



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2021/2022

ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL. 200 TPF.

CUADERNO 13: PRESUPUESTO DE CONTRUCCIÓN DEL BUQUE.

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Raúl Fernández Garda

TUTORAS/ES

Marcos Míguez González

FECHA

Septiembre 2022

RESUMEN TFG. BUQUE DE APOYO A INSTALACIONES OFFSHORE.

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal la realización de un anteproyecto de un buque AHTS. Estos buques se construyen principalmente para servir de apoyo a las plataformas petrolíferas, asegurándolas en su ubicación mediante anclas. También pueden desarrollar otras funciones como proporcionar suministros, prestar servicio de remolque, transportar personas y realizar operaciones de inspección subacuática mediante un ROV.

Además, nuestro buque cuenta con sistemas FIFI I para la lucha contra incendios, un sistema de posicionamiento dinámico DP2 para poder llevar a cabo sus operaciones de anclaje en unas condiciones meteorológicas adversas. Para poder conseguir este nivel de posicionamiento contamos con dos propulsores pods de transmisión eléctrica y tres thrusters de túnel.

Podemos considerar este tipo de buques como una de esas creaciones que no solo ayudan al crecimiento de la industria offshore, sino que a su vez ayudan a prevenir situaciones peligrosas en el mar.

RESUMO

O principal obxectivo deste proxecto é levar a cabo un anteprojecto dun buque AHTS. Estes buques están construídos principalmente para servir de apoio ás plataformas petrolíferas, fixándoas no seu lugar con áncoras. Tamén poden realizar outras funcións como proporcionar suministros, servizo de remolque, transporte de persoas e realizar operacións de inspección subacuática mediante un ROV.

Ademais, o noso buque conta con sistemas FIFI I para a loita contra incendios, un sistema de posicionamento dinámico DP2 para poder realizar as súas operacións de ancoraxe en condicións meteorolóxicas adversas. Para acadar este nivel de posicionamento, temos dous propulsores pods accionados eléctricamente e tres propulsores de túnel.

Podemos considerar este tipo de buques como unha desas creacións que non só axudan a crecer á industria offshore, senón que tamén axudan a previr situacións perigosas no mar.

SUMMARY

The main objective of this project is to carry out a preliminary project for an AHTS vessel. These vessels are built primarily to support oil rigs, securing them in place with anchors. They can also perform other functions such as providing supplies, providing towing service, transporting people and perform underwater inspection operations using a ROV.

In addition, our ship has FIFI I system for fire fighting, a DP2 dynamic positioning system to be able to carry out its anchoring operations in adverse weather conditions. In order to achieve this level of positioning we have two electrically driven pods and three tunnel thrusters.

We can consider this type of vessels as one of those developments that not only helps the offshore industry grow, but also prevents dangerous situations at sea.

REQUISITOS RPA. BUQUE DE APOYO A INSTALACIONES OFFSHORE.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.021 - 2.022

PROYECTO NÚMERO: 2022-GENO-3.

TIPO DE BUQUE: Anchor handling tug supply vessel (AHTS).

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV GL, SOLAS y MARPOL. AHTS, DK, E0, DPS 2, F(M), FIFI I.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Material de fondeo, abastecimiento a plataformas petrolíferas y capacidad de remolque. 200 TPF.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: velocidad de servicio de 15 kn y una autonomía de 4000 mn a la velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Los habituales en este tipo de buques.

PROPULSIÓN: Diésel-eléctrica. Propulsión de tipo pod.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 20 tripulantes.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

- Sistema de recuperación y lanzamiento de un ROV.

Ferrol, septiembre 2022

ALUMNO/A: **D. Raúl Fernández Garda**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2021/2022

ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY VESSEL. 200 TPF.

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO XIII

PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE

RAÚL FERNÁNDEZ GARDA

ÍNDICE

Resumen TFG. Buque de apoyo a instalaciones offshore.....	2
Requisitos RPA. Buque de apoyo a instalaciones offshore.	3
Resumen de las características principales del buque	7
Introducción	8
1 Contexto histórico.	9
1.1 Análisis del mercado offshore.	9
1.2 Motivos de crecimiento del mercado.	10
1.2.1 Por análisis de la profundidad del agua.	10
1.2.2 Por análisis de aplicaciones.....	10
1.2.3 Perspectivas regionales.....	11
1.3 Segmentación del mercado.	12
1.4 Principales fabricantes en la industria.....	12
2 Presupuesto de construcción del buque.....	14
2.1 Cálculo del coste de materiales a granel (CMg).....	14
2.1.1 Coste del acero.....	14
2.1.2 Coste de las piezas fundidas.	14
2.1.3 Coste de los materiales auxiliares a la construcción del casco.	15
2.1.4 Coste de la preparación de la superficie.	15
2.1.5 Coste de la pintura y de la protección catódica.....	15
2.2 Cálculo del coste de los equipos (CEq).....	17
2.2.1 Coste de los equipos de fondeo y amarre.....	17
2.2.2 Coste de los equipos de salvamento.	18
2.2.3 Coste de los equipos relacionados con la habilitación.	19
2.2.4 Coste de los equipos de navegación y comunicaciones.	21
2.2.5 Coste de los equipos contraincendios.....	21
2.2.6 Coste de los equipos de la instalación eléctrica.....	22
2.2.7 Coste de los equipos de elevación.	23
2.2.8 Coste de las tuberías.....	23
2.2.9 Coste de los diversos accesorios de equipos, armamento e instalaciones.	24
2.2.10 Coste de los equipos de la instalación propulsora.	25
2.2.11 Coste del equipo sanitario.	27
2.2.12 Coste de las hélices transversales.....	28
2.2.13 Coste de los equipos de automatización y control.	29
2.2.14 Coste de los equipos auxiliares del casco.....	29

2.2.15 Coste de los equipos para el manejo de cargas líquidas.	30
2.2.16 Coste de otros equipos generales.....	32
2.2.17 Coste de equipos específicos para remolcadores.....	32
2.3 Cálculo del coste de la mano de obra (CMo)	34
2.3.1 Materiales de construcción.	34
2.3.2 Equipos, servicios y sistemas.	36
2.4 Cálculo de costes de gastos varios (CVa).....	40
2.5 Cálculo de costes de ingeniería (CIg).	40
2.6 Análisis del coste de construcción del buque de proyecto (CC).	41
2.7 Valor de contrato y coste de adquisición.....	42
2.8 Gastos del armador.	42
2.8.1 Gastos notariales de la hipoteca.....	42
2.8.2 Escritura de entrega e impuesto por actos jurídicos documentados.....	42
2.8.3 Gastos notariales generales.	43
2.8.4 Intereses intercalarios.....	43
2.8.5 Inspección del armador.....	43
2.8.6 Adiestramiento de la tripulación.	43
2.8.7 Cargos, pertrechos y repuestos no incluidos en el contrato de construcción. .	43
2.8.8 Gastos de puesta en explotación.....	44
2.9 Resumen de los resultados obtenidos.	45
2.10 Análisis del coste obtenido y del mercado offshore.....	45

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE

Las dimensiones principales de nuestro buque son las obtenidas en los Cuaderno I, II y III.

TPF	200
BHP / kW	27.952 CV / 20.844 kW
L	79,00 m
B	21,40 m
T	8,19 m
D	9,10 m
Cb	0,704
CM	0,986
CP	0,714
Fn	0,277
Δ	11.633,80 t

INTRODUCCIÓN

A lo largo de este cuaderno vamos a calcular los costes de construcción que tendría el astillero si quisiera llevar a cabo la construcción de este proyecto. Estos cálculos se tratan de una aproximación ya que el valor final dependerá de muchos factores que a estas alturas del diseño es muy complicado tener en cuenta. Uno de estos factores que pueden afectar al presupuesto inicial es el precio del acero ya que en los últimos años el precio de este material ha subido considerablemente. También debemos de tener en cuenta la inflación del país donde se encuentre el astillero ya que este también es un posible factor de riesgo del proyecto.

Otro aspecto que puede encarecer el precio de la construcción son las reformas del proyecto. Es muy importante que el astillero tenga planificado como se van a poder realizar posibles y/o futuras reformas antes de iniciar el proceso de construcción. Debemos destacar que el retraso en los pedidos de material también puede suponer un aumento del coste inicial.



1 CONTEXTO HISTÓRICO.

Si queremos realizar la estimación preliminar del coste del buque de proyecto debemos de seguir una serie de fórmulas a lo largo del cuaderno. Desglosaremos los conceptos que conforman el proceso productivo del buque. Estos están formados por los siguientes cinco grupos.

- Coste de los materiales.
- Coste de los equipos, servicios y sistemas.
- Coste de la mano de obra.
- Costes varios del astillero.
- Costes de ingeniería.

Entre los grupos anteriormente mencionados, los tres primeros los vamos a poder subdividir en diferentes conceptos, por tanto, tendremos una mayor exactitud en el cálculo del coste final de construcción.

Una vez que sabemos los costes que conforman este grupo de procesos productivos, calcularemos los costes del valor de contrato y el coste de adquisición, que están directamente relacionados con el beneficio que obtendría el astillero en la construcción del propio buque y el gasto del armador teniendo en cuenta para ambos los correspondientes impuestos como el del Impuesto sobre el valor añadido o IVA.

Antes de comenzar con los costes realizaremos un breve análisis del mercado offshore desde los últimos años hasta hoy en día.

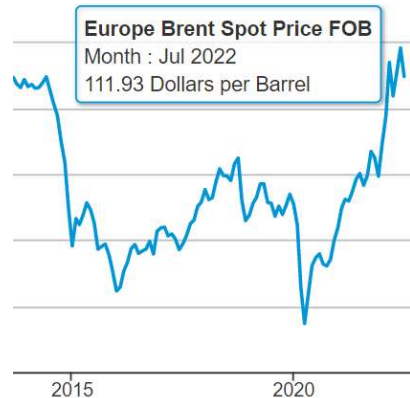
1.1 Análisis del mercado offshore.

El mercado offshore, dentro de la industria naval, se trata de un mercado muy cíclico, que depende directamente del precio del petróleo en cada momento. Hay que destacar que dentro de la industria offshore hay diferentes tipos de buques, cada uno con fines operativos distintos. En los últimos años, a diferencia de hace una década, la nueva construcción de buques AHTS se ha visto ralentizada. Por tanto, la decisión de la construcción o no, de un buque AHTS, debe ser basada en un estudio muy concreto sobre el mercado del petróleo desde la actualidad hasta la vida útil del buque, unos 30 años. A continuación, se muestra una gráfica en la que se puede observar cómo el mercado del petróleo se trata de un mercado cíclico, como se ha comentado. La crisis financiera del 2008 se debe a la quiebra del banco de inversiones Lehman Brother, proceso que afectó considerablemente al mercado global.

