....	10
Tabla 2. Coste de tuberías	11
Tabla 3. Costes de equipos de navegación.....	22
Tabla 4. Resumen de costes de equipos y servicios.....	23
Tabla 5. Coste de equipos específicos.....	24
Tabla 6. Costes por mano de obra	32
Tabla 7. Coste total de construcción	33

ACRÓNIMOS USADOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES
Δ	Desplazamiento	Tn
B	Manga del buque	m
Cb	Coeficiente de bloque	-
Cf	Coeficiente de la flotación	-
Cm	Coeficiente de la maestra	-
Cp	Coeficiente prismático	-
D	Puntal	m
Dp	Diámetro Hélice	m
Fb	Francobordo	m
Fn	Número de Fraude	-
g	Gravedad	m/s^2
GM	Radio metacéntrico	m
KB	Posición vertical del centro de carena	-
KG	Posición vertical del centro de gravedad	-
KM	Posición vertical del metacentro	-
Lpp	Longitud entre perpendiculares del buque	-
Loa	Longitud total del buque	-
P	Potencia	KW
PM	Peso muerto	Tn
PR	Peso en Rosca	Tn
T	Calado	m
Vmx	Velocidad máxima	m/s o Kn
Vsv	Velocidad servicio	m/s o Kn
XB, XC	Posición longitudinal del centro de carena	m
XG	Posición longitudinal del centro de gravedad	m

1. INTRODUCCIÓN

Se pretende en el presente y último cuaderno del trabajo realizar un estudio del presupuesto de construcción del buque para realizar un posterior análisis que permita establecer la viabilidad del proyecto en comparación con el mercado actual de buques de este tipo.

Para ello se procurará dividir el buque en tres partidas diferenciadas (materiales, servicios y equipos) que permitan calcular el presupuesto de una manera lo más fiel posible a la realidad.

Cabe destacar antes de comenzar el desarrollo del cuaderno que resulta complicado desde un punto de vista académico realizar un estudio pormenorizado de los distintos gastos por componente que resultan de la construcción de un buque y, más aún, un buque como el proyecto con unas dimensiones especialmente grandes.

Esta dificultad reside principalmente en que, debido al tiempo de construcción, se producen grandes variaciones de precios de mercado tanto de aceros como de distintos componentes. Más aún en la situación del mercado actual con una inflación elevada y con unos costes del transporte rozando máximos.

Se parte de las características, dimensiones y equipos establecidos en los distintos cuadernos anteriores:

TEUs Totales	16000 TEUs	Cb	0,7 [-]
TEUs Bodega	6963 TEUs	Cm	0,998[-]
Lpp	356 [m]	Cp	0,7 [-]
Loa	377 [m]	V	22 [Kn]
B	53 [m]	Fn	0.192 [-]
D	31 [m]	Δ	210499 [t]
T	15,5 [m]		

Ilustración 1. Dimensiones principales

2. PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE

En primer lugar, se realizará el cálculo de las distintas partidas que conforman el presupuesto. En el caso del presente cuaderno, el presupuesto será dividido en costes de materiales, costes de equipos, costes específicos del tipo de buque, costes de mano de obra y gastos varios.

2.1 Materiales

En primer lugar, se estimarán los costes procedentes de los materiales empleados para la construcción del buque.

2.1.1 Casco

Los materiales del casco pueden descomponerse en acero laminado, piezas de forja o fundición, materiales auxiliares de construcción del casco, preparación de superficies, pintura y galvanizado.

2.1.1.1 Acero laminado

En la construcción del buque se emplearán acero de alta resistencia (NV-32) y acero de alta resistencia (NV-NS).

A partir del peso de aceros calculado en el Cuaderno 2, 44390 [t]. Se opta por estimar que un 10% de este peso se corresponderá a acero de alta resistencia.

El coste del acero se determina de la siguiente manera:

$$C_{Acero} = C_{NV-NS} + C_{NV-32} = PS_{NV-NS} \cdot \left(\frac{\text{€}}{t}\right)_{NV-NS} + PS_{NV-32} \cdot \left(\frac{\text{€}}{t}\right)_{NV-32}$$

$$C_{Acero} = 39951 \cdot 1350 + 4439 \cdot 1550 = 60,81 \text{ [M€]}$$

Con:

- $PS_{NV-NS} = 0,9 \cdot 44390 = 39951 \text{ [t]}$, peso de acero normal.
- $PS_{NV-32} = 0,1 \cdot 44390 = 4439 \text{ [t]}$, el peso de acero de alta resistencia.
- $\left(\frac{\text{€}}{t}\right)_{NV-NS}$, el precio por tonelada de acero normal, 1350 [€/t]. A fecha de abril de 2021, precio más actualizado que se ha podido obtener, de la fuente LEECO Steel.

- $\left(\frac{\text{€}}{\text{t}}\right)_{NV-32}$, precio por tonelada de acero de alta resistencia, se considerará un 15% más caro que el acero normal por falta de datos. 1550 [€/t].

2.1.1.2 Piezas de forja y fundición

Se calcula a continuación el coste de las piezas fundidas y forjadas mediante la siguiente expresión:

$$C_{forja\ y\ fundición} = 4 \cdot L \cdot T = 4 \cdot 356 \cdot 15,5 = 22072 \text{ [€]} = 0,022 \text{ [M€]}$$

Siendo:

- L , la eslora de escantillonado del buque, 356 [m].
- T , el calado de escantillonado del buque, 15,5 [m].

2.1.1.3 Materiales auxiliares

A partir de la bibliografía se estimará un coste aproximado de 50 [€/t] de acero:

$$C_{Materiales\ auxiliares} = 50 \cdot 44390 = 2,22 \text{ [M€]}$$

2.1.1.4 Preparación de superficies

Se parte de la superficie total del casco, 36953,705 [m²]. Así mismo, se asume que la superficie interior se corresponde con 3 veces la superficie externa, resultando:

$$S_{externa} = 36953,705 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$S_{interna} = 110861,115 \text{ [m}^2\text{]}$$

Considerando que la imprimación de superficies tiene un coste de 2 $\left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2}\right]$ y que el tratamiento de granallado tiene un coste de 8 $\left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2}\right]$ en zonas externas y 15 $\left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2}\right]$ en zonas internas del casco:

$$C_{Preparación\ exterior} = 36953,705 \cdot (2 + 8) = 0,370 \text{ [M€]}$$

$$C_{preparación\ interior} = 110861,115 \cdot (2 + 15) = 1,885 \text{ [M€]}$$

Resultando:

$$C_{Preparación\ del\ casco} = 0,370 + 1,885 = 2,255 \text{ [M€]}$$

2.1.1.5 Pintura

Dentro del casco se distinguen tres zonas diferenciadas en cuanto a la pintura que emplearán.

La obra viva, que deberá tener una pintura de un espesor de 350 [μm] a la que se le estima un coste de $3,5 \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right]$. De las hidrostáticas a 15,5 [m] de calado se obtiene una superficie mojada de 23448,463 [m²].

La obra muerta, que contará con un espesor mínimo de 185 [μm], con un coste aproximado de $1 \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right]$. Restando a la superficie de la carena la superficie mojada anterior, se obtienen 13505,242 [m²].

Y finalmente, el interior del casco, que tendrá una pintura con un espesor de 100[μm] con unos requerimientos menores de protección, resultando en unos $0,011 \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right]$.

