

Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2019/ 2010

PSV 8500 TPM

CLEAN DESIGN; FIFI III; DYNPOS AUTR; SF; E0; SPS; SUPPLY VESSEL; OIL
RECOVERY; ICE C

CUADERNO 13: PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO: PABLO FERNÁNDEZ CARBAJALES

TUTOR: FERNANDO LAGO RODRÍGUEZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2020

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO Nº 1920/ 09

Requerimientos previstos de actividad (RPA) del buque proyecto:

Título del proyecto: PSV 8500 TPM

Clasificación, cota y reglamentos de aplicación: DNV, SPS, SUPPLY VESSEL, SF, EO, ICE C, DYNPOS AUTR, CLEAN DESIGN, FIFI III

Velocidad y autonomía: 15 nudos en condiciones de servicio, 5000 millas

Sistemas y equipos de carga/ descarga: los habituales en este tipo de buques

Propulsión: diésel – eléctrica, propulsores Voith Schneider

Tripulación y pasaje: 38 personas más 12 (personal especial), según SPS

Ferrol, 31 de octubre de 2019

ALUMNO/A: PABLO FERNÁNDEZ CARBAJALES

El buque a proyectar se trata de un buque diseñado para prestar apoyo y suministro a las plataformas petrolíferas del Mar del Norte, tanto carga líquida como carga seca. Además, presenta la posibilidad de extinguir fuegos exteriores al buque (FIFI III) y recoger vertidos de hidrocarburos en alta mar (OIL RECOVERY).

The vessel to be projected is a vessel designed to provide support and supply to the oil rigs in the North Sea, both liquid and dry cargo. In addition, it has the possibility of extinguishing fires outside the ship (FIFI III) and collecting hydrocarbon spills in the seas (OIL RECOVERY).

O buque que se proxecta é un buque diseñado para proporcionar apoio e subministración ás plataformas petrolíferas do mar do Norte, tanto carga líquida como seca. Ademais, ten a posibilidade de extinguir incendios fora do buque (FIFI III) e recoller derrames de hidrocarburos en alta mar (OIL RECOVERY).

ÍNDICE

1. Presentación (página 5)
2. Introducción (páginas 6 – 8)
3. Presupuesto de construcción del buque (páginas 9 – 45)
4. Valor de contrato y coste de adquisición (página 46)
5. Gastos del armador (páginas 46 – 49)
6. Resumen de los resultados obtenidos (páginas 50 – 52)
7. Análisis del coste obtenido/ mercado offshore (páginas 52 – 55)

1. Presentación

El buque proyecto se trata de un PSV (Platform Supply Vessel) destinado a prestar apoyo y suministro a las plataformas petrolíferas del Mar del Norte, con una capacidad de 8500 TPM, condición fijada en la RPA, además de una velocidad de servicio de 15 nudos. En cuanto a la operatividad del mismo puede suministrar la siguiente carga:

- Diesel oil
- Agua dulce para consumo
- Cemento seco
- Salmuera
- Otros elementos en la cubierta principal (carga seca) como brocas de perforación, cables etc.

También está diseñado para recoger los siguientes productos de la plataforma:

- Barro de perforación

Se ha dotado también la posibilidad de que el buque tenga la capacidad de recoger vertidos de hidrocarburos derramados en alta mar, lo que se conoce como Oil Recovery.

Las cotas de clase que aplican en el diseño del buque proyecto son las siguientes:

- DNV: buque diseñado bajo dicha sociedad de clasificación, se seguirán las normas y recomendaciones que sean de aplicación.
- SPS (special purpose ship)
- Supply vessel: buque diseñado para prestar apoyo.
- SF: buque diseñado teniendo en cuenta factores restrictivos en estabilidad en averías
- EO: maquinaria desatendida
- ICE C: buque diseñado para navegar en zonas con presencia de una capa fina de hielo
- DYNPOS AUTR: buque diseñado con la capacidad de mantener la posición sin moverse.
- CLEAN DESIGN: buque que dota de un diseño limpio en cuanto a contaminación
- FIFI III: buque diseñado con la posibilidad de luchar contra fuegos exteriores.
- OIL RECOVERY: buque dotado de la capacidad de recoger y almacenar vertidos de hidrocarburos en alta mar

Las cotas de clase comentadas se irán desarrollando a lo largo de los 13 cuadernos de los que consta el TFG.

2. Introducción

El objetivo del presente cuaderno es calcular los costes de construcción que tendría el astillero que llevase a cabo la construcción del buque proyecto. Se trata de un cálculo aproximado, ya que el coste final dependerá de muchos factores que a estas alturas de diseño no se pueden tener en cuenta.

Otro factor importante que podría variar es el precio del acero. También si el astillero cuenta con oficina técnica o es un trabajo subcontratado a una empresa auxiliar.

Otro de los aspectos importantes que pueden encarecer el precio de construcción notablemente son las reformas, es importante para un astillero fijar como se llevará a cabo una posible reforma del buque, antes del inicio de la construcción.

Cabe destacar también, aunque no se pueda tener en cuenta, que los retrasos en los pedidos de material equipos etc puede suponer un aumento del coste final.

Para llevar a cabo la estimación preliminar del coste de construcción del buque proyecto, esta se realizará mediante formulación. Se desglosarán aquellos conceptos que se integran en el proceso productivo del buque. Estos “procesos productivos” los vamos a dividir en cinco grandes grupos para su estudio:

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

A su vez, de estos cinco grandes grupos, los tres primeros se dividirán en diferentes conceptos, lo que nos proporcionará un cálculo con mayor exactitud.

Conocidos todos los costes comentados anteriormente, al final del cuaderno, se calcularán los costes del valor de contrato y el coste de adquisición, que están relacionados con el beneficio que obtendría el astillero en la construcción del buque proyecto y el gasto del armador teniendo en cuenta el IVA, respectivamente.

También se tendrán en cuenta los gastos “extras” del armador, aquellos que no están relacionados con el astillero, conociendo así los gastos totales del armador.

Antes de comenzar a desglosar los costes, se hará un análisis del mercado offshore en los últimos años, basándose en la información proporcionada por la página scmdaleel.com, en donde se analiza constantemente la industria offshore.