Europe Brent Spot Price FOB



En detalle se puede observar el precio del barril de Brent en Julio de este año, donde casi se ha logrado conseguir un nuevo máximo debido la situación geopolítica por la que estamos pasando.



El tamaño del mercado global de Offshore Support Vessels (OSVs) fue de 14,46 mil millones de USD en 2021. Se prevé que crezca hasta 23,60 mil millones de USD para 2028, exhibiendo una tasa de crecimiento anual compuesta o CAGR del 7,3% durante el período de pronóstico de 2021-2028. El impacto global del COVID-19 ha establecido una respuesta negativa de la demanda en todas las regiones en medio de la pandemia. El mercado global se ha reducido aproximadamente un -14,4 % en 2020 en comparación con el crecimiento anual promedio durante 2017-2019. El aumento en la CAGR es atribuible a la demanda y el crecimiento de este mercado, volviendo a los niveles previos a la pandemia en 2022.

El aumento de las inversiones en el despliegue de infraestructura de energía renovable y no renovable, incluida la capacidad eólica marina en profundidades de agua inexploradas, aumentará la expansión del mercado mundial en los próximos años. Los OSV son buques desplegado para entregar a los miembros de la tripulación y los suministros necesarios en alta mar. Suelen transportar bienes y servicios de refuerzo esenciales para estructuras de producción, plataformas amarradas y plataformas flotantes. Debido a las prolongadas incertidumbres geopolíticas y las tensiones comerciales, sus implicaciones en el petróleo y el gas son más importantes que en otras industrias.

1.2 Motivos de crecimiento del mercado.

1.2.1 Por análisis de la profundidad del agua.

Nuevos descubrimientos de pozos con un alto potencial junto con mayores inversiones en actividades de exploración y producción complementarán la perspectiva del segmento de aguas profundas. La presencia significativa de petróleo y gas en las plataformas continentales de varios países, junto con la instalación continua de parques eólicos de plataforma fija para la generación de energía sostenible, impulsará la demanda en aguas poco profundas. Se espera que la industria OSV de aguas profundas crezca debido al aumento de la producción de múltiples reservorios de gran capacidad en profundidades de agua que oscilan entre 305 y más de 1500 metros. Además, la detección de nuevas reservas con capacidades de producción significativas durante un largo intervalo impulsará positivamente el panorama de este segmento.

1.2.2 Por análisis de aplicaciones.

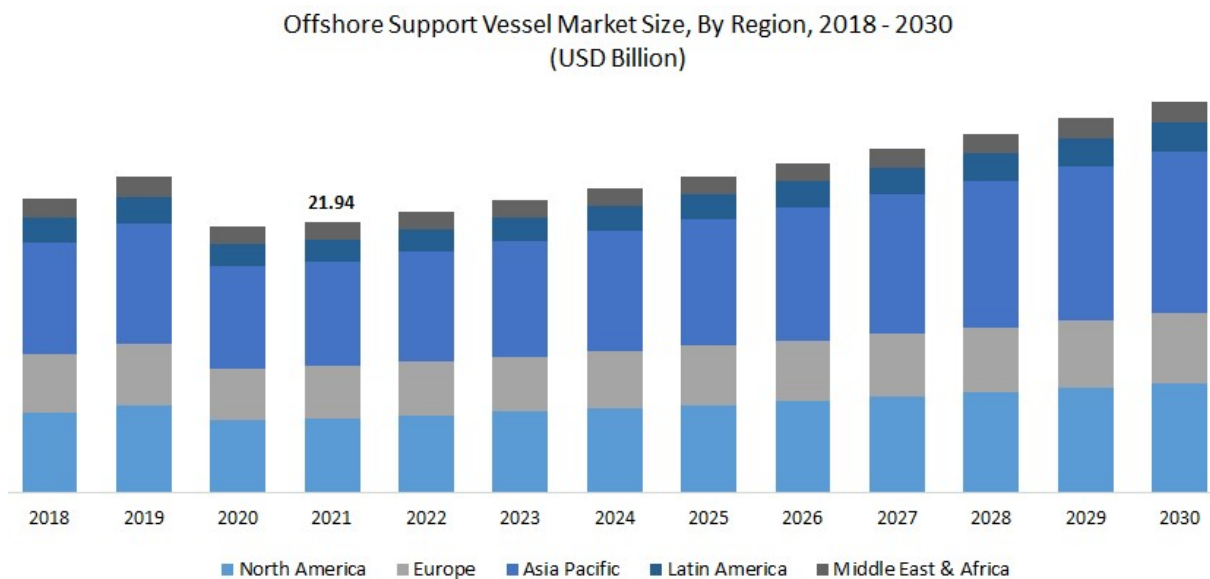
Las iniciativas favorables de los gobiernos para promover las generaciones de energía limpia impulsarán el segmento eólico marino Según la aplicación, el mercado global se puede segmentar principalmente en petróleo y gas, energía eólica marina, patrullaje, investigación y topografía, y otros.

Se prevé que la eólica marina experimente un crecimiento considerable en los próximos años debido al despliegue de fuentes de energía sostenibles. El segmento de petróleo y gas también se estima que represente la mayor cuota de mercado de buques de apoyo en alta mar debido a las operaciones de exploración y producción intensivas en capital, junto con el descubrimiento de nuevas reservas en varias extensiones de agua. Además, el posicionamiento de nuevas unidades FPSO junto con una creciente necesidad de tránsito de personal de trabajo hacia y desde ubicaciones operativas como plataformas y plataformas favorecerá aún más el crecimiento de este segmento.

La necesidad continua de informar los hallazgos analíticos y científicos para monitorear las formas de vida marina, los depósitos submarinos de petróleo y gas y otras anomalías geográficas fomentarán el panorama del segmento de investigación y topografía.

1.2.3 Perspectivas regionales.

En la siguiente imagen se puede observar el reparto del mercado de buques de apoyo en alta mar (OSV), entre el año 2018 y 2021 y su estimación hasta el 2030.



Geográficamente, el mercado OSV se divide en América del Norte, América del Sur, Europa, Asia Pacífico, Medio Oriente y África. Este año, Asia Pacífico ocupa la posición de liderazgo en la industria con USD 3.570 millones en 2020 debido a las ventajosas aplicaciones de energía limpia, junto con el aumento de las actividades de hidrocarburos.

El creciente número de iniciativas de energía limpia y las importantes reservas de hidrocarburos también están impulsando el crecimiento del mercado en Europa. Los países vecinos del Mar del Norte, como el Reino Unido y Noruega, están invirtiendo significativamente en la exploración del potencial de petróleo y gas en reservas de aguas profundas y ultra profundas. Además, las crecientes inversiones de los actores del petróleo y el gas para la exploración de reservas de gran volumen impulsarán el panorama regional

En resumen, la industria offshore y por tanto la cantidad de buques OSV crecen por los siguientes motivos:

- Aumento de las actividades de exploración y producción, y nuevos descubrimientos en activos de hidrocarburos en alta mar.
- Aumento del gasto en la construcción de parques eólicos marinos para dar forma a las tendencias de la industria.

Con esto, se espera reforzar el crecimiento del mercado de buques de apoyo en alta mar.

1.3 Segmentación del mercado.

Realizaremos un análisis de los tipos de embarcaciones que dominan este mercado.

Global Offshore Support Vessel (OSV) Market Share, By Vessel Type, 2020



Según el tipo de embarcación, el mercado se puede dividir principalmente en embarcaciones de suministro de remolcadores de manejo de anclas (AHTS), embarcaciones de suministro de plataforma (PSV), embarcaciones de tripulación y otras. Las unidades AHTS ofrecen un diseño robusto y varias características adicionales para impulsar enormes estructuras de petróleo y gas desde la costa hasta la ubicación deseada. Los buques también ayudan a suministrar equipos como anclas, servicio de remolque y muchos otros a los sitios de exploración y producción de hidrocarburos y barcasas de transporte de carga, además de sus usos en operaciones de rescate.

La creciente demanda de energía promoverá el crecimiento de este mercado. Estos barcos ayudan en gran medida en la construcción de estructuras en alta mar. También ayudan a posicionar unidades de almacenamiento y descarga de producción flotante (FPSO) en aguas profundas, poco profundas y ultra profundas para la producción de hidrocarburos a granel entre otras actividades que ya han sido comentadas.

De momento, todo parece indicar que la industria offshore en los próximos años crecerá en el sector de las energías renovables, especialmente, en parques eólicos marinos; pero hoy en día, los buques AHTS aún están consolidados a liderar el mercado en los próximos años debido a operaciones eficientes en variedad de profundidades.

1.4 Principales fabricantes en la industria.

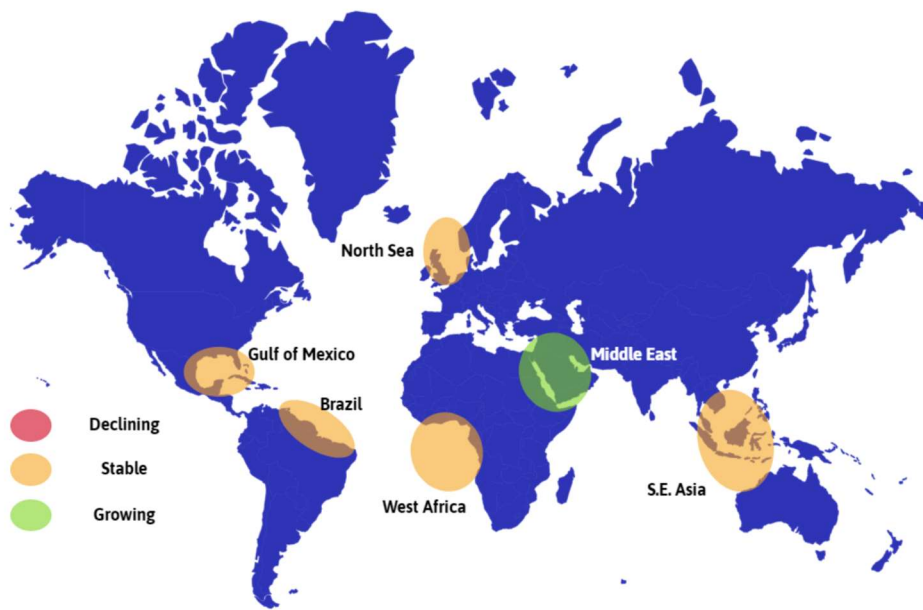
Varias compañías de la industria se están enfocando en introducir nuevos diseños y estructuras de los buques para mejorar la integración de su flota en una nueva gama de aplicaciones. Además, las compañías se enfocan en fortalecer su oferta de embarcaciones para soportar condiciones más duras y satisfacer demandas globales específicas.