Resulta de esta manera:

$$C_{\text{pintura del casco}} = 3,5 \cdot 23448,463 + 1 \cdot 13505,242 + 0,011 \cdot 110861,115 = 0,097 \text{ [M€]}.$$

2.1.1.6 Galvanizado

Se estima un valor del 7,5% de la pintura total del casco:

$$C_{\text{galvanizado}} = 0,072 \cdot 7,5\% = 0,0054 \text{ [M€]}$$

Resumiendo, los costes totales de materiales del casco resultan:

Casco	
Acero laminado	60,81 [M€]
Forja y fundición	0,02 [M€]
Materiales auxiliares	2,22 [M€]
Preparación superficies del casco	2,26 [M€]
Pintura del casco	0,10 [M€]
Galvanizado	0,01 [M€]
Total	65,41 [M€]

Tabla 1. Costes por materiales del casco

2.1.2 Tuberías

Se calculará a continuación el coste derivado de las tuberías instaladas abordo. Para ello, se empleará la siguiente expresión:

$$C_{Tuberías} = 2705 \cdot (0,015 \cdot L_m \cdot B \cdot D_m + 0,18 \cdot L) + K_t \cdot BHP + 1,5 \cdot (3 \cdot L_m \cdot B \cdot D_m + Q_B + 4 \cdot S_h)$$

$$C_{Tuberías} = 3,214 \text{ [M€]}$$

Siendo:

- L_m , la eslora de la cámara de máquinas, 24,5[m]
- B , la manga del buque, 53 [m].
- D_m , el puntal de la cámara de máquinas, 28,6 [m].
- Q_b , el volumen de las bodegas, 363102 [m^3].
- L , eslora del buque, 356 [m].
- S_h , superficie de la habitación, 5536,56 [m^2].
- K_t , constante, 8 para motores de combustión que empleen combustibles pesados.
- BHP , potencia del motor principal, 98646 [HP].

Calculando a continuación el coste necesario para pintar dichas tuberías:

$$C_{Pintura \text{ de tuberías}} = 0,18 \cdot (0,057 \cdot BHP + 0,18 \cdot L) \cdot K = 0,002 \text{ [M€]}$$

Resumiendo:

Tuberías	
Tuberías	3,21 [M€]
Pintura de las tuberías	0,00 [M€]
Total	3,22 [M€]

Tabla 2. Coste de tuberías

2.2 Equipos y servicios

A continuación, se realizará el cálculo de los costes relativos a equipos y servicios estudiados en cuadernos anteriores.

2.2.1 Equipo de gobierno

Se estudiará a continuación el coste del equipo de gobierno del buque compuesto por el timón, y sus accesorios, junto con el servomotor y la hélice de proa.

Comenzando por el coste del timón y sus accesorios:

$$C_{Pala\ timón} = 40 \cdot c^2 \cdot h = 40 \cdot 9^2 \cdot 10 = 32400 \text{ [€]} = 0,0324 \text{ [M€]}$$

Donde, a partir de los datos del cuaderno 6:

- c , la cuerda del timón, 9 [m]
- h , la altura del timón, 10 [m]

El coste del servomotor se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$C_{Servo} = 3700 \cdot M^{\frac{2}{3}} = 3700 \cdot 3815^{\frac{2}{3}} = 0,9 \text{ [M€]}$$

Donde M , se corresponde al par ejercido por el servomotor, calculado en el Cuaderno 12, 3815 [$kN \cdot m$].

La hélice de proa tiene un coste que se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

$$C_{P.Transversal} = 900 \cdot BHP_H^{0,73} = 900 \cdot 4080^{0,73} = 0,389 \text{ [M€]}$$

Obteniendo un coste total de equipos de gobierno

$$C_{gobierno} = 1,321 \text{ [M€]}$$

2.2.2 Protección catódica

Se calcula a continuación el coste de la protección catódica a partir de la siguiente formulación:

$$C_{Protección\ catódica} = 1,55 \cdot S_m = 1,55 \cdot 23448,463 = 0,036 \text{ [M€]}$$

Siendo:

- S_m , la superficie mojada del buque al calado de escantillonado, 23448,463 [m^2].

2.2.3 Amarre, fondeo y maquinaria de cubierta

A continuación, se procede a calcular los distintos costes de los elementos de amarre, fondeo y maquinaria de cubierta tales como el ancla, estachas o chigres.

2.2.3.1 Ancla

El coste del ancla se calculará estimando un coste por tonelada de 2500 [€/t].

A partir del peso obtenido en el Cuaderno 12, de acuerdo con el reglamento del DNV-GL, que establece dos anclas de 24,5 [t] cada una.

$$C_{Anclas} = 2500 \cdot 24,5 \cdot 2 = 0,123 \text{ [M€]}$$

2.2.3.2 Cadenas, cables y estachas

Se puede aproximar el coste de las cadenas, estachas y cables mediante la siguiente expresión:

$$C_{CCE} = 0,15 \cdot K \cdot d^2 \cdot L_c = 0,7262 \text{ [M€]}$$

Donde:

- K , una constante que para el acero de muy alta resistencia se considera 0,335.
- d , el diámetro de la cadena, obtenido del Cuaderno 12, 137 [mm].
- L_c , la longitud de la cadena, obtenida de igual manera del Cuaderno 12, 770 [m].

2.2.3.3 Molinetes

El coste de los molinetes se estima a partir del diámetro de la cadena d , mediante la siguiente expresión:

$$C_{Molinetes} = 300 \cdot d^{\frac{1}{3}} = 300 \cdot 137^{\frac{1}{3}} = 1546 \text{ [€]}$$

2.2.3.4 Chigres

Se puede estimar el coste de los chigres a partir de la siguiente fórmula que emplea la tracción que son capaces de ejercer:

$$C_{Chigres} = 7800 \cdot T_{tracción}^{\frac{2}{3}} = 7800 \cdot 45,87^{2/3} = 0,099 \text{ [M€]}$$

Siendo la tracción, $T_{tracción} = 45,87 \text{ [t]}$, calculada en el Cuaderno 12.

2.2.3.5 Accesorios de fondeo y amarre

El coste de los accesorios de fondeo y amarre se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$C_{\text{accesorios}} = e^{3,1} \cdot 6 \cdot [L \cdot (B + D)]^{0,815} = 0,592 \text{ [M€]}$$

Siendo:

- L , la eslora del buque, 356 [m].
- B , la manga del buque, 53 [m].
- D , el puntal del buque, 31 [m].

2.2.4 Ventilación y AC

Se calcula a continuación el coste de los equipos de ventilación y aire acondicionado. Se tendrán en cuenta la ventilación de los espacios de carga y, posteriormente, la ventilación y climatización de los espacios de habitación.

2.2.4.1 Ventilación de espacios de carga

Se estima el coste mediante la siguiente expresión:

$$C_{\text{Ventilación Bodegas}} = 0,13 \cdot (V_{\text{bodegas}} \cdot R)^{0,5} = 0,00248 \text{ [M€]}$$

Siendo:

- V_{Bodegas} , el volumen total de las bodegas, 363102 [m³].
- $R = 10$, el número de renovaciones, tal y como se estableció en el Cuaderno 12.

2.2.4.2 Ventilación de habitación

La ventilación de la habitación se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$C_{\text{Ventilación Habitación}} = 1058 \cdot N^{0,215} + 1,2 \cdot S_h^{0,25} = 0,00221 \text{ [M€]}$$

Donde:

- N , el número de tripulantes, 30 para el buque proyecto.
- S_h , la superficie total destinada a habitación, 5536,56 [m²].