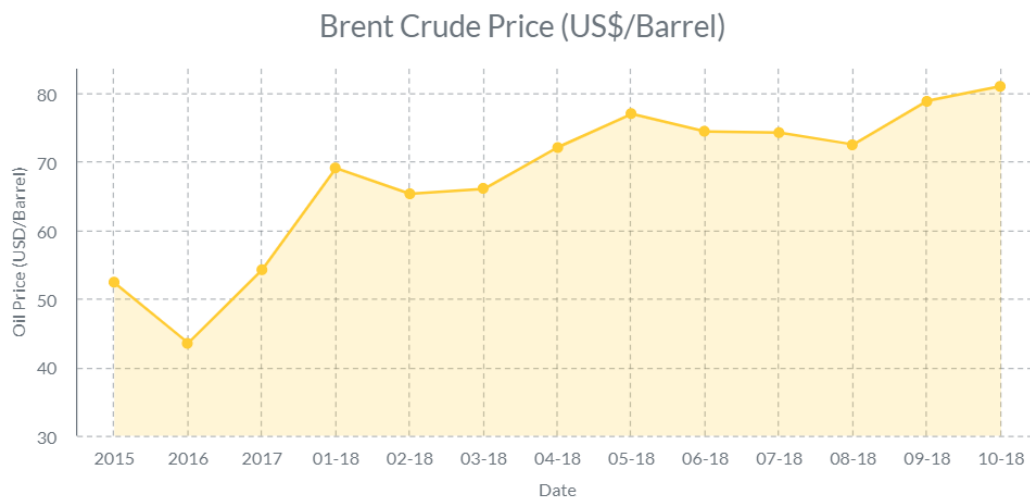
- Análisis del mercado offshore:

El mercado offshore se trata, dentro de la industria naval, de un mercado muy cíclico, que depende directamente del precio del petróleo en cada momento. En los últimos años, a diferencia de hace una década, la nueva construcción de buques PSV (Platform Supply Vessel) se ha visto ralentizada.

Hay que destacar que dentro de la industria offshore hay diferentes tipos de buques, cada uno con fines operativos distintos. Por ejemplo, últimamente se construyen pocos PSVs, por el contrario, existe una alta demanda de buques de apoyo a las plataformas eólicas de alta mar. Parece indicar que la industria offshore en los próximos años crecerá en el sector de las energías renovables, especialmente, en parques eólicos marinos.

Por tanto, la decisión de la construcción o no, de un buque PSV, debe ser basada en un estudio muy concreto sobre el mercado del petróleo desde la actualidad hasta la vida útil del buque, unos 20 o 25 años.

A continuación, se muestra una gráfica en la que se puede observar como el mercado del petróleo se trata de un mercado cíclico, como se ha comentado:



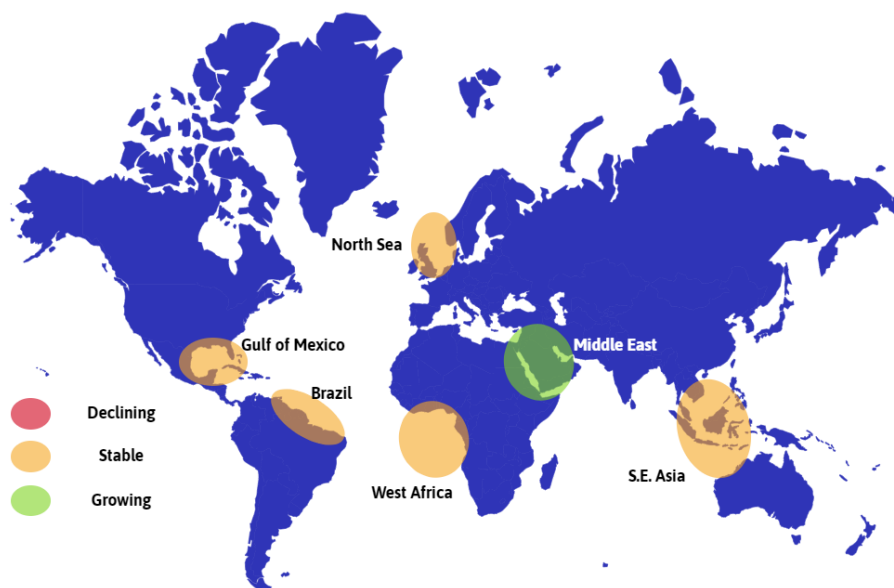
Gráfica en la que se puede ver la evolución del precio del barril de crudo del año 2015 hasta finales del año 2018

La gráfica nos muestra como en el año 2018 comienza una época de crecimiento lento, sin grandes subidas. A día de hoy, debido a la caída de precio del barril de petróleo a partir de la crisis sanitaria provocada por el Covid-19, sería impensable plantearse construir un buque PSV. Cuando esta situación termina, todo hace indicar a que el mercado seguirá con la misma evolución que se muestra en la gráfica.

Otro de los factores importantes, que indica porque no se están construyendo muchos PSVs actualmente, es que en el mercado offshore existe una alta oferta de embarcaciones de este tipo.

Hay que tener en cuenta que el buque proyecto está destinado a trabajar en 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 zonas se encuentran en una fase estable, como podemos ver a continuación:



Crecimiento del mercado del petróleo en las diferentes zonas del mundo en las cuales hay plataformas petrolíferas en alta mar

3. Presupuesto de construcción del buque

En este apartado se procederá a desglosar el coste de construcción del buque proyecto, como se ha comentado en la introducción del cuaderno.