Las empresas que más destacan en el sector offshore por innovación y tecnología son:

- Gondán Shipbuilders (España)
- Dof ASA (Noruega)
- Siem Offshore (Noruega)
- Solstad Farstad Offshore ASA (Noruega)
- Havila Shipping ASA (Noruega)
- Damen Shipyards Group (Países Bajos)
- Vroon B.V. (Países Bajos)
- Bourbon (Francia)
- Wärtsilä (Finlandia)

Finalmente, debemos de tener en cuenta que no todo es construir y vender buques porque en el mercado offshore ya existe una alta oferta de embarcaciones de este tipo. Hay que tener en cuenta que el buque proyecto está destinado a trabajar cerca de las plataformas petrolíferas del Mar del Norte. No todas las zonas del mundo presentan la misma tendencia en cuanto al crecimiento del mercado del petróleo.

Por ejemplo, la zona del Golfo Pérsico, en los últimos años, ha desarrollado una tendencia favorable, de crecimiento del mercado, mientras que el resto de las zonas se encuentran en una fase estable, como podemos ver a continuación.



2 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE.

El **COSTE DE CONSTRUCCIÓN** (CC) viene dado por la siguiente fórmula:

$$CC = CMg + CEq + CMo + CVa + CIg$$

Donde:

- CMg: coste de materiales a granel.
- CEq: coste de los equipos del buque.
- CMo: coste de la mano de obra.
- CVa: coste de gastos varios en los que pueda incurrir el astillero, como Sociedades de Clasificación, ensayos en el canal de experiencias hidrodinámicas, etc.
- CIg: Coste de ingeniería.

2.1 Cálculo del coste de materiales a granel (CMg)

Desglosaremos el coste de los materiales en varias secciones para facilitar su cálculo.

2.1.1 Coste del acero.

Para el cálculo del coste del acero emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Coste acero} = \text{peso bruto del acero} * \text{coste unitario}$$

Donde:

- Peso bruto del acero = peso neto del acero * 1,15
$$PS = (0,03 * 79^{1.5} * 21,4 * 9,1^{0.5}) * 1,5$$
$$PS = 2039,80 \text{ t}$$
- Coste unitario del acero \approx 1150 €/t
Actualmente, este es el precio del acero que se establece para una chapa laminada estándar. Este es el valor promedio con que trabaja el departamento de compras de Navantia. El valor es muy volátil ya que depende de tanto del mercado como de la situación política actual.

Calculamos el coste.

$$\text{Coste acero} = 2039,80 * 1150 = 2.345.770,00 \text{ €}$$

2.1.2 Coste de las piezas fundidas.

La fórmula que nos da idea del coste de dichas piezas es la siguiente.

$$\text{Coste piezas fundidas} = 4 * L * H$$

Donde:

- L es la eslora entre perpendiculares = 79 m.
- H es el puntal (D) = 9,10 m

Calculamos el coste.

$$\text{Coste piezas fundidas} = 4 * 79 * 9,10 = 2.875,60 \text{ €}$$

2.1.3 Coste de los materiales auxiliares a la construcción del casco.

Emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de los materiales auxiliares} = 50 * t \text{ de acero estructura.}$$

Donde:

- Toneladas de acero estructural = 1359,86 t.

Calculamos el coste.

$$\text{Coste de los materiales auxiliares} = 50 * 1359,86 = 67.993 \text{ €}$$

2.1.4 Coste de la preparación de la superficie.

Previamente a pintar el casco es necesario tratar la superficie y remover aquellas impurezas que pueden perjudicar el acabado. Dividiremos los costes entre chorreo por arena e imprimación.

En cuanto al chorreo de arena, se estima en 8 euros/ m² para el exterior y en 15 euros/ m² para el interior. La fórmula que nos da el coste del chorreado es la siguiente.

$$\text{Coste chorreado exterior} = \text{superficie exterior casco (m}^2\text{)} * 8\text{€/m}^2$$

$$\text{Coste chorreado interior} = \text{superficie interior casco (m}^2\text{)} * 15\text{€/m}^2$$

Donde:

- Superficie exterior del casco (Maxsurf) = 2686,20 m².
- Superficie interior del casco = 2 * Superficie exterior = 2 * 2686,20 = 5372,4 m².

Calculamos el coste.

$$\text{Coste chorreado exterior} = 2686,20 \text{ m}^2 * 8\text{€/m}^2 = 21.489,80\text{€}$$

$$\text{Coste chorreado interior} = 5372,40 \text{ m}^2 * 15\text{€/m}^2 = 80.589,00\text{€}$$

Para el coste de imprimación lo estimamos en 2 €/m². Para calcularlo tendremos la siguiente fórmula.

$$\text{Coste imprimación} = (\text{superficie exterior} + \text{interior}) * 2\text{€/m}^2$$

Conocidas las superficies, conocido el costo.

$$\text{Coste imprimación} = (2686,20 + 5372,40) * 2\text{€/m}^2 = 16.117,20\text{€}$$

2.1.5 Coste de la pintura y de la protección catódica.

Para determinar dicho coste, se dividirá en las siguientes partidas.

2.1.5.1 Coste de la pintura de la obra viva.

Se empleará pintura epoxi con 500 micras de espesor y un coste de 0,011 €/m²x micra.

$$\text{Coste de la pintura de la obra viva} = 0,011 * 500 * 2686,20 \text{ m}^2 = 14.774,10 \text{ €}$$

2.1.5.2 Coste de la pintura de la obra muerta.

Se empleará pintura epoxi con 300 micras de espesor y un coste de 0,011 €/m²x micra.

$$\text{Coste de la pintura de la obra muerta} = 0,011 * 500 * 1200 \text{ m}^2 = 3.960 \text{ €}$$

2.1.5.3 Coste de la pintura interior.

Se empleará pintura epoxi con 250 micras de espesor y un coste de 0,011 €/m²x micra.

$$\text{Coste de la pintura de la obra muerta} = 0,011 * 250 * 5372,40 \text{ m}^2 = 14.774,10 \text{ €}$$

2.1.5.4 Coste de la pintura de tuberías.

El siguiente coste lo aproximaremos mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de la pintura de tuberías} = 0,18 * (0,057 * BHP + 0,18 * L) * K$$

Donde:

- BHP es la potencia total instalada en CV = 27.952,30 CV
- L es la eslora entre perpendiculares = 79 m.
- K es el factor de la pintura epoxi = 4,8

Calculamos el coste.

$$\text{Coste de la pintura de tuberías} = 0,18 * (0,057 * 27.952,30 + 0,18 * 79) * 4,8$$

$$\text{Coste de la pintura de tuberías} = 1388,90 \text{ €}$$

2.1.5.5 Coste del galvanizado.

La estimación de este coste se realizará bajo una estimación del 7,5% del coste de la pintura tanto de la obra viva como de la obra muerta.

$$\text{Coste del galvanizado} = 0,75 * (\text{coste pintura obraviva} + \text{coste pintura obra muerta})$$

$$\text{Coste del galvanizado} = 0,75 * (14.774,10 + 3.960) = 14.050,60 \text{ €}$$

2.1.5.6 Coste de la protección catódica.

Suponemos que la protección catódica se realizará mediante el uso de ánodos de sacrificio de Zinc. Seguiremos la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de la protección catódica} = 1,55 * \text{Superficie mojada (m}^2\text{)}$$

$$\text{Coste de la protección catódica} = 1,55 * 2686,20 \text{ m}^2 = 4.163,60 \text{ €}$$

Con todas estas partidas calculadas ya podemos realizar una estimación de cuál será el costo de los materiales a granel para la construcción del buque. Se resumen en la siguiente tabla.

Coste de los materiales a granel	
Acero	2.345.770,00 €
Piezas fundidas	2.875,60 €
Auxiliares casco	67.993,00 €
Preparación superficie	
Chorro exterior	21.489,80 €
Chorro interior	80.579,00 €
Imprimación	16.117,20 €
Pintura	
obra viva	14.774,10 €
obra muerta	3.960,00 €
interior	14.774,10 €
tuberías	1.388,90 €
Galvanizado	14.050,60 €
protección catódica	4.163,60 €
TOTAL	2.587.935,90 €

2.2 Cálculo del coste de los equipos (CEq).

2.2.1 Coste de los equipos de fondeo y amarre.

Determinaremos el coste de los equipos de fondeo y amarre con los que cuenta el buque.

2.2.1.1 Coste de las anclas.

Estimaremos este coste mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las anclas} = n^{\circ} \text{ de anclas} * 2500 \text{ €/t} * \text{peso de las anclas}$$

Donde:

- Nº de anclas = 2.
- Peso del ancla = 3540 kg.

Estos datos se obtienen del Cuaderno 12. Ya podemos calcular el coste de estos equipos.

$$\text{Coste de las anclas} = 2 * 2500 \text{ €/t} * 3,54 = 17.700\text{€}$$

2.2.1.2 Coste de las cadenas, cables y estachas.

El coste lo estimaremos a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las cadenas} = 0,15 * K * d^2 * Lc$$

Donde:

- K = coeficiente que depende del tipo de acero, emplearemos 0,305.
- D = diámetro de la cadena = 52 mm.
- Lc = longitud de la cadena = 550 m.

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de las anclas} = 0,15 * 0,305 * 52^2 * 550 = 68.039,40 \text{ €}$$

2.2.1.3 Coste de los molinetes.

Utilizaremos la siguiente fórmula para su estimación.

$$\text{Coste de los molinetes} = N^{\circ} \text{ molinetes} * 300 * d^{1,3}$$

Donde:

- Nº de molinetes = 2.
- D = diámetro de la cadena = 52 mm.

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de los molinetes} = 2 * 300 * 52^{1,3} = 102.083,51 \text{ €}$$

2.2.1.4 Coste de los winches.

Como sabemos, nuestro buque cuenta con dos winches en la zona de proa, y dos en la zona de popa para poder realizar mejor las operaciones de amarre. Utilizaremos la siguiente fórmula para estimar su coste.

$$\text{Coste de los winches} = N^{\circ} \text{ winches} * 7800 * T^{1,3}$$

Donde:

- T = 5 toneladas.
- Nº de winches = 4.

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de los winches} = 4 * 7800 * 5^{1,3} = 252.822,43 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes de amarre y fondeo.

Coste de los materiales a granel	
Anclas	17.700,00 €
Cadena	68.039,40 €
Molinetes	102.083,51 €
Winches de amarre	252.822,43 €
TOTAL	440.645,34 €

2.2.2 Coste de los equipos de salvamento.

Determinaremos el coste de los equipos de salvamento escogidos en el cuaderno 12.

2.2.2.1 Coste del bote de rescate.

Como se ha visto en anteriores cuadernos, en el buque llevamos una embarcación de despliegue rápido con capacidad para realizar distintas operaciones. Es de la empresa Vanguard, pero como no se tienen datos se estima un precio de 30.000 €.

2.2.2.2 Coste de las balsas salvavidas.

El coste viene determinado por la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las balsas} = Kba * NP^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

- Kba = 1200 para este tipo de balsas.
- Np = 20 pasajeros.
- N° balsas = 4.