2.2.4.3 Aire acondicionado y bombas de calor.

Se establece un coste aproximado de $60 \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right]$, resultando:

$$C_{AC} = 60 \cdot 5536,56 = 0,332 \text{ [M€]}$$

2.2.5 Equipos de seguridad y servicio contra incendios

A continuación, se realizará el cálculo aproximado de los costes de seguridad y servicio contra incendios del buque proyecto.

2.2.5.1 Botes y balsas salvavidas

El coste de los botes y balsas salvavidas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_{BS} = n \cdot K_{BS} \cdot N_p^{\frac{2}{3}}$$

Siendo:

- K_{BS} , se toma 3000 para botes cerrados a motor, 1200 para balsas salvavidas y 4000 para botes de rescate.
- n , el número de botes o balsas.
- N_p , número de personas en cada balsa

Tal y como se estableció en el Cuaderno 12, se instalan 2 botes salvavidas con capacidad para 35 personas cada uno, 3 balsas salvavidas con capacidad para 15 personas cada una, y un bote de rescate con capacidad para 10 personas.

Resultando:

$$C_{BS} = 2 \cdot 3000 \cdot 35^{\frac{2}{3}} + 3 \cdot 1200 \cdot 15^{\frac{2}{3}} + 4000 \cdot 10^{\frac{2}{3}} = 0,105 \text{ [M€]}$$

A continuación, se calculan los costes de los pescantes para estos equipos, para ello se estima un coste promedio de 8500 [€] por elemento, resultando de esta manera:

$$C_{Pescantes} = 8500 \cdot 6 = 0,051 \text{ [M€]}$$

Luego el coste total:

$$C_{BS} = 0,156 \text{ [M€]}$$

2.2.5.2 Chalecos, aros y otros elementos de salvamento.

A partir del número de tripulantes, se calcula el coste de estos elementos mediante la siguiente fórmula:

$$C_{SV} = 2500 + 30 \cdot N = 3400 \text{ [€]}$$

2.2.5.3 Servicio contra incendios

En primer lugar, se calculará el coste del sistema de detección, este viene dado por:

$$C_{Detección} = 65 \cdot K_1 \cdot (L_m \cdot D_m \cdot B)^{0,25} + 80 \cdot K_2 \cdot n_{ch} = 1622 \text{ [€]}$$

Siendo:

- K_1 y K_2 , coeficientes con valor 1, al tratarse de un buque con capacidad de cámara de máquinas desatendidas y detección de incendios en la habitación.
- L_m y D_m , la eslora y el puntal de la cámara de máquinas, 24,5 [m] y 28,6 [m], respectivamente.
- B , manga del buque.
- n_{ch} , el número de cubiertas de habitación.

A continuación, se calcula el sistema contraincendios. El coste se tomará como la suma del calculado para la cámara de máquinas con el calculado para bodegas:

$$C_{CI\ CM} = 8,4 \cdot L_m \cdot B \cdot D_m = 0,312 \text{ [M€]}$$

$$C_{CI\ Bodegas} = 6 \cdot V_B = 2,17 \text{ [M€]}$$

Siendo V_B el volumen de las bodegas, 363102 [m³].

Luego:

$$C_{CI} = 2,49 \text{ [M€]}$$

2.2.6 Coste de la habitación:

En los costes de la habitación se incluirán los derivados del alojamiento, equipos de fonda y hotel, gambuzas, equipos de lavandería y otros.

2.2.6.1 Alojamiento

El coste del alojamiento se calculará tomando un coste aproximado de 250 $\left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2}\right]$ y una superficie de 5536,56 [m²].

$$C_{Alojamiento} = 250 \cdot 5536,56 = 1,38 \text{ [M€]}$$

2.2.6.2 Equipos de fonda y hotel

Se asume un coste aproximado de 420 [€/tripulante] para buques oceánicos, resultando:

$$C_{FyH} = 420 \cdot 30 = 0,0126 \text{ [M€]}$$

2.2.6.3 Gambuzas.

El coste de las gambuzas se estima considerando la siguiente expresión:

$$C_G = 1800 \cdot V_g^{\frac{2}{3}} = 0,0572 [M\text{€}]$$

Siendo V_g , el volumen de las gambuzas frigorífica y refrigerada, a partir del Cuaderno 7, 63,35 [m^3] cada uno.

2.2.6.4 Equipos de lavandería

Se considera un coste de 240 [€/tripulante], resultando:

$$C_{Lavandería} = 240 \cdot 30 = 7200 [€]$$

2.2.6.5 Otros elementos

Se estima un coste aproximado de 72 [€/persona]:

$$C_{Otros} = 72 \cdot 30 = 2160 [€]$$

2.2.7 Instalación eléctrica

El coste de la instalación eléctrica se calculará a partir de la siguiente expresión:

$$C_{Eléctrica} = 480 \cdot P^{0,77} = 480 \cdot (6400 + 1065)^{0,77} = 4,608 [M\text{€}]$$

Donde P es la potencia instalada, a partir del Cuaderno 11, se instalan 6400 [kW] en generadores principales y 1065 [kW] en el generador de emergencia.

2.2.7.1 Dispositivos de automatización y control

Se añade una partida adicional de dispositivos de automatización y control reglamentarios, cuyo coste se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_{AyC} = 3240 \cdot k \cdot BHP^{1/3} = 0,225 [M\text{€}]$$

Siendo:

- BHP , la potencia del motor propulsor, 98646 [HP].
- k , 1,5 para navegación libre y maniobra.

2.2.8 Accesos, aberturas y accesorios

Se calcularán a continuación los costes de los accesos tales como escaleras y escotillas junto con los costes de las aberturas como ventanas y portillos.

2.2.8.1 Escaleras y pasamanos

Su coste se obtiene con la eslora del buque a través de la siguiente expresión:

$$C_{escaleras} = 22,6 \cdot L^{1,6} = 22,6 \cdot 356^{1,6} = 0,273 [M€]$$

2.2.8.2 Escotillas de acceso y registros

El coste de estos elementos se estima de igual manera con una expresión que relaciona este con la eslora del buque:

$$C_{Escotillas} = 12,6 \cdot L^{1,5} = 12,6 \cdot 356^{1,5} = 0,0846 [M€]$$

2.2.8.3 Puertas, ventanas y portillos

A partir del número de tripulantes se permite estimar el coste de las ventanas, puertas y portillos mediante la siguiente expresión:

$$C_{Portillos} = 2705 \cdot N^{0,48} = 2705 \cdot 30^{0,48} = 0,0138 [M€]$$

2.2.8.4 Escalas reales y escalas de práctico

Se obtiene el coste mediante la siguiente expresión:

$$C_{escalas} = 2000 + 1350 \cdot (D - 0,03L) \cdot N_{er} = 0,0569 [M€]$$

Siendo:

- L , la eslora del buque, 356 [m].
- D , el puntal del buque, 31 [m].
- N_{er} , el número de escalas reales del buque, se estiman 2.

2.2.8.5 Toldos fundas y accesorios de estiba

Se estiman los costes de los toldos y accesorios de estiba mediante la siguiente formulación:

$$C_{accesorios estiba} = 40 \cdot (L \cdot (B + D))^{0,68} = 0,0442 [M€]$$

Siendo:

- L , la eslora del buque, 356 [m]
- B , la manga del buque, 53 [m]
- D , el puntal del buque, 31 [m]

2.2.9 Equipo propulsor

Se calculará a continuación el coste de los elementos que componen la instalación propulsora principal, tales como el motor propulsor, línea de ejes, y distintos servicios auxiliares.