3.1 Cálculo del coste de los materiales

Antes de comenzar con el cálculo de los costes, se muestran las dimensiones principales, las cuales se emplearán en el desarrollo de este apartado:

Valores obtenidos Maxsurf			
Lpp	95,4 m	Cp	0,692
B	24,618 m	Cm	0,989
T	8,193 m	Cb	0,683
		Δ	13825 t

Tabla resumen de las dimensiones y coeficientes principales calculados en el Cuaderno 3, tras el modelado del casco mediante el programa Maxsurf Modeller

Se desglosará este grupo (materiales) en las siguientes partidas:

- **Coste del acero:**

Para el cálculo del coste del acero empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Coste acero} = \text{Peso bruto del acero} \times \text{coste unitario del acero}$$

Donde:

- Peso bruto del acero = peso neto del acero x 1,15
- Coste unitario del acero = 500 euros/ tonelada acero bruto

Calculamos, por tanto, dicho coste:

$$\text{Peso bruto del acero} = 3492 \text{ t} \times 1,15 = 4015,8 \text{ t}$$

$$\text{Coste del acero} = 4015,8 \text{ t} \times 500 \text{ euros} = 2007900 \text{ euros}$$

- **Coste de las piezas fundidas:**

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

$$\text{Coste de las piezas fundidas} = 4 \times L \times H$$

Donde:

- L = eslora entre perpendiculares (Lpp) = 95,4 m
- H = puntal (D) = 11,5 m

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de las piezas fundidas} = 4 \times 95,4 \text{ m} \times 11,5 \text{ m} = 4388,4 \text{ euros}$$

- **Coste de los materiales auxiliares a la construcción del casco:**

La fórmula a emplear es la siguiente:

$$\text{Coste de los materiales auxiliares} = 50 \times t \text{ de acero estructural}$$

Donde:

- Toneladas de acero estructural = 3492 t

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de los materiales auxiliares} = 50 \times 3492 \text{ t} = 174600 \text{ euros}$$

- **Coste de la preparación de superficies:**

Antes de pintar el acero, es necesario tratarlo para quitar las impurezas, se dividirán estos costes en granallado (chorreo mediante arena) e imprimación (capa previa para que agarre bien la pintura):

En cuanto al granallado, se estima en 8 euros/ m². En cuanto al granallado interior, se estima en 15 euros/ m². La fórmula que nos da el coste del granallado es la siguiente:

$$\text{Coste del granallado exterior} = \text{superficie exterior del casco (m}^2\text{)} \times 8 \text{ euros/ m}^2$$

$$\text{Coste del granallado interior} = \text{superficie interior del casco (m}^2\text{)} \times 15 \text{ euros/ m}^2$$

Donde:

- Superficie exterior del casco = 3318 m² (valor obtenido de Maxsurf)
- Superficie interior = 2 x 3318 m² (se estima en dos veces la superficie exterior)

Ya podemos calcular el coste del granallado:

$$\text{Coste del granallado interior} = 3318 \text{ m}^2 \times 8 \text{ euros/ m}^2 = 26544 \text{ euros}$$

$$\text{Coste del granallado exterior} = 2 \times 3318 \text{ m}^2 \times 15 \text{ euros/ m}^2 = 99540 \text{ euros}$$

En cuanto al coste de la imprimación, se estima en 2 euros/ m². La fórmula que nos da el coste de la imprimación es la siguiente

$$\text{Coste de la imprimación} = (\text{superficie exterior (m}^2\text{)} + \text{superficie interior (m}^2\text{)}) \times 2 \text{ euros/m}^2$$

Conocidas ambas superficies, calculamos el coste de la imprimación:

$$\text{Coste de la imprimación} = (3318 \text{ m}^2 + 6636 \text{ m}^2) \times 2 \text{ euros/m}^2 = 19908 \text{ euros}$$

- **Coste de la pintura y de la protección catódica:**

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

Coste de la pintura de la obra viva:

Se empleará pintura epoxi con 500 micras de espesor, con un coste de 0,011 euros/m² x micra

$$\text{Coste de la pintura de la obra viva} = 0,011 \times 500 \text{ micras} \times 3318 \text{ m}^2 = 18249 \text{ euros}$$

Coste de la pintura de la obra muerta:

Se empleará el mismo tipo de pintura que en la obra muerta, con un espesor de 300 micras. El coste será el mismo que se ha empleado anteriormente.

$$\text{Coste de la pintura de la obra muerta} = 0,011 \times 300 \text{ micras} \times 2113 \text{ m}^2 = 6973 \text{ euros}$$

Coste de la pintura interior:

Se empleará el mismo tipo de pintura (epoxi), con un espesor de 250 micras. El coste es el mismo que ya se ha usado.

$$\text{Coste de la pintura interior} = 0,011 \times 250 \text{ micras} \times 6200 \text{ m}^2 = 17050 \text{ euros}$$

Coste de la pintura de tuberías:

Dicho coste lo aproximamos mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

- BHP = potencia total (Cv) = 10100,15 Cv, valor obtenido del Cuaderno 10
- L = eslora entre perpendiculares (Lpp) = 95,4 m
- K = factor de la pintura, para la pintura epoxi empleada tiene un valor de 4,8

Ya podemos calcular el coste de la pintura:

$$\text{Coste de la pintura de tuberías} = 0,18 \times (0,057 \times 10100,15 + 0,18 \times 95,4) \times 4,8 = 512,25 \text{ euros}$$

Coste del galvanizado:

Para conocer el coste del galvanizado, se calcula como un 7,5 % del coste de la pintura tanto de obra viva como de la obra muerta:

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

$$\text{Coste del galvanizado} = 0,75 \times (18249 \text{ euros} + 6973 \text{ euros}) = 18916,5 \text{ euros}$$

Coste de la protección catódica:

Suponiendo que el método empleado para la protección catódica es mediante el uso de ánodos de sacrificio de zinc, empleamos la siguiente fórmula:

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

$$\text{Coste de la protección catódica} = 1,55 \times 3318 \text{ m}^2 = 5142,9 \text{ euros}$$

Ya nos podemos hacer una idea del coste de los materiales de construcción del buque proyecto, los cuales se muestran detallados en la siguiente tabla:

Coste de los materiales de construcción		Euros
Acero	2007900	
Piezas fundidas	4388,4	
Materiales auxiliares	174600	
Preparación de superficies	145992	
Pintura y protección catódica	66728,5	
TOTAL	2399608,9	

Tabla resumen del coste de los materiales de construcción para el buque proyecto

3.2 Cálculo del coste de los equipos

- **Equipos de fondeo y amarre:**

Se determinará el coste de los diferentes equipos de fondeo y amarre que presenta el buque proyecto.