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de las balsas} = N^{\circ} \text{ balsas} * Kba * NP^{\frac{1}{3}} = 4 * 1200 * 20^{\frac{1}{3}} = 13.029 \text{ €}$$

2.2.2.3 Coste de equipos varios de salvamento.

Incluiremos el coste de distintos equipos de salvamento como los chalecos, lanzacabos, señales de emergencia, etc.

$$\text{Coste de los equipo varios} = 2500 + 30 * N$$

Donde:

- N = n° de pasajeros = 50.

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de los equipo varios} = 2500 + 30 * 20 = 3100 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes de los equipos de salvamento.

Coste de los equipos de salvamento	
Bote de rescate	30.000,00 €
Balsas salvavidas	13.029,00 €
Equipos varios	3.100,00 €
TOTAL	46.129,00 €

2.2.3 Coste de los equipos relacionados con la habilitación.

Determinaremos el coste de la habilitación del buque, el cual deberemos dividirlo en varias partidas.

2.2.3.1 Coste de la habilitación de alojamientos.

El coste viene determinado por la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de la habilitación de alojamiento} = Kh * Sh$$

Donde:

- Kh = coeficiente que depende del local de habilitación, se considera 300.
- Sh = superficie de alojamiento = 1100 m² (Medido en Autocad).

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de la habilitación de alojamiento} = 300 * 1100 = 330.000 \text{ €}$$

2.2.3.2 Coste de los equipos de fonda y hotel.

El coste de los equipos de cocina, gambuzas frigoríficas, lavandería y otros espacios vienen determinados por las siguientes fórmulas.

Ahora calcularemos el coste de la cocina.

$$\text{Coste de la cocina} = Kco * N$$

Donde:

- Kco = 420
- N = n° de pasajeros = 20.

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de los equipos de fonda y hotel} = 420 * 20 = 8400 \text{ €}$$

Ahora calcularemos el coste de la gambuza frigorífica.

$$\text{Coste de la gambuza frigorífica} = 1800 * V^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

- V = volumen de la gambuza = 21 m² * 2,8 = 58,8 m³.

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de la gambuza frigorífica} = 1800 * 58,8^{\frac{2}{3}} = 27.218,1 \text{ €}$$

Ahora calcularemos el coste de los equipos de lavandería.

$$\text{Coste de los equipos de lavandería y varios} = 240 (5/persona) * N$$

Donde:

- N = n° de pasajeros = 20.

Ya podemos conocer el coste de las cadenas.

$$\text{Coste de los equipos de lavandería y varios} = 240 * 20 = 4800 \text{ €}$$

2.2.3.3 Coste de los equipos de acondicionamiento de la habitación.

Este coste incluye el de acondicionamiento de los alojamientos de ventilación, ventilación mecánica de dichos espacios y otros equipos varios.

$$\text{Coste del acondicionamiento en los alojamientos} = 60 (\text{€/m}^2) * Sh$$

Donde:

- Sh = superficie de alojamiento = 1100 m² (Medido en Autocad).

Ya podemos conocer el coste del acondicionamiento.

$$\text{Coste del acondicionamiento en los alojamientos} = 60 * 1100 = 66.000 \text{ €}$$

También calcularemos el coste de los equipos de ventilación mecánica.

$$\text{Coste de la ventilación mecánica} = 1055 * N^{0,215} + 1,2 * Sh^{0,25}$$

Donde:

- Nh = nº de pasajeros = 20.
- Sh = superficie de alojamiento = 1100 m² (Medido en Autocad).

Ya podemos conocer el coste de la ventilación mecánica.

$$\text{Coste de la ventilación mecánica} = 1055 * 20^{0,215} + 1,2 * 1100^{0,25} = 2.015,9 \text{ €}$$

Por último, calcularemos el coste de otros equipos varios que están relacionados con la habitación.

$$\text{Coste de equipos varios} = 72 (\text{€/persona}) * N$$

Donde:

- Nh = nº de pasajeros = 20.

Ya podemos conocer el coste de estos equipos varios.

$$\text{Coste de equipos varios} = 72 * 20 = 1.440 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con la habitación.

Coste de la habitación	
Habitación de alojamientos	330.000,00 €
Cocina	8.400,00 €
Gambuza frigorífica	27.218,10 €
Lavandería	4.800,00 €
Acondicionamiento	66.000,00 €
Ventilación	2.015,90 €
Equipos varios	1.440,00 €
TOTAL	439.874,00 €

2.2.4 Coste de los equipos de navegación y comunicaciones.

Determinaremos estos costes en diferentes partidas.

2.2.4.1 Coste de los equipos de navegación.

Realizaremos una estimación del coste de los equipos de navegación. Teniendo en cuenta la cantidad de material estimada en el cuaderno 12 que necesitaremos, se supone un coste de 150.000 €.

2.2.4.2 Coste de los equipos auxiliares de navegación.

Este coste se estima como un 80% del coste de los equipos de navegación.

$$\text{Coste de los equipos auxiliares} = \text{Coste equipo navegación} * 0,80$$

$$\text{Coste de los equipos auxiliares} = 150.000 * 0,80 = 120.000 \text{ €}$$

2.2.4.3 Coste de los equipos de comunicación externa e interna.

El coste de estos equipos suele variar entre 50.000 € y 120.000 € así que suponemos un valor medio de 85.000 €.

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos de navegación y comunicaciones

Coste de los equipos de navegación y comunicaciones	
Navegación	150.000,00 €
Auxiliares navegación	120.000,00 €
Comunicación	85.000,00 €
TOTAL	355.000,00 €

2.2.5 Coste de los equipos contraincendios.

Igual que el equipo anterior, dividiremos su estudio en distintas partidas.

2.2.5.1 Coste de los equipos contraincendios en cámara de máquinas.

Aproximaremos este coste mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de los equipos contraincendios en CCMM} = 8,4 * L_m * B * D_m$$

Donde:

- L_m = eslora de la CCMM = 16,80 m.
- B = manga del buque = 21,40 m.
- D_m = Puntal de la cámara de máquinas = 5 m.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de los equipos contraincendios en CCMM} = 8,4 * 16,80 * 21,40 * 5 = 15.099,84 \text{ €}$$

2.2.5.2 Coste de las instalaciones fijas encubierta.

Aproximaremos este coste mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las instalaciones fijas en cubierta} = 11 * (1 + 0,0013 * L) * L * B$$

Donde:

- L = eslora entre perpendiculares = 79 m.
- B = manga del buque = 21,40 m.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de las instalaciones fijas en cubierta} = 11 * (1 + 0,0013 * 79) * 79 * 21,40$$

$$\text{Coste de las instalaciones fijas en cubierta} = 20.506,50 \text{ €}$$

2.2.5.3 Coste de las bombas FIFI.

Aproximaremos este coste mediante aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste bombas FIFI} = 30 * K1 * K2 * QB^{0,882} * Hd^{0,35} * Nb$$

Donde:

- K1 = 1; se emplean materiales normales.
- K2 = 1; se emplea un accionamiento eléctrico en la bomba.
- Qb = caudal de la bomba = 1200 m³/h.
- Hd = altura de descarga = 30 m.
- Nb = nº de bombas = 2.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste bombas C/D agua dulce} = 30 * 1 * 1 * 1200^{0,882} * 30^{0,35} * 2 = 102.560,8 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos contraincendios.

Coste de los equipos contraincendios	
CI CCMM	15.099,84 €
CI cubiertas	20.506,50 €
CI FIFI	102.560,80 €
TOTAL	138.167,14 €

2.2.6 Coste de los equipos de la instalación eléctrica.

El coste de la instalación eléctrica viene determinado por la potencia instalada (kW), como se muestra a continuación.

2.2.6.1 Coste de la instalación eléctrica.

Aproximaremos este coste mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de la instalación eléctrica} = 480 * kW^{0,77}$$

Donde:

- Potencia instalada en kW = 20.844 kW.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de la instalación eléctrica} = 480 * 20.844^{0,77} = 1.015.913,33 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos de la instalación eléctrica.

Coste de los equipos de la instalación eléctrica	
Instalación eléctrica	1.015.913,33 €
TOTAL	1.015.913,33 €

2.2.7 Coste de los equipos de elevación.

2.2.7.1 Coste de las grúas de carga y descarga.

Aproximaremos este coste mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las grúas de C/D} = N * 2520 * SWL^{0,765} * Lg^{0,85}$$

Donde:

- N = nº de grúas = 3.
- Lg = Longitud del brazo de la grúa = 16 m.
- SWL = carga de seguridad de trabajo de la grúa = 12 t.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de las grúas de C/D} = 3 * 2520 * 12^{0,765} * 12^{0,85} = 418.214,91 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos de elevación.

Coste de los equipos de elevación	
Grúas C/D	418.214,91 €
TOTAL	418.214,91 €

2.2.8 Coste de las tuberías.

Aproximaremos este coste mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las tuberías} =$$

$$= 2705 * (0,015 * Lm * B * Dm + 0,18 * L) + Kt * BHP + 1,5 * (3 * Lm * B * Dm + Qb + 4 * Sh)$$

Donde:

- Lm = 16,80 m.
- B = 21,40 m.
- Dm = 5 m.
- L = 79 m.
- Kt = constante por el tipo de combustible = 5,70 para diésel.
- BHP = 27.952 CV
- Qb = volumen de bodega = 0.
- SH = 1100 m².

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de las tuberías} =$$

$$= 2705 * (0,015 * Lm * B * Dm + 0,18 * L) + Kt * BHP + 1,5 * (3 * Lm * B * Dm + Qb + 4 * Sh)$$

$$= 2705 * (0,015 * 16,80 * 21,40 * 5 + 0,18 * 79) + 5,70 * 27952 + 1,5 * (3 * 16,80 * 21,40 * 5 + 0 + 4 * 1100) = 285.418,32 \text{ €}$$

Este es una aproximación genérica de las tuberías de nuestro buque. Como tuberías de carga y descarga para distintos tanques con diferentes productos, esta variedad puede influir notablemente en este precio.

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos de elevación.

Coste de las tuberías	
Tuberías generales	285.418,32 €
TOTAL	285.418,32 €

2.2.9 Coste de los diversos accesorios de equipos, armamento e instalaciones.

Aproximaremos este coste mediante la suma de las siguientes partidas.