2.2.9.1 Motor propulsor

El coste del motor propulsor se puede estimar mediante la siguiente fórmula para motores de dos tiempos:

$$C_{motor\ propulsor} = 2710 \cdot N_c^{0,75} \cdot d^{0,9} = 2710 \cdot 12^{0,75} \cdot 920^{0,9} = 8,124 [M€]$$

Con:

- N_c , el número de cilindros, a partir del Cuaderno 10, 12 cilindros.
- d , el diámetro de los cilindros, 920 [mm], obtenido a partir del "Project Guide" del motor.

2.2.9.2 Línea de ejes, acoplamientos y embragues

El coste de la línea de ejes y la chumacera, junto con sus acoplamiento elásticos se estima mediante las siguientes expresiones:

$$C_{le} = 3,6 \cdot BHP = 3,6 \cdot 98646 = 0,355 [M€]$$

$$C_{ae} = 10000 \cdot \frac{BHP}{rpm} = 10000 \cdot \frac{98646}{76} = 0,0113 [M€]$$

Siendo:

- BHP , la potencia del motor propulsor, 98646 [HP].
- rpm , las revoluciones del motor propulsor, 76 [rpm].

2.2.9.3 Hélice

El coste de la hélice se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_{Hélice} = 360 \cdot BHP^{0,7} = 360 \cdot 98646^{0,7} = 1,128 [M€]$$

2.2.9.4 Refrigeración y lubricación

El coste de los equipos de lubricación y refrigeración se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$C_{\text{refrigeración y lubricación}} = 6 \cdot (K_1 + K_2) \cdot BHP = 6 \cdot (1,2 + 1) \cdot 98646 = 1,302 \text{ [M€]}$$

Siendo:

- K_1 , un coeficiente dependiente del tipo de motor, al ser un motor de dos tiempos lento, 1,2.
- K_2 , coeficiente que para enfriadores de placas de titanio vale 1.
- BHP , la potencia del motor propulsor, 98646 [HP].

2.2.9.5 Trasiego de combustibles

El coste de las bombas se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$C_{\text{trasiego}} = 44 \cdot N_{bt} \cdot Q_{bt} + 2,1 \cdot BHP = 44 \cdot (20 + 40) + 2,1 \cdot 98646 = 0,210 \text{ [M€]}$$

Donde:

- N_{bt} , el número de bombas de trasiego de combustible, existen dos bombas, pero N_{bt} se tomará como 1 para calcular los costes separados de cada bomba.
- Q_{bt} , el caudal de las bombas, 20 y 40 $\left[\frac{m^3}{h}\right]$ respectivamente.
- BHP , la potencia del motor propulsor, 98646 [HP].

2.2.9.6 Equipos de purificación

Los equipos de filtrado y purificación de lastre y aceite tendrán un coste dado por la siguiente expresión:

$$C_{\text{purificación}} = 10000 \cdot N_a \cdot Q_a \cdot K_1 + 4750 \cdot N_d \cdot Q_d \cdot k_1$$

$$C_{\text{purificación}} = 10000 \cdot 1 \cdot 8,8 \cdot 1 + 4750 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 1 = 0,183 \text{ [M€]}$$

Siendo:

- N_a y N_d , el número de purificadores de aceite y combustible, ambos 1.
- Q_a y Q_d , el caudal que circula por los purificadores de aceite y combustible, 8,8 y 20 respectivamente.
- k_1 , 1, para buques de carga y motores de dos tiempos.

2.2.10 Bombas lastre, sentinas y contra incendios

Se calcula el coste a continuación el coste de las bombas del sistema de lastre y sentinas junto con las del sistema contra incendios:

$$C_{bombas} = 600 \cdot N_s \cdot Q_s^{\frac{1}{3}} \cdot K_1 + 960 \cdot N_{CI} \cdot Q_{CI}^{\frac{1}{3}} \cdot K_2 + 960 \cdot N_{CI} \cdot Q_{CI}^{\frac{1}{3}} \cdot K_3 + 1100 \cdot Q_s \cdot K_4$$

$$C_{bombas} = 0,484 \text{ [M€]}$$

Con:

- N_s y N_{CI} , son el número de bombas de sentinas y contra incendios, 3 y 4 bombas respectivamente.
- Q_s y Q_{CI} , son los caudales de las bombas de sentinas y bombas contra incendios. En el caso de las bombas de sentinas 350 [m^3/h] y en caso de las bombas contra incendios, 3 de 60 [m^3/h] y una de 75 [m^3/h].
- $K_1 = 3$, $K_2 = 4$, $K_3 = 4$ y $K_4 = 1$, al ser el buque proyecto mayor a 4000 GT.

2.2.11 Separador de sentinas

Se empleará la siguiente fórmula para calcular el coste del separador de sentinas:

$$C_{sentinas} = 156 \cdot GT^{0,5} + 5100 \cdot K_{sentinas} = 156 \cdot 169329^{0,5} + 5100 \cdot 1 = 0,0693 \text{ [M€]}$$

Siendo:

- GT , el arqueado bruto del buque proyecto. A partir del cuaderno 9, 169329 [GT].
- $K_{sentinas}$, 1 para buques con control automático de sentinas.

2.2.12 Servicio sanitario

Se calcularán a continuación los costes de la planta generadora de agua dulce, de la planta de tratamiento de aguas residuales y del incinerador de residuos:

2.2.12.1 Generador de agua dulce

Se estima un coste en función de su caudal, dado por la siguiente expresión:

$$C_{generador AD} = 1380 \cdot Q_{AD} = 1380 \cdot \frac{300}{1000} \cdot 24 = 9936 \text{ [€]}$$

Del Cuaderno 12, se escogió un generador por ósmosis de 300 [l/h].

2.2.12.2 Planta de tratamiento de aguas residuales

A la planta de tratamiento de aguas fecales puede suponerse un coste aproximado en función del número de tripulantes, dado por la siguiente fórmula:

$$C_{Tratamiento} = 2645 \cdot N^{0,4} = 2645 \cdot 30^{0,4} = 0,0103 \text{ [M€]}$$

2.2.12.3 Incinerador de residuos

Al incinerador de residuos se le estima de igual manera el siguiente coste según el número de tripulantes:

$$C_{incinerador} = 11420 \cdot N^{0,2} = 11420 \cdot 30^{0,2} = 0,0225 \text{ [M€]}$$

2.2.13 Equipos de puente

2.2.13.1 Equipos de navegación

Los costes de los distintos equipos se enumeran en la siguiente tabla siguiendo la referencia del libro de la bibliografía *“Proyectos de buques y artefactos. Criterios de evaluación técnica y económica del proyecto de un buque”* de Fernando Junco.