- Coste de las anclas:

El coste de las anclas se estima a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de las anclas} = \text{nº de anclas} \times (2500 \text{ euros/t}) \times \text{peso anclas}$$

Donde:

- Nº de anclas = 2
- Peso ancla = 5250 kg

Estos datos han sido obtenidos en el Cuaderno 12. Ya podemos conocer el coste:

$$\text{Coste de las anclas} = 2 \times 2500 \text{ (euros/t)} \times 5,25 \text{ t} = 26250 \text{ euros}$$

- Coste de las cadenas, cables y estachas:

Dicho coste se aproxima mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

- K = coeficiente que depende del tipo de acero, empleamos 0,305
- d = diámetro de la cadena = 64 mm
- Lc = longitud de la cadena = 577,5 m

Ya podemos conocer el coste de las cadenas:

$$\text{Coste de las cadenas} = 0,15 \times 0,305 \times 64^2 \times 577,5 \text{ m} = 108218,9 \text{ euros}$$

- Coste de los molinetes:

Aproximamos el coste de los molinetes mediante la siguiente expresión:

$$\text{Coste de los molinetes} = \text{Nº molinetes} \times 300 \times d^{1,3}$$

Donde:

- Nº de molinetes = 2
- d = diámetro de la cadena = 64 mm

Ya podemos conocer el coste:

$$\text{Coste de los molinetes} = 2 \times 300 \times 64^{1,3} = 133716,56 \text{ euros}$$

- Coste de los winches:

En el Cuaderno 12 se habían dimensionado 4 winches de amarre, dos situados en proa y otros dos situados en popa. Además de dichos winches, se han instalados otros dos winches de carga en la cubierta principal, que permiten el traslado de la carga en dicha cubierta. Para determinar su coste se sigue la siguiente fórmula:

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

Donde:

- T = 5 toneladas
- N° winches = 6

Ya podemos calcular su coste:

$$\text{Coste de los winches carga/ amarre} = 6 \times 7800 \times 5^{1,3} = 379233,64 \text{ euros}$$

Como se ha comentado, en este apartado se ha decidido incluir también los winches de carga situados en la cubierta principal, para tener una idea de su coste.

Una vez hechos todos los cálculos, se muestra a continuación, una tabla resumen de los costes de los equipos de fondeo y amarre:

Coste de los equipos de fondeo y amarre		Euros
Anclas	26250	
Cadena	108218,9	
Molinetes	133716,56	
Winches carga/ amarre	379233,64	
TOTAL	647419,1	

Tabla resumen del coste de los equipos de fondeo y amarre

- **Equipos de salvamento:**

Se determinará el coste de los diferentes medios de salvamento dimensionados en el Cuaderno 12 para el buque proyecto.

- Coste del bote de rescate:

En el Cuaderno 12 nos viéramos en la necesidad de instalar un bote de rescate, del cual se ha seleccionado el modelo. Como no se tienen datos del precio del mismo, se estimará en 25000 euros.

- Coste de las balsas salvavidas:

El coste de las balsas salvavidas viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Coste de las balsas salvavidas} = K_{ba} \times N_p^{1/3}$$

Donde:

- $K_{ba} = 1200$, para balsas arriables, como es el caso
- $N_p = 50$ pasajeros

Ya podemos calcular el coste:

$$\text{Coste de las balsas salvavidas} = 1200 \times 50^{1/3} = 4421 \text{ euros}$$

- Coste de los botes salvavidas:

El coste de los botes salvavidas, uno a cada costado, como se ha determinado en el Cuaderno 12, viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Coste de los botes salvavidas} = K_{bo} \times N_p^{2/3}$$

Donde:

- $K_{bo} = 3000$
- $N_p = 50$ pasajeros

Ya podemos conocer el coste:

$$\text{Coste de los botes salvavidas} = 3000 \times 50^{2/3} = 40716,26 \text{ euros}$$

- Coste de equipos varios de salvamento:

Se incluyen diferentes elementos de salvamento, como pueden ser chalecos, lanzacabos, señales de emergencia etc.

La fórmula que determina el coste de estos elementos de rescate es la siguiente:

$$\text{Coste de los equipos varios de salvamento} = 2500 + 30 \times N$$

Donde:

- N = número de pasajeros = 50

Hacemos el cálculo:

$$\text{Coste de los equipos varios de salvamento} = 2500 + 30 \times 50 = 4000 \text{ euros}$$

Una vez realizados los cálculos necesarios, se muestra un resumen del coste de los equipos de salvamento que se han instalado en el buque proyecto:

Coste de los equipos de salvamento		Euros
Balsas salvavidas	4421	
Botes salvavidas	40716,26	
Bote de rescate	25000	
Equipos varios	4000	
TOTAL	74137,26	

Tabla resumen de los costes de los diferentes medios de salvamento equipados en el buque proyecto

- **Equipos relacionados con la habilitación:**

Se determinará el coste de la habilitación del buque, que se dividirá en varias partidas:

- Coste de la habilitación de alojamientos:

Dicho coste viene determinado por la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de la habilitación en alojamientos} = Kh \times Sh$$

Donde:

- Kh = coeficiente que depende del local de habilitación, se considera 300
- Sh = superficie de alojamiento = 534 m², medido en Autocad

Ya podemos conocer el valor del coste:

$$\text{Coste de la habilitación en alojamientos} = 300 \times 534 \text{ m}^2 = 160200 \text{ euros}$$

- Coste de los equipos de fonda y hotel:

En este apartado se incluirán los equipos de cocina y oficios, las gambuzas frigoríficas y los equipos de lavandería y varios:

$$\text{Coste de los equipos de cocina y oficios} = K_{co} \times N$$

Donde:

- $K_{co} = 420$
- $N = \text{número de pasajeros} = 50$

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de los equipos de cocina y oficios} = 420 \times 50 = 21000 \text{ euros}$$

Ahora calculamos el coste de la gambuza frigorífica:

$$\text{Coste gambuza frigorífica} = 1800 \times V^{2/3}$$

Donde:

- $V = \text{volumen de la gambuza} = 37,86 \text{ m}^3$, valor medido en Autocad

Ya podemos calcular el coste:

$$\text{Coste de la gambuza frigorífica} = 1800 \times 37,86^{2/3} = 20295 \text{ euros}$$

A continuación, calculamos el coste de los equipos de lavandería:

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

Donde:

- $N = \text{número de pasajeros} = 50$

$$\text{Coste de los equipos de lavandería y varios} = 240 \times 50 = 12000 \text{ euros}$$

- Coste de los equipos de acondicionamiento en la habitación:

En este apartado se incluirá el acondicionamiento de los alojamientos de la habitación, la ventilación mecánica de dichos espacios y equipos varios:

$$\text{Coste del acondicionamiento en los alojamientos} = 60 \text{ (euros/m}^2\text{)} \times S_h$$

Donde:

- $S_h = \text{superficie de alojamiento} = 534 \text{ m}^2$

Calculamos el coste:

$$\text{Coste del acondicionamiento en los alojamientos} = 60 \times 534 = 32040 \text{ euros}$$

A continuación, calculamos el coste de los equipos de ventilación mecánica:

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

Donde:

- N = número de pasajeros = 50
- Sh = 534 m²

Calculamos el coste:

$$\text{Coste ventilación mecánica} = 1055 \times 50^{0,215} + 1,2 \times 534^{0,25} = 2452,2 \text{ euros}$$

Por último, calculamos el coste de equipos varios relacionados con la habilitación:

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

Donde:

- N = número de pasajeros = 50

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de equipos varios} = 72 \times 50 = 3600 \text{ euros}$$

A continuación, se muestra un resumen del coste de los equipos relacionados con la habilitación del buque proyecto:

Coste de los equipos de la habilitación		Euros
Habilitación de alojamientos	160200	
Equipos de fonda y hotel	53295	
Equipos de acondicionamiento	38092,2	
TOTAL	251587,2	

Tabla resumen del coste de los equipos relacionados con la habilitación del buque proyecto

- **Equipos de navegación y comunicaciones:**

Se dividen, para su estudio, en las diferentes partidas:

- Coste de los equipos de navegación:

Teniendo en cuenta los precios de los equipos de baja calidad y de alta calidad, se estima un valor aproximado de 140000 euros, haciendo la media entre ambas gamas.

- Coste de los equipos auxiliares de navegación:

El coste de los equipos auxiliares de navegación se estima como un 80 % del coste de los equipos de navegación, calculados anteriormente:

$$\text{Coste de los equipos auxiliares de navegación} = 0,8 \times \text{Coste de los equipos de navegación}$$

$$\text{Coste de los equipos auxiliares de navegación} = 0,8 \times 140000 = 112000 \text{ euros}$$

- Coste de los equipos de comunicación externa:

El coste de dichos equipos, puede variar entre 48000 euros y 120000 euros, se estima un valor medio de 84000 euros.

- Coste de los equipos de comunicación interna:

En este caso, el coste puede variar entre unos 12000 euros y 36000 euros, se estima un valor medio de 24000 euros.

Una vez realizados todos los cálculos, se muestra un resumen de los mismos:

Coste de los equipos de comunicación y navegación		Euros
Navegación	140000	
Auxiliares de navegación	112000	
Comunicación externa	84000	
Comunicación interna	24000	
TOTAL	360000	

Tabla resumen del coste de los equipos de comunicación y navegación instalados en el buque proyecto

- **Equipos contraincendios:**

Se divide en las siguientes partidas:

- Coste de los equipos contraincendios en cámara de máquinas:

La fórmula que nos permite aproximar el coste de dichos equipos es la siguiente:

$$\text{Coste de los equipos contraincendios en cámara de máquinas} = 8,4 \times Lm \times B \times Dm$$

Donde:

- Lm = eslora de la cámara de máquinas = 18 m
- B = manga del buque = 24,618 m
- Dm = puntal de la cámara de máquinas = 10 m

Ya podemos calcular el coste:

$$\text{Coste de los equipos contraincendios en cámara de máquinas} = 8,4 \times 18 \times 24,618 \times 10 = 37222,4 \text{ euros}$$

- Coste de las instalaciones fijas en cubierta:

El coste de dichos equipos se puede estimar mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

- L = eslora entre perpendiculares (Lpp) = 95,4 m
- B = manga del buque = 24,618 m

Ya podemos conocer el coste:

$$\text{Coste de las instalaciones fijas en cubierta} = 11 \times (1 + 0,0013 \times 95,4) \times 95,4 \times 24,618 = 29038,07 \text{ euros}$$

Una vez realizados los cálculos, se muestra un resumen de los mismos:

Coste de los equipos contraincendios		Euros
Cámara de máquinas	37222,4	
Instalaciones fijas en cubierta	29038,07	
TOTAL	66260,47	

Tabla resumen del coste de los equipos contraincendios principales del buque proyecto

- **Equipos de la instalación eléctrica:**

El coste de la instalación eléctrica del buque viene determinado por la potencia instalada (Kw), como se muestra a continuación:

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

Donde:

- Potencia instalada (Kw) = 7531,68 Kw; valor obtenido del Cuaderno 10

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de la instalación eléctrica} = 480 \times 7531,68^{0,77} = 463925,06 \text{ euros}$$

A continuación, se muestran los costes de la instalación eléctrica:

Coste de la instalación eléctrica		Euros
Instalación eléctrica	463925,06	
TOTAL	463925,06	

Tabla resumen del coste de la instalación eléctrica del buque proyecto

- **Grúas de carga/ descarga:**

La fórmula que nos permite determinar el coste de las grúas de carga/ descarga es la siguiente:

$$\text{Coste grúas carga/ descarga} = N^{\circ} \times 2520 \times SWL^{0,765} \times Lg^{0,85}$$

Donde:

- SWL = carga de seguridad de trabajo de la grúa = 5,4 t (valor obtenido del catálogo mostrado como Anexo en el Cuaderno 12)
- Lg = longitud del brazo de la grúa = 10,59 m
- N° = número de grúas = 2; una a cada costado