2.2.9.1 Coste de las puertas metálicas, ventanas y portillos.

Estos costes los podemos estimar mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Costes de puertas, ventanas y portillos} = 2705 * N^{0,48}$$

Donde:

- N = número de pasajeros =20.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Costes de puertas, ventanas y portillos} = 2705 * 20^{0,48} = 11.393,62 \text{ €}$$

2.2.9.2 Coste de las escaleras, pasamanos y candeleros.

Estos costes los podemos estimar mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las escaleras, pasamanos y candeleros} = 22,2 * L^{1,6}$$

Donde:

- L = 79 m.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de las escaleras, pasamanos y candeleros} = 22,2 * 79^{1,6} = 24.129,95 \text{ €}$$

2.2.9.3 Coste de los accesorios de fondeo y amarre.

Estos costes los podemos estimar mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de los accesorios de fondeo y amarre} = e^{3,1} * 6 * (L * (B + D))^{0,815}$$

Donde:

- L = 79 m.
- B = 21,40 m.
- D = 9,10 m,

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de los accesorios de fondeo y amarre} = e^{3,1} * 6 * (79 * (21,40 + 9,10))^{0,815}$$
$$\text{Coste de los accesorios de fondeo y amarre} = 75.986,20 \text{ €}$$

2.2.9.4 Coste de las escaleras reales, planchas de desembarco y escalas de práctico.

Estos costes los podemos estimar mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de acceso} = 1350 * (D - 0,03 * L) * Ner$$

Donde:

- L = 79 m.
- D = 9,10 m,
- Ner = nº de escalas reales = 1.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de acceso} = 1350 * (9,10 - 0,03 * 79) * 1 = 9.085,50 \text{ €}$$

2.2.9.5 Coste de los toldos, fundas y accesorios de estiba de respetos.

Estos costes los podemos estimar mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de toldos y fundas} = 40 * (L * (B + D))^{0,68}$$

Donde:

- L = 79 m.
- B = 21,40 m.
- D = 9,10 m,

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de toldos y fundas} = 40 * (79 * (21,40 + 9,10))^{0,68} = 7.975,73 \text{ €}$$

2.2.9.6 Coste de escotillas de acceso y registros.

Estos costes los podemos estimar mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de escotillas} = 12,60 * L^{1,5}$$

Donde:

- L = 79 m.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de escotillas} = 12,60 * 79^{1,5} = 8.847,31 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con diversos accesorios, armamento e instalaciones.

Coste de accesorios, armamento e instalaciones	
Puertas y portillos	11.393,62 €
Escaleras y pasamanos	24.129,95 €
Accesorios de fondeo y amarre	75.986,20 €
Escaleras reales	9.085,50 €
Toldos y fundas	7.975,73 €
Escotillas de acceso y registros	8.847,31 €
TOTAL	137.418,31 €

2.2.10 Coste de los equipos de la instalación propulsora.

Aproximaremos este coste mediante la suma de las siguientes partidas.

2.2.10.1 Coste de la maquinaria propulsora.

Estimaremos este coste aplicando la siguiente fórmula para diésel generadores.

$$\text{Coste de la maquinaria propulsora} = n^0 * \left(\frac{252 * D^{2,2} * Nc^{0,8}}{RPM} \right)$$

Donde:

- N° = número de generadores = 4.
- D = diámetro de los cilindros (mm) = 320 mm.
- Nc = n° de cilindros = 9.
- RPM = 750 rpm.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de la maquinaria propulsora} = 4 * \left(\frac{252 * 320^{2,2} * 9^{0,8}}{750} \right) = 2.530.015,80 \text{ €}$$

2.2.10.2 Coste de los propulsores Azipods.

No disponemos de una fórmula para conocer el coste de estos propulsores ni se conoce el coste real según el fabricante. Por tanto, estimaremos un coste 2.400.000 € en total.

2.2.10.3 Coste de la maquinaria auxiliar de propulsión.

Para el cálculo de la maquinaria auxiliar, se aplicará la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de los equipos de circulación, refrigeración y lubricación} = 6000 + (K1 + K2) * BHP$$

Donde:

- K1 = 2,4 si tenemos motores de 4 tiempos.
- K2 = 1.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\begin{aligned} \text{Coste de los equipos de circulación, refrigeración y lubricación} \\ = 6000 + (2,4 + 1) * 27952,33 = 101.037,95 \text{ €} \end{aligned}$$

2.2.10.4 Coste de los equipos de arranque de los motores principales.

Para estimar el coste de los equipos de arranque de los diésel generadores tendremos la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de los equipos de arranque} = 72 * Nco * Qco$$

Donde:

- Nco = n° de compresores = 4.
- Qco = caudal de los compresores = 60 m³/h.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de los equipos de arranque} = 72 * 4 * 60 = 17.280 \text{ €}$$

2.2.10.5 Coste de los equipos de manejo de combustible.

Para estimar el coste de los equipos de manejo de combustible tendremos la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de los equipos de combustible} = 44 * Nbt * Qbt + 2,10 * BHP$$

Donde:

- Nbt = n° de bombas de trasiego = 4.
- Qbt = caudal de cada bomba de trasiego = 17,75 m³/h.
- BHP = 27952,33 CV

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de los equipos de combustible} = 44 * 4 * 17,75 + 2,10 * 27952,33 = 61.823,90 \text{ €}.$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con equipos de la instalación propulsora.

Coste de los equipos de la instalación propulsora	
Maquinaria	2.530.015,80 €
Azipods	2.400.000,00 €
Auxiliares	101.037,95 €
Arranque	17.280,00 €
Trasiego de combustible	61.823,90 €
TOTAL	5.110.157,65 €

2.2.11 Coste del equipo sanitario.

Aproximaremos este coste mediante la suma de las siguientes partidas.

2.2.11.1 Coste del generador de agua dulce.

Estimaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste del generador de agua dulce} = 1380 * Qad$$

Donde:

- Qad = caudal de agua dulce (t/día) = 16 m³/día.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste del generador de agua dulce} = 1380 * 16 = 22.080 \text{ €}$$

2.2.11.2 Coste del grupo hidróforo.

Estimaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste del grupo hidróforo} = 660 * N^{0,5}$$

Donde:

- N = nº de pasajeros = 20.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste del grupo hidróforo} = 660 * 20^{0,5} = 2951,60 \text{ €}$$

2.2.11.3 Coste de la PTAR.

Estimaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste PTAR} = 2640 * N^{0,40}$$

Donde:

- N = nº de pasajeros = 20.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste PTAR} = 2640 * 20^{0,40} = 8750,20 \text{ €}$$

2.2.11.4 Coste del incinerador y compactador.

Estimaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste incinerador y compactador} = 20400 * N^{0,2}$$

Donde:

- N = nº de pasajeros = 20.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste incinerador y compactador} = 20400 * 20^{0,2} = 37.139,50 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con el equipo sanitario del buque.

Coste del equipo sanitario	
Generador de agua dulce	22.080,00 €
Grupo hidróforo	2.951,60 €
PTAR	8.750,20 €
Incinerador y compactador	37.139,50 €
TOTAL	70.921,30 €

2.2.12 Coste de las hélices transversales.

Aproximaremos este coste mediante la suma de las siguientes partidas.

2.2.12.1 Coste de las hélices de proa.

Estimaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las hélices transversales} = N^{\circ} * 900 * BHPt^{0,79}$$

Donde:

- N° = nº de hélices transversales = 2.
- BHPt = potencia de las hélices transversales = 2200 kW = 2950 CV

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de las hélices transversales} = 2 * 900 * 2950^{0,79} = 991.817,80 \text{ €}$$

2.2.12.2 Coste de la hélice de popa.

Estimaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de las hélices transversales} = N^{\circ} * 900 * BHPt^{0,79}$$

Donde:

- N° = nº de hélices transversales = 2
- BHPt = potencia de las hélices transversales = 1500 kW = 2011 CV

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de las hélices transversales} = 1 * 900 * 2011^{0,79} = 366.385,30 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con las hélices transversales.

Coste de las hélices transversales	
Hélices de proa	991.817,80 €
Hélices de popa	336.385,30 €
TOTAL	1.328.203,10 €

2.2.13 Coste de los equipos de automatización y control.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste de los equipos de automatización y control} = 3240 * K1 * BHP^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

- K1 = 1,50.
- BHP = 27952 CV

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste de los equipos de automatización y control} = 3240 * 1,50 * 27952^{\frac{1}{3}} = 147.493,80 \text{ €}$$

Además, a este coste se le suele sumar otro a mayores, siendo este el coste del resto de dispositivos de automatización y control. Suele rondar entre 12.000 € y 50.000 € así que tomando un valor medio este será de 31.000 €.

$$\text{Coste de los equipos de automatización y control} = 147.493,80 \text{ €} + 31.000 \text{ €} = 178.493,80 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos de automatización y control.

Coste de los equipos de automatización y control	
Equipo	178.493,80 €
TOTAL	178.493,80 €

2.2.14 Coste de los equipos auxiliares del casco.

Aproximaremos este coste mediante la suma de dos partidas.

2.2.14.1 Coste de las bombas contra incendios, lastre, servicios generales y sentinas.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Coste de las bombas} = \\ = 600 * K1 * Qbs^{\frac{1}{3}} + 960 * K2 * Qci^{\frac{1}{3}} + 960 * K3 * Qci^{\frac{1}{3}} + 1100 * K4 * Qbs^{\frac{1}{3}} \end{aligned}$$

Donde:

- Qbs = caudal de la bomba de sentinas = 253,60 m³/h.
- Qci = caudal de la bomba contra incendios = 73,49 m³/h.
- K1 = 3.
- K2 = 3.
- K3 = 3.
- K4 = 1.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\begin{aligned} \text{Coste de las bombas} &= \\ &= 600 * K1 * Qbs^{\frac{1}{3}} + 960 * K2 * Qci^{\frac{1}{3}} + 960 * K3 * Qci^{\frac{1}{3}} + 1100 * K4 * Qbs^{\frac{1}{3}} \\ &= 600 * 3 * 253,60^{\frac{1}{3}} + 960 * 3 * 73,49^{\frac{1}{3}} + 960 * 3 * 73,49^{\frac{1}{3}} + 1100 * 1 * 253,60^{\frac{1}{3}} = 42.482,86 \text{ €} \end{aligned}$$

2.2.14.2 Coste del separador de sentinas con bombas y alarmas.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste del separador de sentinas} = 156 * GT^{0,5} + 5100 * Kss$$

Donde:

- GT = arqueo bruto = 5193,81
- Kss = 1; control automático de descargas.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste del separador de sentinas} = 156 * 5193,81^{0,5} + 5100 * 1 = 16.342,60 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos auxiliares del casco.

Coste de los equipos auxiliares del casco	
Bombas	42.482,86 €
Sentinas	16.342,60 €
TOTAL	58.825,46 €

2.2.15 Coste de los equipos para el manejo de cargas líquidas.

En este apartado se determinará el coste de las bombas de C/D de las diferentes cargas líquidas que puede transportar el buque proyecto, que son las siguientes, dimensionadas en el Cuaderno 12. Aproximaremos este coste mediante la suma de varias partidas.