Equipos de navegación	
Radar de movimiento verdadero	51600 [€]
Radar de movimiento relativo	9900 [€]
Sonda	3525 [€]
Sistema navegación por satélite	5100 [€]
Goniómetro	4800 [€]
Cartas	4450 [€]
Corredera	5100 [€]
Sistema piloto automático	6000 [€]
Compás giroscópico	29000 [€]
Compás magnético	1950 [€]
Total	121425 [€]

Tabla 3. Costes de equipos de navegación

Se decide añadir un 8% de margen por equipos auxiliares:

$$C_{equipos\ de\ puente} = 1,08 \cdot 0,121 = 0,131 \text{ [M€]}$$

2.2.13.2 Equipos de comunicaciones internas

Se considera un coste dentro del intervalo de 12000 y 36000 [€], se opta por tomar un valor alto para dejar cierto margen a la partida:

$$C_{\text{comunicaciones internas}} = 0,03 [\text{M€}]$$

2.2.13.3 Equipos de comunicaciones externas

Considerando un intervalo de entre 50000 y 120000 [€] se decide por estimar un coste de la partida de 100000 [€]:

$$C_{\text{comunicaciones externas}} = 0,1 [\text{M€}]$$

Resumiendo, los costes de los equipos y servicios del buque resultan:

Equipos y servicios			
Gobierno	1,32 [M€]	Escaleras y pasamanos	0,27 [M€]
Protección catódica	0,04 [M€]	Escotillas	0,08 [M€]
Anclas	0,12 [M€]	Puertas, ventanas y portillos	0,01 [M€]
Cadenas, cables y estachas	0,73 [M€]	Escalas reales	0,06 [M€]
Molinetes	0,00 [M€]	Toldos, fundas y accesorios estiba	0,04 [M€]
Chigres	0,10 [M€]	Motor propulsor	8,12 [M€]
Accesorios fondeo y amarre	0,59 [M€]	Línea de ejes	0,36 [M€]
Ventilación espacios de carga	0,00 [M€]	Acoplamientos elásticos	0,01 [M€]
Ventilación habitación	0,00 [M€]	Hélice	1,13 [M€]
Aire acondicionado	0,33 [M€]	Refrigeración y lubricación	1,30 [M€]
Botes y balsas salvavidas	0,16 [M€]	Trasiego de combustibles	0,21 [M€]
Elementos salvamento	0,00 [M€]	Purificación	0,18 [M€]
Detección de incendios	0,00 [M€]	Bombas lastre, sentinas y CI	0,48 [M€]
Servicio contraincendios	2,49 [M€]	Separador de sentinas	0,07 [M€]
Alojamiento	1,38 [M€]	Generador agua dulce	0,01 [M€]
Fonda y hotel	0,01 [M€]	Planta tratamiento aguas residuales	0,01 [M€]
Gambuzas	0,06 [M€]	Planta incineradora	0,02 [M€]
Lavandería	0,01 [M€]	Equipos de navegación	0,13 [M€]
Otros elementos de habitación	0,00 [M€]	Comunicaciones internas	0,03 [M€]
Instalación eléctrica	4,83 [M€]	Comunicaciones externas	0,10 [M€]
Total		24,82 [M€]	

Tabla 4. Resumen de costes de equipos y servicios

2.3 Equipos específicos del buque

El buque proyecto, al ser un buque portacontenedores posee ciertos equipos específicos cuyo coste se procede a calcular a continuación.

2.3.1 Elementos de trincado

El coste de los elementos de trincado se descompondrá en dos partidas correspondientes al trincado de contenedores y trincado de cubierta.

2.3.1.1 Trincado de contenedores

Se considera directamente proporcional al número de contenedores y se estimará mediante la siguiente expresión:

$$C_{\text{trincaje contenedores}} = 276 \cdot 16000 = 4,16 \text{ [M€]}$$

2.3.1.2 Trincado de cubierta

En esta partida se considera directamente proporcional a la eslora del buque, siendo esta:

$$C_{\text{trincado cubierta}} = 450 \cdot L = 450 \cdot 356 = 0,106 \text{ [M€]}$$

2.3.2 Guías de contenedores

El coste de las guías se calcula de igual manera a partir del número de contenedores a partir de la siguiente fórmula:

$$C_{\text{guías}} = 450 \cdot 16000^{0,92} = 0,332 \text{ [M€]}$$

Resumiendo, los equipos específicos del buque:

Equipos específicos	
Trincado	4,27 [M€]
Guías de contenedores	0,33 [M€]
Total	4,60 [M€]

Tabla 5. Coste de equipos específicos

2.4 Costes de mano de obra

Se calcularán a continuación los costes de mano de obra para cada una de las partidas anteriores. Para ello, se considerará un coste por hora de trabajo en astillero que se sitúa dentro del intervalo de 18 y 36 [€/h]. Se decide optar por un valor de 30 [€/h].

2.4.1 Casco

2.4.1.1 Acero laminado

Las horas destinadas al acero laminado del casco se estiman mediante la siguiente fórmula:

$$H_{acero} = k_{ba} \cdot P_{Ac} \cdot (1 + k_f) \cdot (1 - C_f) \cdot (1 + k_b) \cdot (1 + k_e + C_e) \cdot [1 + k_{cub} \cdot (N_{cub} - 1)]$$

Siendo:

- k_{ba} , índice de mano de obra, marcado por el ratio de productividad del astillero, oscila entre 20 y 100 [h/t], se opta por un valor medio de 60 [h/t].
- P_{Ac} , el peso de aceros, 44390 [t].
- k_f , índice del coeficiente de forma, 0,3.
- C_f , coeficiente de forma del buque, se aproxima a 0,9, al tener un cuerpo cilíndrico largo.
- k_b , coeficiente de bulbo, al existir en el buque proyecto se establece en 0,04.
- k_e , índice de complejidad del acero especial, se estima 0,5.
- C_e , coeficiente de acero especial, en este caso 0.
- k_{cub} , Coeficiente de número de cubiertas, se toma 0,05.
- N_{cub} , número de cubiertas, sin contar la cámara de máquinas, 10, en el caso del buque proyecto.

$$H_{acero} = 60 \cdot 44390 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 - 0,9) \cdot (1 + 0,04) \cdot (1 + 0,5) \cdot [1 + 0,05 \cdot (10 - 1)]$$

$$H_{acero \text{ laminado}} = 783200 [h]$$

2.4.1.2 Resto de los materiales del casco

Se estiman las horas mediante la siguiente expresión:

$$H_{resto \text{ de materiales del casco}} = 25 + 30 \cdot L^{\frac{1}{3}} \cdot T \cdot k_1 = 25 + 30 \cdot 356^{\frac{1}{3}} \cdot 15,5 \cdot 1 = 3320 [h]$$

Siendo:

- L , la eslora del buque, 356 [m].
- T , el calado de escantillado, 15,5 [m]
- $k_1 = 1$, para buques de una sola hélice.

2.4.1.3 Preparación de superficies

Se considera un tiempo de $0,02 \left[\frac{h}{m^2} \right]$, considerando las superficies anteriormente nombradas:

$$S_{externa} = 36953,705 [m^2]$$

$$S_{interna} = 110861,115 [m^2]$$

Luego:

$$H_{preparación} = 0,02 \cdot (36953,705 + 110861,115) = 2956 [h]$$

2.4.1.4 Pintura y control de corrosión

Se estima el tiempo mediante la siguiente expresión:

$$H_{pintura} = 0,25 \cdot S_{om} + (1 + 0,3 \cdot N_{om}) + 0,35 \cdot \frac{S_{ov} \cdot N_{ov}}{4} + 0,4 \cdot S_i \cdot N_i$$

Siendo:

- S_{om} , superficie de la obra muerta, 13505,242 [m^2].
- N_{om} , N_{ov} y N_i , el número de manos aplicadas, 3, 5 y 2 para la obra muerta, obra viva y superficie interior, respectivamente.
- S_{ov} , superficie de obra viva, 23448,463 [m^2].
- S_i , superficie interna, 110861,115 [m^2].