Ya podemos conocer el coste de las grúas:

$$\text{Coste grúas de carga/ descarga} = 2 \times 2520 \times 5,4^{0,765} \times 10,59^{0,85} = 136104,76 \text{ euros}$$

A continuación, se muestran los costes de las grúas:

Grúas de carga/ descarga		Euros
Grúas (una a cada costado)	136104,76	
TOTAL	136104,76	

Tabla resumen del coste de las grúas de carga/ descarga instaladas en el buque proyecto

- **Tuberías:**

El coste de las tuberías del buque proyecto se puede aproximar mediante la siguiente expresión:

$$\text{Coste tuberías} = 2705 \times (0,015 \times Lm \times B \times Dm + 0,18 \times L) + Kt \times BHP + 1,5 \times (3 \times Lm \times B \times Dm + Qb + 4 \times Sh)$$

Donde:

- Lm = 18 m
- B = 24,618 m
- Dm = 10 m
- L = 95,4 m
- Kt = 5,7; el motor propulsor quema MDO (marine diésel oil, que se trata de un combustible ligero)
- BHP = 10100,15 Cv
- Qb = volumen de bodega = 0
- Sh = 534 m²

Ya podemos calcular el coste de la tubería:

$$\text{Coste tuberías} = 2705 \times (0,015 \times 18 \times 24,618 \times 10 + 0,18 \times 95,4) + 5,7 \times 10100,15 + 1,5 \times (3 \times 95,4 \times 24,618 \times 10 + 0 + 4 \times 534) = 392707,752 \text{ euros}$$

Debido a que el buque proyecto presenta sistemas de tuberías de carga/ descarga de diferentes productos, como cemento seco, barro de perforación etc, en realidad, este valor se incrementará notablemente.

A continuación, una vez realizados los cálculos, se muestra un resumen:

Coste de las tuberías		Euros
Tuberías	392707,752	
TOTAL	392707,752	

Tabla resumen del coste de las tuberías del buque proyecto

- **Accesorios de equipos, armamento e instalaciones:**

Para el estudio de este grupo, se dividirá en las siguientes partidas:

- Coste de las puertas metálicas, ventanas y portillos:

El coste viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Coste de las puertas metálicas, ventanas y portillos} = 2705 \times N^{0,48}$$

Donde:

- N = número de pasajeros = 50

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de las puertas metálicas, ventanas y portillos} = 2705 \times 50^{0,48} = 17687,76 \text{ euros}$$

- Coste de las escaleras, pasamanos y candeleros:

Empleamos la siguiente expresión:

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

Donde:

- L = 95,4 m

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de las escaleras, pasamanos y candeleros} = 22,2 \times 95,4^{1,6} = 32630,99 \text{ euros}$$

- Coste de los accesorios de fondeo y amarre:

Empleamos la siguiente expresión:

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

Donde:

- L = 95,4 m
- B = 24,618 m
- D = 11,5 m

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de los accesorios de fondeo y amarre} = e^{3,1} \times 6 \times (95,4 \times (24,618 + 11,5))^{0,815} \\ = 101704,66 \text{ euros}$$

- Coste de las escaleras reales, planchas de desembarco y escalas de práctico:

Empleamos la siguiente expresión:

$$\text{Coste de las escaleras reales, planchas de desembarco y escalas de práctico} = 2000 + \\ 1350 \times (D - 0,03 \times L) \times Ner$$

Donde:

- D = 11,5 m
- L = 95,4 m
- Ner = número de escalas reales = 2

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de las escaleras reales, planchas de desembarco y escalas de práctico} = 2000 + \\ 1350 \times (11,5 - 0,03 \times 95,4) \times 2 = 25322,6 \text{ euros}$$

- Coste de los toldos, fundas y accesorios de estiba de respetos:

Empleamos la siguiente expresión:

$$\text{Coste de los toldos, fundas y accesorios de estiba de respetos} = 40 \times (L \times (B + D))^{0,68}$$

Donde:

- L = 95,4 m
- B = 24,618 m
- D = 11,5 m

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de los toldos, fundas y accesorios de estiba de respetos} = 40 \times (95,4 \times (24,618 + \\ 11,5))^{0,68} = 10171,97 \text{ euros}$$

- Coste de las escotillas de acceso y registros:

Empleamos la siguiente expresión:

$$\text{Coste de las escotillas de acceso y registros} = 12,6 \times L^{1,5}$$

Donde:

- L = 95,4 m

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de las escotillas de acceso y registros} = 12,6 \times 95,4^{1,5} = 11740,67 \text{ euros}$$

Una vez realizados todos los cálculos, se muestra un resumen a continuación:

Coste de los accesorios de equipos, armamento e instalaciones		Euros
Puertas metálicas, ventanas y portillos	17687,76	
Escaleras, pasamanos y candeleros	32630,99	
Escotillas de acceso y registros	11740,67	
Accesorios de fondeo y amarre	101704,66	
Escaleras reales, planchas de desembarco y escalas de práctico	25322,6	
Toldos, fundas y accesorios de estiba de respetos	10171,97	
TOTAL	199258,65	

Tabla resumen de los accesorios de equipos, armamento e instalaciones del buque proyecto

- **Equipos de la instalación propulsora:**

Para el cálculo del coste de dichos equipos, los dividimos en los siguientes grupos:

- Coste de la maquinaria propulsora:

Para dicho cálculo, empleamos la siguiente expresión, para diésel generadores:

$$\text{Coste de la maquinaria propulsora} = N^{\circ} \times ((252 \times \text{DIA}^{2,2} \times Nc^{0,8}) / \text{RPM})$$

Donde:

- DIA = diámetro de los cilindros (mm) = 260 mm; valor obtenido de la especificación de los diésel - generadores en el Cuaderno 10
- Nc = número de cilindros = 6
- RPM = 1000
- N° = número de diésel generadores instalados = 4

Ya podemos conocer el coste:

$$\text{Coste de la maquinaria propulsora} = 4 \times (252 \times 260^{2,2} \times 6^{0,8}) / 1000 = 868806,17 \text{ euros}$$

- Propulsores VOITH SCHNEIDER:

No tenemos una fórmula para conocer el coste de estos propulsores, ni se conoce el coste de dichos propulsores dimensionados en el cuaderno 6. Se estima un coste aproximado de 1750000 euros.