2.2.15.1 Coste de las bombas de C/D del barro de perforación.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste bombas C/D barro perforación} = 30 * K1 * K2 * QB^{0,882} * Hd^{0,35} * Nb$$

Donde:

- K1 = 1; se emplean materiales normales.
- K2 = 1; se emplea un accionamiento eléctrico en la bomba.
- Qb = caudal de la bomba = 100 m³/h.
- Hd = altura de descarga = 10 m.
- Nb = nº de bombas = 2.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste bombas C/D barro perforación} = 30 * 1 * 1 * 100^{0,882} * 10^{0,35} * 2 = 7.801 \text{ €}$$

2.2.15.2 Coste de las bombas de C/D de salmuera.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste bombas C/D salmuera} = 30 * K1 * K2 * QB^{0,882} * Hd^{0,35} * Nb$$

Donde:

- K1 = 1; se emplean materiales normales.
- K2 = 1; se emplea un accionamiento eléctrico en la bomba.
- Qb = caudal de la bomba = 100 m³/h.
- Hd = altura de descarga = 10 m.
- Nb = nº de bombas = 2.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste bombas C/D salmuera} = 30 * 1 * 1 * 100^{0,882} * 10^{0,35} * 2 = 7.801 \text{ €}$$

2.2.15.3 Coste de las bombas de C/D de diésel oil.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste bombas C/D diésel oil} = 30 * K1 * K2 * QB^{0,882} * Hd^{0,35} * Nb$$

Donde:

- K1 = 1; se emplean materiales normales.
- K2 = 1; se emplea un accionamiento eléctrico en la bomba.
- Qb = caudal de la bomba = 250 m³/h.
- Hd = altura de descarga = 10 m.
- Nb = nº de bombas = 2.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste bombas C/D diésel oil} = 30 * 1 * 1 * 250^{0,882} * 10^{0,35} * 2 = 17.503,88 \text{ €}$$

2.2.15.4 Coste de las bombas de C/D de agua dulce.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste bombas C/D agua dulce} = 30 * K1 * K2 * QB^{0,882} * Hd^{0,35} * Nb$$

Donde:

- K1 = 1; se emplean materiales normales.
- K2 = 1; se emplea un accionamiento eléctrico en la bomba.
- Qb = caudal de la bomba = 100 m³/h.
- Hd = altura de descarga = 10 m.
- Nb = nº de bombas = 2.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste bombas C/D agua dulce} = 30 * 1 * 1 * 250^{0,882} * 10^{0,35} * 2 = 17.503,88 \text{ €}$$

2.2.15.5 Coste de los compresores de cemento.

El coste de los compresores de cemento se estimará como cinco veces el coste de los compresores de aire de arranque ya estimado, siendo este de 4.320 €. Hay que recordar que se han dimensionado dos compresores. Por tanto, el coste final de los compresores de cemento será de 8.640 €.

2.2.15.6 Coste de los tanques de almacenaje de la carga.

Se tratan de tanques cilíndricos de inox con distintas capacidades. Se estima un coste de los tanques que albergan el cemento de 20.000 € euros. Para los tanques de salmuera será un coste de 30.000 € y para los de barro de perforación será de 40.000 €.

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos para el manejo de cargas líquidas.

Coste del equipo para el manejo de carga líquida	
Bombas C/D barro de perforación	7.801,00 €
Bombas C/D salmuera	7.801,00 €
Bombas C/D diésel oil	17.503,88 €
Bombas C/D agua dulce	17.503,88 €
Compresores de cemento	8.640,00 €
Tanques cemento	20.000,00 €
Tanques salmuera	30.000,00 €
Tanques barro perforación	40.000,00 €
TOTAL	149.249,76 €

2.2.16 Coste de otros equipos generales.

En este apartado se determinará el coste de otros equipos generales que suelen llevar todos los buques. Aproximaremos este coste mediante la suma de varias partidas.

2.2.16.1 Coste de la planta de tratamiento de lastre.

Estimaremos un coste parecido al de otros equipos mencionados anteriormente como pueden ser el incinerador y compactador. Este coste será de 30.000 €.

2.2.16.2 Coste de las separadoras de aceite de lubricación y purificadoras de diésel.

En el cuaderno 10 se habían dimensionado dos separadoras de aceite, aproximando su coste conjunto en 15.000 €. Con las purificadoras ocurre lo mismo. Se estima un coste para las dos unidades conjuntas de 15.000 €.

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos para el manejo de cargas líquidas.

Coste de otros equipos generales	
BWMS	30.000,00 €
Separadoras de aceite	15.000,00 €
Purificadoras	15.000,00 €
TOTAL	60.000,00 €

2.2.17 Coste de equipos específicos para remolcadores

En este apartado se tendrán en cuenta aquellos equipos que su instalación es necesaria en el buque para que este cumpla con los requisitos de la RPA.

2.2.17.1 Coste del cabrestante de remolque principal.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste del equipo de remolque principal} = 7800 * (Tm * Vm)^{0,58}$$

Donde:

- T_m = tracción de la maquinilla = 400 t.
- V_m = velocidad de la maquinilla = 2,20 m/s.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste del equipo de remolque principal} = 7800 * (400 * 2,20)^{0,58} = 398.010,50 \text{ €}$$

2.2.17.2 Coste del cabrestante especial para el manejo de anclas.

Aproximaremos este coste aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Coste del equipo de remolque secundario} = 7800 * (T_m * V_m)^{0,58}$$

Donde:

- T_m = tracción de la maquinilla = 200 t.
- V_m = velocidad de la maquinilla = 2,20 m/s.

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste del equipo de remolque secundario} = 7800 * (200 * 2,20)^{0,58} = 266.254,60 \text{ €}$$

2.2.17.3 Coste del rodillo de popa.

Lo estimaremos como la quinta parte del coste del cabrestante de remolque y manejo de anclas principal. Seguiremos la siguiente fórmula.

$$\text{Coste del rodillo de popa} = \frac{1}{5} * \text{Coste del equipo de remolque principal}$$

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste del rodillo de popa} = \frac{1}{5} * 398.010,50 = 56.858,60 \text{ €}$$

2.2.17.4 Coste de los equipos de seguridad en el servicio de remolque.

Esto estima el coste del conjunto de equipos como los pines de guiado, los pines de protección y las mordazas. Lo estimaremos como la décima parte del coste del cabrestante de remolque y manejo de anclas principal. Seguiremos la siguiente fórmula.

$$\text{Coste del rodillo de popa} = \frac{1}{10} * \text{Coste del equipo de remolque principal}$$

Con estos datos ya podemos calcular el coste.

$$\text{Coste del rodillo de popa} = \frac{1}{10} * 398.010,50 = 39.801,10 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los costes relacionados con los equipos para el manejo de cargas líquidas.

Coste de equipos específicos para remolcadores	
Cabrestante principal	398.010,50 €
Cabrestante secundario	266.254,60 €
Rodillo de popa	56.858,60 €
Equipos de seguridad	39.801,10 €
TOTAL	760.924,80 €

2.3 Cálculo del coste de la mano de obra (CMo)

Uno de los costes que contribuye al coste de construcción es el relacionado con la mano de obra. Deberemos aproximar el número de horas que se invierte en la construcción del proyecto. Una vez que conocemos las horas invertidas, fijaremos un precio por hora de 30 €.

La formulación empleada, al igual que en todos los puntos anteriores ya calculados se obtiene del libro “Criterios de evaluación económica del proyecto de un buque” de Fernando Junco. Este libro nos proporciona una estimación de los precios básicos de cada equipo y sistema del buque, pero es cierto que con la evolución que se está llevando a cabo en estos últimos años dentro la industria naval, puede ser que la estimación del coste de ciertos equipos innovadores o que tienen características más técnicas se quede escasa.

2.3.1 Materiales de construcción.

A continuación, se calculan las horas dedicadas a los materiales de construcción:

2.3.1.1 Horas destinadas para la mano de obra del acero.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Mano de obra del acero} &= \\ &= Kab * Pac * (1 + Kf * (1 - cf) * 1 + Kb) * (1 + Ke * Ce) * (1 + Kc * (Nc - 1)) \end{aligned}$$

Donde:

- Kab = índice de mano de obra del casco en horas / t neta; (20 < Kab < 100). Se escoge un valor de 50.
- Pac = peso neto del acero estructural = 1359,86 t
- Kf = índice de coeficiente de forma = 0,3
- Cf = coeficiente de formas, puede ser el coeficiente de bloque o el coeficiente prismático, se escoge el coeficiente de bloque = 0,70
- Kb = índice del bulbo = 0,4
- Ke = índice de complejidad del acero = 0,5
- Ce = coeficiente de peso del acero = 0,2
- Kc = coeficiente de número de cubiertas = 0,05
- Nc = número de cubiertas fuera de cámara de máquinas y zonas externas = 4

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\begin{aligned} \text{Mano de obra del acero} &= \\ &= 50 * 1359,86 * (1 + 0,3 * (1 - 0,70) * 1 + 0,4) * (1 + 0,5 * 0,2) * (1 + 0,05 * (4 - 1)) \\ \text{Mano de obra del acero} &= 128.156,60 \text{ h} \end{aligned}$$

2.3.1.2 Horas destinadas para la mano de obra de las piezas fundidas.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra de piezas fundidas} = 25 + 250 * Pal + 30 * L^{\frac{1}{3}} * D * K1$$

Donde:

- Pal = peso del aluminio.
- L = eslora entre perpendiculares (Lpp) = 79 m
- K1 = 2; el buque proyecto lleva instalado dos propulsores azipods.
- D = puntal del buque proyecto = 9,10 m

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra de piezas fundidas} = 25 + 250 * 0 + 30 * 79^{\frac{1}{3}} * 9,10 * 2 = 2.367,80 \text{ h}$$

2.3.1.3 Horas destinadas para la pintura y la protección catódica.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Mano de obra de la pintura y p. c.} &= \\ &= 0,25 * Som + (1 + 0,3 * Nom) + 0,35 * Sov * \left(\frac{Nov}{4}\right) + 0,4 * Si * Ni \end{aligned}$$

Donde:

- Som = superficie de la obra muerta = 1200 m².
- Sov = superficie de la obra viva = 2686,20 m².
- Si = superficie interior = 5372,40 m².
- Nom, Nov y Ni = número de capas aplicadas = 2

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\begin{aligned} \text{Mano de obra de la pintura y p. c.} &= \\ &= 0,25 * 1200 + (1 + 0,3 * 2) + 0,35 * 2686,20 * \left(\frac{2}{4}\right) + 0,4 * 5372,40 * 2 = 5069,61 h \end{aligned}$$

2.3.1.4 Horas destinadas para la preparación de la superficie.

Para el cálculo de la mano de obra empleada en la preparación de superficies se estima unas 0,02 horas/ m², considerando la superficie formada por la suma de la obra viva más la obra muerta. Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra de la preparación de sup.} = 0,02 * (Som + Sov)$$

Donde:

- Som = superficie de la obra muerta = 1200 m².
- Sov = superficie de la obra viva = 2686,20 m².

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra de la preparación de sup.} = 0,02 * (1200 + 2686,20) = 77,75 h$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de las horas estimadas para los materiales de construcción.