Resultando:

$$H_{pintura} = 102326 [h]$$

2.4.1.4 Tuberías

El cálculo de tiempo destinado a la fabricación e instalación de tuberías:

$$H_{tuberías} = 11 \cdot BHP^{0,35} = 615,63 [h]$$

Siendo el BHP del buque 98646 [HP].

2.4.2 Equipo de gobierno

Al timón y sus accesorios se les estima un tiempo dado por la siguiente expresión:

$$H_{timón} = 100 \cdot h \cdot c = 100 \cdot 10 \cdot 9 = 9000 [h]$$

Siendo $c = 9 [m]$ y $h = 10 [m]$, la cuerda y la altura del timón respectivamente.

A este tiempo se le añade el tiempo dedicado a la instalación del servo y de otros elementos auxiliares, dado por la siguiente fórmula en función de la eslora:

$$H_{servo} = 33 \cdot L^{\frac{2}{3}} = 33 \cdot 356^{\frac{2}{3}} = 1658 [h]$$

2.4.3 Equipos de amarre, fondeo y maquinaria de cubierta

El tiempo del equipo de amarre se puede obtener a partir de la siguiente expresión en función del peso del ancla:

$$H_{fondeo} = 27 \cdot P_a^{0,4} = 27 \cdot (24,5 \cdot 2)^{0,4} = 128 [h]$$

Así mismo hay que añadir el tiempo para elementos de cubierta:

$$H_{cubierta} = L \cdot (1,75 \cdot N_m + 1,6 \cdot N_{ca} + 1,7 \cdot N_{ma}) = 356 \cdot (1,75 \cdot 4 + 1,6 \cdot 12 + 1,7 \cdot 12)$$

$$H_{cubierta} = 16590 [h]$$

Siendo:

- L , la eslora del buque, 356 [m].
- N_m , el número de molinetes, 4.
- N_{ca} , el número de cabrestantes, 12.
- N_{ma} , el número de máquinas de amarre, 12.

2.4.4 Ventilación y A/C

Las horas destinadas a la instalación de ventilación se estimará según la zona.

2.4.4.1 Ventilación de las bodegas

Se estiman 150 [h/bodega], resultando de esta manera:

$$H_{ventilación\ bodegas} = 11 \cdot 150 = 1650 [h]$$

2.4.4.2 Ventilación cámara de máquinas

Mediante la siguiente expresión se calcularán las horas de trabajo para la instalación de la ventilación en la cámara de máquinas:

$$H_{ventilación\ cámara\ de\ máquinas} = 0,05 \cdot BHP = 4932 [h]$$

Siendo el $BHP = 98646 [HP]$.

2.4.5 Equipos de seguridad y servicio contraincendios

2.4.5.1 Equipos de salvamento

Se calcula en función el número de tripulantes

$$H_{\text{salvamento}} = 300 + 1,5 \cdot 30 = 345 [h]$$

2.4.5.2 Medios contraincendios convencionales

Se estiman las horas a partir de la siguiente expresión en función de la eslora:

$$H_{\text{contraincendios}} = 5,5 \cdot L = 5,5 \cdot 356 = 1960 [h]$$

2.4.6 Habilitación

2.4.6.1 Alojamientos

Se toma un valor de $16 \left[\frac{h}{m^2} \right]$, considerando una superficie de $5536,56 [m^2]$:

$$H_{\text{alojamientos}} = 16 \cdot 5536,56 = 88585 [h]$$

2.4.6.2 Equipos de fonda y hotel

Considerando un valor de $115 \left[\frac{h}{\text{tripulante}} \right]$:

$$H_{\text{fonda y hotel}} = 115 \cdot 30 = 3450 [h]$$

2.4.6.3 Equipos de acondicionamiento en alojamientos

Se consideran $2 \left[\frac{h}{m^2} \right]$:

$$H_{\text{acondicionamiento}} = 2 \cdot 5536,56 = 11073 [h]$$

2.4.7 Instalación eléctrica

Las horas de instalación de los equipos y cableados de la planta eléctrica se estiman mediante la siguiente expresión:

$$H_{eléctrica} = 4 \cdot S_h + 6 \cdot kW = 4 \cdot 5536,56 + 6 \cdot (6400 + 1065) = 66936 [h]$$

Siendo:

- S_h , la superficie ocupada por la habilitación, 5536,56 [m²].
- kW , la potencia total instalada en generadores, 7465 [kW].

2.4.8 Accesos, aberturas y accesorios

2.4.8.1 Montaje de cierres de escotillas

El tiempo de montaje de las escotillas se estima mediante la siguiente expresión:

$$H_{escotillas} = 460 \cdot S_e^{0,3} = 460 \cdot 6336^{0,3} = 6355 [h]$$

Donde S_e , se corresponde con la superficie total de escotillas, 6336 [m²].

2.4.9 Equipo propulsor

2.4.9.1 Motor propulsor

El tiempo de instalación del motor principal se calcula a partir de su potencia mediante la siguiente expresión:

$$H_{motor} = 10 \cdot BHP^{\frac{2}{3}} = 10 \cdot 98646^{\frac{2}{3}} = 21350 [h]$$

2.4.9.2 Línea de ejes

Las horas de instalación y construcción de la línea de ejes se calculan de igual manera mediante la potencia del motor principal:

$$H_{línea de ejes} = k_{le} \cdot BHP = 15783 [h]$$

Siendo k_{le} una constante que para buques con línea de ejes directamente acoplado al motor vale 0,16.

2.4.9.3 Hélice

Las horas dedicadas a la hélice se estiman de la siguiente forma:

$$H_{Hélice} = k_1 \cdot k_2 \cdot BHP = 240 \cdot 0,004 \cdot 98646 = 94700 [h]$$

Siendo:

- k_1 y k_2 , constantes que para hélices de paso fijo valen 240 y 0,004 respectivamente.

2.4.9.4 Equipos de refrigeración, circulación y lubricación:

Se estiman mediante la siguiente expresión:

$$H_{Refrigeración} = k_{crl} + 0,8 \cdot BHP = 230 + 0,8 \cdot 98646 = 79146 [h]$$

Donde k_{crl} se corresponde con una constante dependiente del tipo de motor, 230 para motores de dos tiempos.

2.4.10 Equipos sanitarios

Las horas se calculan a partir de la siguiente expresión:

$$H_{sanitarios} = k_1 \cdot (280 + 8 \cdot Q_a) + k_2 \cdot (200 + 2,5 \cdot N) + k_3 \cdot (410 + 3,9 \cdot N) + 400 \cdot k_4$$

$$H_{sanitarios} = 1540 [h]$$

Siendo:

- Q_a , la capacidad de generar agua dulce, $\frac{300}{1000} \cdot 24 \left[\frac{t}{día} \right]$.
- Coeficientes k_n , todos con valor 1 al existir grupos hidróforos, planta de tratamiento, incinerador de residuos y generador de agua dulce.
- N , el número de tripulantes, 30.