- Coste de la maquinaria auxiliar de la propulsión:

Para el cálculo de la maquinaria auxiliar, se estudian las siguientes partidas:

$$\text{Coste de los equipos de circulación, refrigeración y lubricación} = 6000 + (k1 + k2) \times \text{BHP}$$

Donde:

- K1 = 2,4; para motores de 4 tiempos
- K2 = 1

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de los equipos de circulación, refrigeración y lubricación} = 6000 + (2,4 + 1) \times 10100,15 = 40340,51 \text{ euros}$$

$$\text{Coste de los equipos de arranque de los motores principales} = 78 \times \text{Nco} \times \text{Qco}$$

Donde:

- Nco = número de compresores = 2
- Qco = caudal de los compresores = 6,4 m³/h; valor obtenido en el Cuaderno 10

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de los equipos de arranque de los motores principales} = 78 \times 2 \times 6,4 = 998,4 \text{ euros}$$

$$\text{Coste de los equipos de manejo de combustible} = 44 \times \text{Nbt} \times \text{Qbt} + 2,1 \times \text{BHP}$$

Donde:

- Nbt = número de bombas de trasiego de combustible = 2 bombas (Cuaderno 10)
- Qbt = caudal de cada bomba de trasiego de combustible = 5,33 m³/h; valor determinado en el Cuaderno 10
- BHP = 10100,15 Cv

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de los equipos de manejo de combustible} = 44 \times 2 \times 5,33 + 2,1 \times 10100,15 = 21679,36 \text{ euros}$$

Una vez realizados los cálculos, se muestra un resumen de los mismos:

Coste de los equipos de la instalación propulsora		Euros
Maquinaria propulsora	868806,17	
Maquinaria auxiliar de la propulsión	63018,27	
Propulsores Voith Schneider	1750000	
TOTAL	2681824,44	

Tabla resumen del coste de los equipos de la instalación propulsora

- **Equipos sanitarios:**

Para el estudio del coste de los equipos sanitarios se dividen en las siguientes partidas:

- Coste del generador de agua dulce:

Empleamos la siguiente expresión:

$$\text{Coste del generador de agua dulce} = 1380 \times Q_{ad}$$

Donde:

- Q_{ad} = caudal de agua dulce (t/día) = 20 t/ día

Calculamos el coste:

$$\text{Coste del generador de agua dulce} = 1380 \times 20 = 27600 \text{ euros}$$

- Coste del grupo hidróforo:

Empleamos la siguiente expresión:

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

Donde:

- N = número de pasajeros = 50

Calculamos el coste:

$$\text{Coste del grupo hidróforo} = 660 \times 50^{0,5} = 4667 \text{ euros}$$

- Coste de la planta de tratamiento de aguas residuales:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de la planta de tratamiento de aguas residuales} = 2640 \times N^{0,4}$$

Donde:

- N = número de pasajeros = 50

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de la planta de tratamiento de aguas residuales} = 2640 \times 50^{0,4} = 12623,85 \text{ euros}$$

- Coste del incinerador:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Coste del incinerador} = 11400 \times N^{0,2}$$

Donde:

- N = número de pasajeros = 50

Calculamos el coste:

$$\text{Coste del incinerador} = 11400 \times 50^{0,2} = 24928,65 \text{ euros}$$

A continuación, se muestra un resumen de los cálculos realizados anteriormente:

Coste de los equipos sanitarios		Euros
Generador de agua dulce	27600	
Grupo hidróforo	4667	
Planta de tratamiento de aguas residuales	12623,85	
Incinerador	24928,65	
TOTAL	69819,5	

Tabla resumen del coste de los equipos sanitarios del buque proyecto

- **Hélices de proa:**

En este apartado se tendrán en cuenta las dos hélices transversales de proa “fijas” y la hélice retráctil, dimensionadas las tres en el Cuaderno 6.

Para calcular el coste de dichas hélices se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de las hélices transversales de maniobra} = N^{\circ} \times 900 \times \text{BHP}^{0,73}$$

Donde:

- BHP = potencia de la hélice transversal = 920 Kw = 1233,74 Cv
- N° = 2 hélices transversales "fijas"

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de las hélices transversales de maniobra} = 2 \times 900 \times 1233,74^{0,73} = 324986,83 \text{ euros}$$

Ahora, calculamos el coste de la hélice retráctil:

$$\text{Coste de la hélice retráctil} = N^{\circ} \times 900 \times \text{BHP}^{0,73}$$

Donde:

- N° = 1 hélice retráctil
- BHP = 880 Kw = 1180,1 Cv

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de la hélice retráctil} = 1 \times 900 \times 1180,1^{0,73} = 157305,26 \text{ euros}$$

Una vez realizados todos los cálculos, se muestran a modo de resumen:

Coste de las hélices de proa		Euros
Hélices transversales	324986,83	
Hélice retráctil	157305,26	
TOTAL	482292,09	

Tabla resumen del coste de las hélices de proa instaladas en el buque proyecto

- **Instalación y equipos de automatización y control:**

Se dividirán para su estudio en dos partidas:

$$\text{Coste de los dispositivos de automatización y control reglamentarios} = 3240 \times K1 \times \text{BHP}^{1/3}$$

Donde:

- K1 = 1,5
- BHP = 10100,15 Cv

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de los dispositivos de automatización y control reglamentarios} = 3240 \times 1,5 \times 10100,15^{1/3} = 101874,25 \text{ euros}$$

Ahora calculamos el coste de la segunda partida:

$$\text{Coste del resto de dispositivos de automatización y control} = 31000 \text{ euros; valor medio entre } 12000 \text{ euros y } 50000 \text{ euros}$$

Una vez realizados los cálculos, se muestra un resumen:

Coste de las instalación y equipos de automatización y control		Euros
Dispositivos reglamentarios	101874,25	
Resto de dispositivos	31000	
TOTAL	132874,25	

Tabla resumen del coste de las instalación y equipos de automatización y control del buque proyecto