Coste de la mano de obra de los materiales de construcción		
30 €/h	Acero	128156,60
	Piezas fundidas	2367,80
	Pintura y protección catódica	5069,61
	Preparación de superficies	77,75
	TOTAL horas	135671,76
	TOTAL euros	4.070.152,80 €

2.3.2 Equipos, servicios y sistemas.

En este apartado desarrollaremos el cálculo de la estimación de las horas empleadas en la instalación, puesta a punto, etc de los diferentes equipos, servicios y sistemas instalados en el buque de proyecto.

2.3.2.1 Horas destinadas para el equipo de fondeo y amarre.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra de los equipos de fondeo y amarre} = 27 * Pa^{0,4}$$

Donde:

- Pa = peso de las anclas = 2 * 3540 kg = 7080 Kg.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra de los equipos de fondeo y amarre} = 27 * 7,08^{0,4} = 59,07 \text{ h}$$

2.3.2.2 Horas destinadas para el equipo de salvamento.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra de los equipos de salvamento} = 300 + 1,5 * N$$

Donde:

- N = nº de pasajeros = 20.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra de los equipos de salvamento} = 300 + 1,5 * 20 = 330 \text{ h}$$

2.3.2.3 Horas destinadas para la habilitación

Dividiremos este cálculo en tres partidas. Para calcular las respectivas horas emplearemos las siguientes fórmulas.

$$\text{Mano de obra de la habilitación en alojamientos} = 16 \text{ h/m}^2$$

$$\text{Mano de obra de los equipos de fonda y hotel} = 115 \text{ h/tripulante}$$

$$\text{Mano de obra de los equipos de acondicionamiento} = 2 \text{ h/m}^2$$

Donde:

- Superficie de la habilitación = 1100 m².

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra de la habilitación en alojamientos} = 16 * 1100 = 17.600 \text{ h}$$

$$\text{Mano de obra de los equipos de fonda y hotel} = 115 * 20 = 2.300 \text{ h}$$

$$\text{Mano de obra de los equipos de acondicionamiento} = 2 * 1100 = 2.200 \text{ h}$$

En total.

$$\text{Mano de obra equipos de habilitación} = 22.100 \text{ h}$$

2.3.2.4 Horas destinadas para el equipo de comunicación y navegación

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra de los equipos de salvamento} = 330 * Nc^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

- Nc = número de quipos = 30; se considera este valor.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra de los equipos de salvamento} = 330 * 30^{\frac{2}{3}} = 3.186,12 \text{ h}$$

2.3.2.5 Horas destinadas para los equipos contraincendios.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra de los equipos contraincendios} = 5,5 * L$$

Donde:

- L = eslora entre perpendiculares = 79 m.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra de los equipos contraincendios} = 5,5 * 79 = 434,50 \text{ h}$$

2.3.2.6 Horas destinadas para la instalación eléctrica.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra para la instalación eléctrica} = 4 * Sh + 6 * kW$$

Donde:

- Sh = superficie de la habitación = 1100 m².
- kW = 20844 kW.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra para la instalación eléctrica} = 4 * 1100 + 6 * 20844 = 129.464 \text{ h}$$

2.3.2.7 Horas destinadas para las tuberías.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra tuberías} = 11 * BHP^{0,35}$$

Donde:

- BHP = 27952 cv.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra tuberías} = 11 * 27952^{0,35} = 395,95 \text{ h}$$

2.3.2.8 Horas destinadas para la instalación propulsora.

Dividiremos este cálculo en tres partidas. Para calcular las respectivas horas emplearemos las siguientes fórmulas.

$$\text{Mano de obra diésel generadores} = 2 * 10 * BHP^{\frac{2}{3}} * Nmp$$

Donde:

- BHP = 27952 cv.
- Nmp = nº de diésel generadores = 4.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra diésel generadores} = 2 * 10 * 27952^{\frac{2}{3}} * 4 = 73.682,70 \text{ h}$$

$$\text{Mano de obra maq auxiliar} = Kcrl + 0,18 * BHP$$

Donde:

- BHP = 27952 cv.
- Kcrl = 2250; para motores de cuatro tiempos.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra maq auxiliar} = 2250 + 0,18 * 27952 = 7.281,36 \text{ h}$$

Para la estimación de las horas empleadas en los propulsores azipod, al no disponer de una fórmula, se calculará del mismo modo que si fuesen hélices en una propulsión convencional.

$$\text{Mano de obra azipods} = K1 + K2 * BHP * Nh$$

Donde:

- K1 = 0,5 para paso fijo.
- K2 = 0,40 para paso fijo
- BHP = 27952 cv.
- Nh = nº de propulsores = 2.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra azipods} = 0,5 + 0,4 * 27952 * 2 = 22.362,10 \text{ h}$$

Calculamos las horas totales empleadas en la instalación propulsora.

$$\text{Mano de obra en la instalación propulsora} = 103.326,16 \text{ h}$$

2.3.2.9 Horas destinadas para los accesorios, armamento e instalaciones.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra accesorios y armamento} = K1 * BHP^{\frac{2}{3}} + 2 * L + K2$$

Donde:

- K1 = 0,8 para motores de cuatro tiempos.
- K2 = 0; no hay eje de cola de respeto.
- L = 79 m.
- BHP = 27952 cv.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra accesorios y armamento} = 0,8 * 27952^{\frac{2}{3}} + 2 * 79 + 0 = 894,90 \text{ h}$$

2.3.2.10 Horas destinadas para los equipos sanitarios.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Mano de obra equipos sanitarios} = \\ = K1 * (280 + 8 * Qa) + K2 * (200 + 3,5 * N) + K3 * (410 + 3,9 * N) + 400 * K4 \end{aligned}$$

Donde:

- K1 = 1; ya que se ha instalado a bordo un generador de agua dulce.
- K2 = 1; se ha instalado grupos hidróforos.
- K3 = 1; ya que se ha instalado una planta de tratamiento de aguas residuales.
- K4 = 1; se ha instalado un incinerador.
- Qa = capacidad (t/día) del generador de agua dulce = 16 t/día.
- N = número de tripulantes = 20 tripulantes.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\begin{aligned} \text{Mano de obra equipos sanitarios} &= \\ &= 1 * (280 + 8 * 16) + 1 * (200 + 3,5 * 20) + 1 * (410 + 3,9 * 20) + 400 * 1 = 1.566 \text{ h} \end{aligned}$$

2.3.2.11 Horas destinadas para las hélices transversales

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra thrusters} = 14,5 * kW^{0,7} * N$$

Donde:

- kW = potencia de cada hélice de proa = 2200 kW para cada hélice transversal de proa; 1500 kW para la hélice transversal de popa. Estos valores se han obtenido en el cuaderno 3.
- N = número de hélices transversales = 2

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\begin{aligned} \text{Mano de obra thrusters proa} &= 14,5 * 2200^{0,7} * 2 = 6.340 \text{ h} \\ \text{Mano de obra thrusters popa} &= 14,5 * 1500^{0,7} * 1 = 2.424,60 \text{ h} \end{aligned}$$

En total.

$$\text{Mano de obra thrusters} = 8764,60 \text{ h}$$

2.3.2.12 Horas destinadas para los equipos auxiliares del casco.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra equipos auxiliares del casco} = 40 + 0,47 * L * (B + D)$$

Donde:

- L = 79 m.
- B = 21,40 m.
- D = 9,10 m.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra equipos auxiliares del casco} = 40 + 0,47 * 79 * (21,40 + 9,10) = 1.220,70 \text{ h}$$

2.3.2.13 Horas destinadas para otros equipos específicos del buque.

Para calcular las horas emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Mano de obra equipos específicos} = 36 * L^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

- L = 79 m.

Con estos datos ya podemos calcular las horas necesarias.

$$\text{Mano de obra equipos específicos} = 36 * 79^{\frac{2}{3}} = 700 \text{ h}$$

2.3.2.14 Horas destinadas para otros equipos generales.

Estimaremos un total de horas aproximadas de 900 h.

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de las horas estimadas para los equipos, servicios y sistemas.

Coste de la mano de obra de los equipos, servicios y sistemas		
30 €/h	Fondeo y amarre	59,07
	Salvamento	330,00
	Habilitación	22100,00
	Comunicación y navegación	3186,12
	Contra incendios	434,50
	Instalación eléctrica	129464,00
	Tuberías	395,95
	Instalación propulsora	103326,16
	Accesorios y armamento	894,90
	Sanitarios	1566,00
	Thrusters	8764,60
	Auxiliares del casco	1220,70
	Equipos generales	900,00
	Equipos específicos	700,00
	TOTAL horas	273342,00
TOTAL euros	8.200.260,00 €	

2.4 Cálculo de costes de gastos varios (CVa).

Una parte del coste final de construcción corresponde con los gastos de clasificación, reglamentación y certificación en los que incurre el astillero mientras se va construyendo el buque. Para ello se recurre al libro que se ha estado usado en el desarrollo del presente cuaderno.

Se estiman en un 5 % del total del coste de materiales, equipos y mano de obra ya calculado, por tanto:

$$\text{Costes varios del astillero} = 0,05 * \text{Coste materiales, equipos y mano de obra}$$

$$CVa = 0,05 * 25.851.904,92 \text{ €} = 1.292.595,25 \text{ €}$$

2.5 Cálculo de costes de ingeniería (CIg).

Al coste constructivo calculado le sumaremos los gastos de ingeniería, que se estimarán como un 10% del coste de materiales, equipos y mano de obra ya calculado, por tanto:

$$\text{Costes de ingeniería} = 0,1 * \text{Coste materiales, equipos y mano de obra}$$

$$CIg = 0,1 * 25.851.904,92 \text{ €} = 2.585.190,49 \text{ €}$$

2.6 Análisis del coste de construcción del buque de proyecto (CC).

El coste de construcción total será la suma de todos los costes calculados anteriormente, siendo estos los de materiales, equipos, mano de obra, gastos varios y costes de ingeniería.