2.4.11 Equipos de navegación y comunicaciones

Se estima un gasto de 120 horas por equipo, resultando:

$$H_{navegación y comunicaciones} = 120 \cdot 10 = 1200 [h]$$

2.4.12 Otros accesorios de equipo, armamento e instalaciones

El tiempo empleado viene dado por la siguiente expresión:

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

$$H_{acc} = 548925 [h]$$

Siendo:

- N , el número de tripulantes, 30.
- L, B y D , la eslora 356 [m], la manga 53 [m] y el puntal 31 [m] del buque respectivamente.
- N_{bo} , el número de botes de servicio
- N_{pc} , el número de pescantes

2.4.13 Equipos específicos del buque

El tiempo de fabricación e instalación de trincas y guías para contenedores se calcula a partir del número de TEU's mediante la siguiente expresión:

$$H_{específicos} = 12 \cdot k_1 \cdot TEU + 57 \cdot TEU^{0,92} = 583602 [h]$$

Donde:

- k_1 , coeficiente que se considera 0,85 al no contar con contenedores refrigerados.
- TEU , los contenedores transportados, 16000 [TEU's].

Resumiendo, los costes debidos a la mano de obra resultan:

	Tiempo [h]	Coste
Acero laminado	783200	23,50 [M€]
Resto de los materiales del casco	3320	0,10 [M€]
Preparación de superficies	2956	0,09 [M€]
Pintura y control de la corrosión	102326	3,07 [M€]
Tuberías	616	0,02 [M€]
Timón	9000	0,27 [M€]
Servomotor del timón	1658	0,05 [M€]
Equipo de fondeo	128	0,00 [M€]
Equipos cubierta	16590	0,50 [M€]
Ventilación de las bodegas	1650	0,05 [M€]
Ventilación cámara de máquinas	4932	0,15 [M€]
Medios contraincendios	1960	0,06 [M€]
Alojamiento	88585	2,66 [M€]
Fonda y hotel	3450	0,10 [M€]

	Tiempo [h]	Coste
Acondicionamiento de alojamientos	11073	0,33 [M€]
Instalación eléctrica	66936	2,01 [M€]
Montaje de escotillas	6355	0,19 [M€]
Motor principal	21350	0,64 [M€]
Línea de ejes	15783	0,47 [M€]
Hélice	94700	2,84 [M€]
Circulación, refrigeración y lubricación	79146	2,37 [M€]
Equipos sanitarios	1540	0,05 [M€]
Navegación y comunicaciones	1200	0,04 [M€]
Otros accesorios, armamento e instalaciones	548925	16,47 [M€]
Equipos específicos del buque	583602	17,51 [M€]
Total		73,53 [M€]

Tabla 6. Costes por mano de obra

2.5 Costes varios del astillero

A las partidas calculadas anteriormente es necesario añadir un coste específico del astillero independiente de los equipos y materiales del buque. Estos costes pueden dividirse en las siguientes categorías:

2.5.1 Gastos de ingeniería

Compuesto por los proyectos subcontratados en el exterior, estudios específicos y ensayos en canal.

2.5.2 Gastos por clasificación, reglamentos y certificados

Hay que tener en cuenta de igual manera el gasto ocasionado por las sociedades de clasificación, gobiernos, entidades reguladoras e inspecciones durante la construcción.

2.5.3 Pruebas y garantía

El astillero es de igual manera responsable de realizar la botadura, así mismo deberá cubrir los gastos de prácticos y remolcadores, varada, pruebas de mar y garantía

2.5.4 Servicios auxiliares durante la construcción

El astillero debe encargarse de igual manera de suministrar la energía requerida para la construcción, junto con el montaje de los andamios y la limpieza de los distintos espacios.

2.5.5 Seguros

El astillero requerirá de la contratación de distintos seguros, como el seguro de construcción, de los que deberá correr con los costes sujetos a la contratación de dichas pólizas.

Los gastos anteriormente enumerados son difícilmente cuantificables, si bien se puede estimar un valor proporcional al valor final del buque.

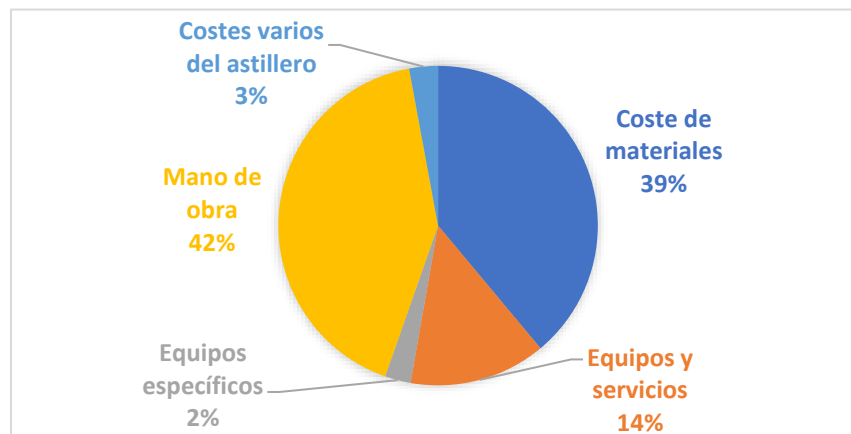
Para el buque proyecto se estima un 3% del coste total del buque como costes varios de astillero.

2.6 Coste de construcción

El coste final de construcción se muestra en la siguiente tabla:

Equipos de navegación y comunicaciones	
Coste de materiales	68,63 [M€]
Equipos y servicios	24,82 [M€]
Equipos específicos	4,60 [M€]
Mano de obra	73,53 [M€]
Costes varios del astillero	5,15 [M€]
Total	176,72 [M€]

Tabla 7. Coste total de construcción



Gráfica 1. Distribución de los costes

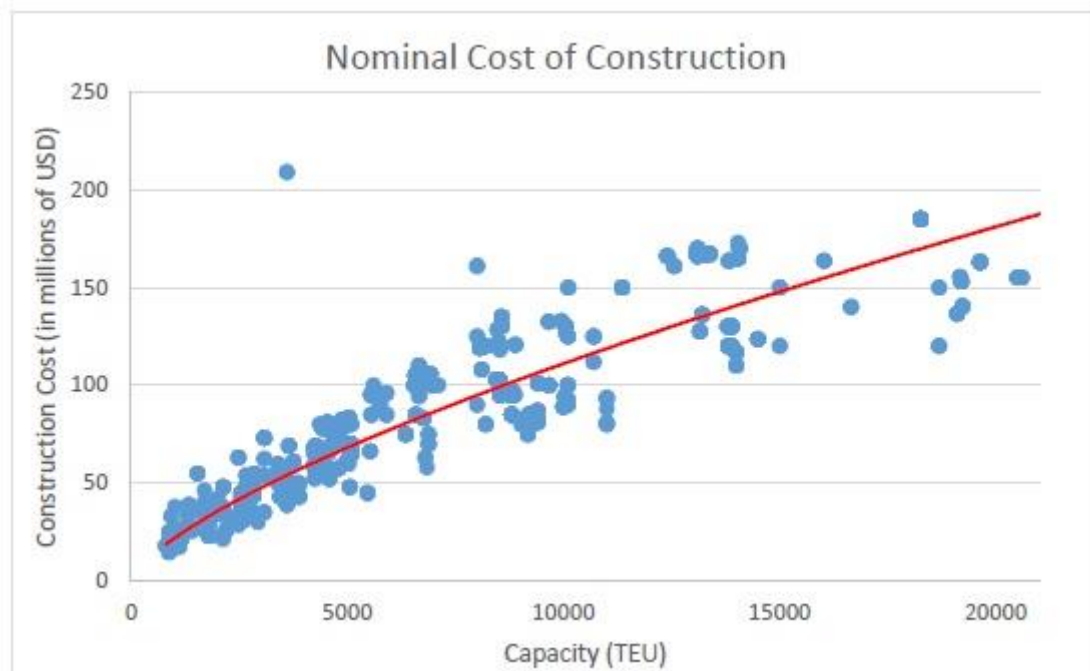
3. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE

Se procede a continuación a situar el buque proyecto dentro del mercado actual de buques de obra nueva. Para ello se compararán los costes obtenidos anteriormente con buques de reciente construcción similares.

Para situar el buque, se han de añadir a los costes anteriormente calculados el beneficio neto del astillero. Este beneficio se estima en un 5%, resultando:

$$C_{adquisición} = 176,72 \cdot 1,05 = 185,56 \text{ [M€]}$$

Para hacer una primera aproximación al mercado se puede emplear la siguiente gráfica propuesta por Gustavo Zamora, realizada en 2018:



Gráfica 2. Precio de construcción de buques portacontenedores por capacidad

El buque proyecto tiene un coste de construcción de 176,72 [M€], que al cambio actual con el dólar resulta 185,08 [M\$].

Entrando en la gráfica se observa que para un buque de 16000 TEU's se obtiene un coste aproximado de 160 [M\$].

Existe a primera vista una diferencia de 25 [M\$]. Si bien esta diferencia puede parecer muy elevada, considerando una inflación anual acumulada de un 4,07 % en el dólar desde 2018, se obtiene un coste de construcción en 2018 de 177,54 [M\$]. Un valor más cercano al proporcionado por el artículo, existiendo una desviación de un 9,8 %. A esta inflación habría que sumarle en particular el incremento de los costes que afectan

específicamente al buque, por ejemplo, tal y como se muestra en el siguiente gráfico, el acero ha sufrido un aumento del precio de aproximadamente un 100%:

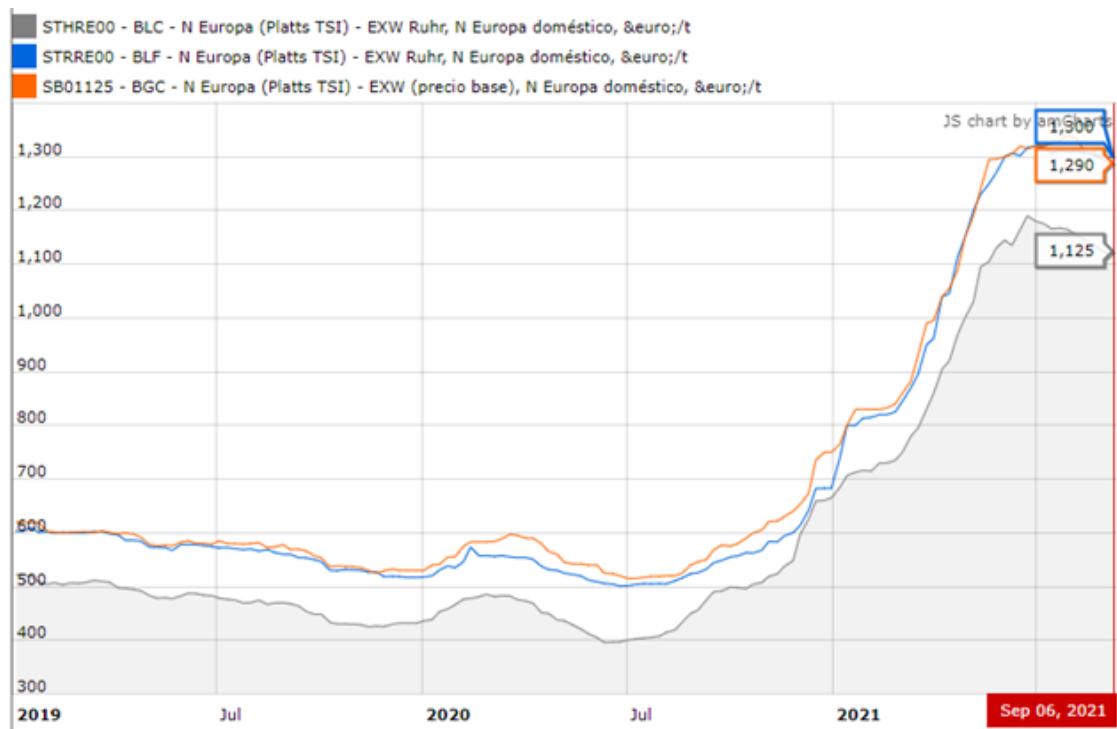


Gráfico 3. Evolución precio de acero (Fuente: S&P Global)

Este aumento en el precio del acero ha producido un incremento sustancial del coste de adquisición de los buques en general, y de los buques portacontenedores en particular.

Para situar el buque en un contexto más actual, tal y como se mencionó en el Cuaderno 1, MSC ha encargado en 2021 13 buques portacontenedores de 16000 TEU's con un coste unitario aproximado de 130 [M\$].

Siendo este costo bastante menor al estimado durante la realización de este cuaderno. Esta desviación puede deberse a la diferencia de costes en el precio por hora en un astillero chino, así como el ajuste presupuestario ligado a un contrato de un número tan alto de unidades.

Se puede decir, por tanto, que el buque proyecto tiene un coste un poco superior al coste de mercado. Este sobrecoste es razonable teniendo en cuenta el uso de fórmulas empíricas y estimativas, proporcionando valores orientativos que no pueden en ningún caso tomarse como exactos.

Cabe destacar que la alta volatilidad del mercado de buques de obra nueva produce grandes variaciones de los precios de construcción. Se puede decir que actualmente el mercado de construcción de buques portacontenedores esta en auge, habiendo una demanda alta en el transporte marítimo en líneas regulares, provocando un aumento sostenido en el precio de adquisición de estos buques.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) ABRAMOWSKI, Tomasz, Tomasz CEPOWSKI y Peter ZVOLENSKY. Determination Of Regression Formulas for key Design characteristics container ships at preliminary design stage. 2018.
- 2) ALVARIÑO, Ricardo, AZPÍROZ, Juan José y MEIZOSO, Manuel. *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Colegio oficial de Ingenieros Navales: 2007.
- 3) CONDE ALONSO, Nadia. *Buque portacontenedores post panamax 9000 TEU's*. Trabajo fin de máster, Universidade da Coruña, 2017.
- 4) JUNCO OCAMPO, Fernando Antonio. *Proyectos de buques y artefactos. Anteproyecto y dimensionamiento del buque*. Ferrol: Universidade da Coruña, [sin fecha].
- 5) PARSONS, M. G. *Parametric ship design*.
- 6) PUENTE VARELA, B. y DIAZ CASAS, V. *Apuntes de proyectos de buques y artefactos I*. Ferrol: Universidade da Coruña, 2021.
- 7) RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Miguel Ángel. *Buque portacontenedores de 20000 TEUS adaptado a ruta Asia-Europa*. Ferrol: Universidade da Coruña, 2021.
- 8) SCHNEEKLUTH, H. y V. BERTRAM. *Ship design for efficiency and economy*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1989.
- 9) VAN DOKKMUN, Klaas. *Ship Knowledge. Ship Design, construction and operation*. 5ª ed. Enkhuizen: Dokmar.
- 10) WATSON, D. G. M. Proyecto del buque mercante.
- 11) ZAMORA, GUSTAVO. *Precio de construcción del buque mercante*. Buenos Aires: 2018