Se resumen en la siguiente tabla.

$$CC = CMg + CEq + CMo + CVa + Clg$$

$$CC = 2.587.935,90 \text{ €} + 10.993.556,22 \text{ €} + 12.270.412,80 \text{ €} + 1.292.595,25 \text{ €} + 2.585.190,49 \text{ €}$$

$$CC = 29.729.690,66 \text{ €}$$

$$CC = 29,73 \text{ M€}$$

COSTE DE CONSTRUCCIÓN		
CMg	Materiales de construcción	2.587.935,90 €
	<i>Coste total de materiales</i>	2.587.935,90 €
CEq	Coste de los equipos de amarre y fondeo	440.645,34 €
	Coste de los equipos de salvamento	46.129,00 €
	Coste de la habilitación	439.874,00 €
	Coste de los equipos de navegación y comunicaciones	355.000,00 €
	Coste de los equipos contra incendios	138.167,14 €
	Coste de los equipos de la instalación eléctrica	1.015.913,33 €
	Coste de los equipos de elevación	418.214,91 €
	Coste de las tuberías	285.418,32 €
	Coste de accesorios, armamento e instalaciones	137.418,31 €
	Coste de los equipos de la instalación propulsora	5.110.157,65 €
	Coste del equipo sanitario	70.921,30 €
	Coste de las hélices transversales	1.328.203,10 €
	Coste de los equipos de automatización y control	178.493,80 €
	Coste de los equipos auxiliares del casco	58.825,46 €
	Coste del equipo para el manejo de carga líquida	149.249,76 €
	Coste de otros equipos generales	60.000,00 €
	Coste de equipos específicos para remolcadores	760.924,80 €
	<i>Coste total de los equipos</i>	10.993.556,22 €
CMo	Coste de la mano de obra de los materiales de construcción	4.070.152,80 €
	Coste de la mano de obra de los equipos, servicios y sistemas	8.200.260,00 €
	<i>Coste total de la mano de obra</i>	12.270.412,80 €
CVa	<i>Coste total gastos varios del astillero</i>	1.292.595,25 €
Clg	<i>Coste total de ingeniería</i>	2.585.190,49 €
Coste total de construcción		29.729.690,66 €

2.7 Valor de contrato y coste de adquisición.

Una vez calculado el coste de construcción debemos conocer cuál será el beneficio que debe obtener el astillero que construya el buque proyecto (relacionado con el valor de contrato) y los impuestos de valor añadido (IVA) que debe pagar el astillero para hacerse con el buque (relacionados con el coste de adquisición). En cuanto al beneficio del astillero, normalmente se mueven en márgenes bajos (2 % - 4 %), se asumirá un beneficio del 3 % del coste de construcción total del buque. Con respecto al coste de adquisición, hay que aplicarle al coste de construcción un 21 % de su coste a mayores.

Calculamos el valor de contrato y el coste de adquisición.

$$\text{Valor de contrato} = (0,03 * CC) + CC = (0,03 * 29.729.690,66 \text{ €}) + 29.729.690,66 \text{ €}$$

$$\text{Valor de contrato} = 30.621.581,38 \text{ €}$$

Se define el valor de contrato como la suma del coste de construcción total del buque más el beneficio que obtiene el astillero por su construcción.

$$\text{Coste de adquisición} = (0,21 * 30.621.581,38 \text{ €}) + 30.621.581,38 \text{ €}$$

$$\text{Coste de adquisición} = 37.052.113,47 \text{ €}$$

Se define el coste de adquisición como el precio que debe pagar el armador al astillero para la construcción del buque.

2.8 Gastos del armador.

También necesitamos estimar aquellos gastos en los que incurre el armador a la hora de afrontar la compra del buque proyecto a un astillero. Dichos gastos serán el coste de adquisición ya calculado y aquellos gastos "extra" que se refieren a términos de licencias, préstamos, puesta en explotación del buque, inspecciones, tripulación etc. Los gastos extra no tienen que ver con el astillero, sólo con el armador.

$$\text{Gastos del armador} = \text{coste de adquisición} + \text{"gastos extra"}$$

A continuación, se detallan estos gastos extra.

2.8.1 Gastos notariales de la hipoteca.

Estos gastos pueden ser aquellos como hipotecas, etc. Para la estimación de estos gastos utilizaremos la siguiente fórmula.

$$\text{Hipoteca} = 0,005 * C * (1,2 + 3 * I)$$

Donde:

- C = importe del crédito que el armador le pide al banco para financiar la inversión. Se estimará como el 60% del valor del contrato, es decir, el crédito será de 18.372.948,83 €.
- I = tipo de interés del crédito en tanto por uno. Lo estimaremos en 0,15.

Conocidos todos estos datos, calcularemos el gasto que al armador le supone tener que pedir una hipoteca.

$$\text{Hipoteca} = 0,005 * 18.372.948,83 \text{ €} * (1,2 + 3 * 0,15) = 151.576,83 \text{ €}$$

2.8.2 Escritura de entrega e impuesto por actos jurídicos documentados.

Emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Escritura de entrega e impuesto} = 0,005 * VC$$

$$\text{Escritura de entrega e impuesto} = 0,005 * 30.621.581,38 \text{ €} = 153.107,91 \text{ €}$$

2.8.3 Gastos notariales generales.

Por tanto, los gastos notariales serán el 10% de la suma de las dos condiciones anteriores.

$$\text{Gastos notariales} = 0,1 * (\text{Hipoteca} + \text{Escritura de entrega e impuestos})$$

$$\text{Gastos notariales} = 0,1 * (151.576,83 \text{ €} + 153.107,91 \text{ €}) = 30.468,47 \text{ €}$$

2.8.4 Intereses intercalarios.

Emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Intereses intercalarios} = (0,0167 * Me + 0,035 * Mc) * C * I$$

Donde:

- Me = plazo de entrega, en meses, desde la entrada en vigor del contrato hasta la entrega del buque. Se estiman 30 meses.
- Mc = plazo de construcción, en meses, desde la puesta de quilla hasta la entrega del buque. Se estiman dos años, 24 meses.
- C = crédito = 18.372.948,83 €.
- I = 0,15.

Conocidos todos los datos, ya podemos calcular estos intereses.

$$\text{Intereses intercalarios} = (0,0167 * 30 + 0,035 * 24) * 18.372.948,83 \text{ €} * 0,15$$

$$\text{Intereses intercalarios} = 3.695.718,66 \text{ €}$$

2.8.5 Inspección del armador.

Emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Inspección del armador} = 0,001 * VC + 1650 * Mc$$

Donde:

- VC = valor del contrato = 30.621.581,38 €
- Mc = 24 meses.

Conocidos ambos datos, calcularemos el gasto.

$$\text{Inspección del armador} = 0,001 * 30.621.581,38 \text{ €} + 1650 * 24 = 70.221,58 \text{ €}$$

2.8.6 Adiestramiento de la tripulación.

Emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Adiestramiento de la tripulación} = 900 * Nt + 1000 * Mc$$

Donde:

- Nt = nº de tripulantes = 20
- Mc = 14 meses.

Conocidos ambos datos, calcularemos el gasto.

$$\text{Adiestramiento de la tripulación} = 900 * 20 + 1000 * 14 = 32.000 \text{ €}$$

2.8.7 Cargos, pertrechos y repuestos no incluidos en el contrato de construcción.

Emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Cargos, pertrechos y repuestos} = 18.000 + K1 * VC + 600 * BHP^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

- K1 = factor que varía entre 0,001 y 0,0012. Escogeremos un valor medio de 0,0011.
- VC = valor de contrato = 30.621.581,38 €
- BHP = 27952 cv.

Conocidos ambos datos, calcularemos el gasto.

$$\text{Cargos, pertrechos y repuestos} = 18.000 + 0,0011 * 30.621.581,38 \text{ €} + 600 * 27952^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{Cargos, pertrechos y repuestos} = 69.892,86 \text{ €}$$

2.8.8 Gastos de puesta en explotación.

Emplearemos la siguiente fórmula.

$$\text{Puesta en explotación} = 6000 * \left(K1 + 0,1 * BHP^{\frac{1}{3}} \right)$$

Donde:

- K1 = 1,25.
- BHP = 27952 cv.

Con todos estos datos, calculamos el gasto.

$$\text{Puesta en explotación} = 6000 * \left(1,25 + 0,1 * 27952^{\frac{1}{3}} \right) = 25.709,12 \text{ €}$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos se muestra la siguiente tabla resumen de los gastos extras del armador y el gasto total en el que finalmente va a incurrir.

GASTOS TOTALES DEL ARMADOR		
Fijo	Coste de adquisición	37.052.113,47 €
Gastos extra	Hipoteca	151.576,83 €
	Escritura de entrega e impuesto por actos jurídicos	153.107,91 €
	Gastos notariales	30.468,47 €
	Intereses intercalarios	3.695.718,66 €
	Inspección del armador	70.221,58 €
	Adiestramiento de la tripulación	32.000,00 €
	Cargos, pertrechos y repuestos no incluidos en el CC	69.892,86 €
	Puesta en explotación	25.709,12 €
COSTE TOTAL PARA EL ARMADOR		41.280.808,89 €

2.9 Resumen de los resultados obtenidos.

Una vez que tenemos calculados todos los gastos, deberemos hacer un análisis de los resultados. La finalidad de este análisis es comparar el coste de construcción obtenido con el de buques parecidos al buque proyecto.

Previamente al análisis, se muestra una tabla resumen con todos los costes y gastos obtenidos.

COSTES Y GASTOS OBTENIDOS	
Coste de construcción	29.729.690,66 €
Valor de contrato	30.621.581,38 €
Coste de adquisición	37.052.113,47 €
Gastos extras del armador	4.228.695,42 €
Gasto total del armador	41.280.808,89 €

2.10 Análisis del coste obtenido y del mercado offshore.

En la tabla anterior podemos observar el coste que le cuesta construir un buque nuevo al astillero y el coste final con el que tiene que lidiar un armador para poder renovar o ampliar su flota. Actualmente, el valor medio de los buques offshore de estas características suele rondar los 50 M€ o 60 M€ dependiendo de sus equipos, servicios y accesorios, que finalmente son estos los que elevan coste de construcción ya que hoy en día lo más importante del buque no es el casco si no toda la innovación que se le ha implementado.

Los resultados obtenidos se consideran aceptables ya que han sido contrastados con un astillero de la lista mostrada en el análisis de mercado de este cuaderno. En esta comparación con buques del sector, se tuvieron en cuenta las características principales de nuestro buque de proyecto y el grado de implementación de las nuevas tecnologías a bordo.

Hoy en día, como se ha visto al inicio del cuaderno, el mercado aún soporta y requiere de la nueva construcción de buques de este tipo, por tanto, nuestro proyecto sería viable. Debemos tener en cuenta que debido a la expansión de las "wind farms" el panorama de las embarcaciones offshore está abriendo nuevas vías hacia embarcaciones de tipo CSOV (Commissioning Service Operation Vessels) como los que fabrica Gondán Shipbuilders en conjunto con Astilleros Balenciaga S.A. para la empresa Edda Wind AS. Sería interesante optar a este nuevo campo de explotación con los AHTS aprovechando las nuevas energías renovables e instalando un sistema de baterías de hidrógeno, convirtiéndolo en un buque de cero emisiones con la posibilidad de recargarse en alta mar.

Pero todas estas variaciones del mercado son imposibles de predecir, así que lo más importante para el astillero siempre será satisfacer las necesidades del armador y proporcionarle todo lo necesario para mantener acuerdos comerciales y conseguir nuevos contratos en un futuro, asegurando de esta manera un poco de estabilidad económica para estos años tan difíciles que se aproximan en el sector de la construcción naval.