- **Equipos auxiliares del casco:**

Para su estudio, se dividirá en dos partidas:

$$\text{Coste de las bombas contraincendios, de lastre, servicios generales y sentinas} = 600 \times K1 \times Qbs^{1/3} + 960 \times K2 \times Qci^{1/3} + 960 \times K3 \times Qci^{1/3} + 1100 \times K4 \times Qbs^{1/3}$$

Donde:

- Qbs = caudal de la bomba de sentinas = 94 m³/ h; valor obtenido en el Cuaderno 12.
- Qci = caudal de la bomba contraincendios = 125,3 m³/h; valor obtenido en el Cuaderno 12.
- K1 = 3
- K2 = 3
- K3 = 4
- K4 = 1

Calculamos el coste:

$$\text{Coste de las bombas contraincendios, de lastre, servicios generales y sentinas} = 600 \times 3 \times 94^{1/3} + 960 \times 3 \times 125,3^{1/3} + 960 \times 4 \times 125,3^{1/3} + 1100 \times 1 \times 94^{1/3} = 46077,35 \text{ euros}$$

Ahora calculamos el coste de la segunda partida:

Coste del separador de sentinas con bombas y alarmas = $156 \times GT^{0,5} + 5100 \times K_{ss}$

Donde:

- GT = arqueo bruto = 8461,88
- $K_{ss} = 1$; control automático de descargas

Calculamos el coste:

$$\begin{aligned} \text{Coste del separador de sentinas con bombas y alarmas} &= 156 \times 8461,88^{0,5} + 5100 \times 1 \\ &= 19450,2 \text{ euros} \end{aligned}$$

Una vez realizados todos los cálculos, se muestra un resumen:

Coste de los equipos auxiliares del casco		Euros
Bombas contra incendios, lastre, sentinas	46077,35	
Separador de sentinas	19450,2	
TOTAL	65527,55	

Tabla resumen del coste de los equipos auxiliares del casco del buque proyecto

- **Equipos para el manejo de cargas líquidas:**

En este apartado se determinará el coste de las bombas de carga/ descarga de las diferentes cargas líquidas que puede transportar el buque proyecto, que son las siguientes, dimensionadas en el Cuaderno 12:

- Barro de perforación
- Salmuera
- Diésel Oil
- Agua dulce

- Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación:

La fórmula que emplearemos para determinar dicho coste es la siguiente:

$$\text{Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación} = 30 \times K_1 \times K_2 \times Q_b^{0,882} \times H_d^{0,35} \times N_b$$

Donde:

- $K_1 = 1$; se emplea un accionamiento eléctrico de la bomba
- $K_2 = 1$; se emplean materiales normales

- Q_b = caudal de la bomba = 100 m³/ h
- H_d = altura de descarga = 10 m
- N_b = número de bombas = 4

Conocidos todos los datos, calculamos el coste:

$$\text{Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación} = 30 \times 1 \times 1 \times 100^{0,882} \times 10^{0,35} \times 4 = 15602,03 \text{ euros}$$

- Coste de las bombas de C/ D de salmuera:

La fórmula que empleamos para determinar el coste es la mostrada a continuación:

$$\text{Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación} = 30 \times K_1 \times K_2 \times Q_b^{0,882} \times H_d^{0,35} \times N_b$$

Donde:

- $K_1 = 1$; se emplea un accionamiento eléctrico de la bomba
- $K_2 = 1$; se emplean materiales normales
- Q_b = caudal de la bomba = 100 m³/ h
- H_d = altura de descarga = 10 m
- N_b = número de bombas = 2

Conocidos todos los datos, calculamos el coste:

$$\text{Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación} = 30 \times 1 \times 1 \times 100^{0,882} \times 10^{0,35} \times 2 = 7801,015 \text{ euros}$$

- Coste de las bombas de C/ D de diésel oil:

La fórmula que empleamos para determinar el coste es la mostrada a continuación:

$$\text{Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación} = 30 \times K_1 \times K_2 \times Q_b^{0,882} \times H_d^{0,35} \times N_b$$

Donde:

- $K_1 = 1$; se emplea un accionamiento eléctrico de la bomba
- $K_2 = 1$; se emplean materiales normales
- Q_b = caudal de la bomba = 150 m³/ h
- H_d = altura de descarga = 10 m
- N_b = número de bombas = 2

Conocidos todos los datos, calculamos el coste:

Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación = 30 x 1 x 1 x 150^{0,882} x 10^{0,35} x 2 = 11154,85 euros

- Coste de las bombas de C/ D de agua dulce:

La fórmula que empleamos para determinar el coste es la mostrada a continuación:

Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación = 30 x K1 x K2 x Qb^{0,882} x Hd^{0,35} x Nb

Donde:

- K1 = 1; se emplea un accionamiento eléctrico de la bomba
- K2 = 1; se emplean materiales normales
- Qb = caudal de la bomba = 150 m³/ h
- Hd = altura de descarga = 10 m
- Nb = número de bombas = 2

Conocidos todos los datos, calculamos el coste:

Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación = 30 x 1 x 1 x 150^{0,882} x 10^{0,35} x 2 = 11154,85 euros

- Coste de los compresores de cemento y los tanques cilíndricos:

El coste de los compresores de cemento se estimará como cinco veces el coste de los compresores de aire de arranque ya estimado, por tanto, tenemos un coste de 7500 euros. Hay que recordar que se han dimensionado tres compresores.

Se estima un coste de los tanques que albergan el cemento de 20000 euros.

Una vez realizados los cálculos, se muestran a modo de resumen:

Coste de los equipos para el manejo de cargas líquidas		Euros
Bombas de C/D de barro de perforación	15602,03	
Bombas de C/D de salmuera	7801,015	
Bombas de C/D de diésel oil	11154,85	
Bombas de C/D de agua dulce	11154,85	
Compresores y tanques de cemento	27500	
TOTAL	73212,745	

Tabla resumen del coste de los equipos para el manejo de cargas líquidas

- **Otros equipos generales:**

Se tendrán en cuenta una serie de equipos “generales” que suelen llevar todos los buques:

- Coste de la planta de tratamiento de lastre:

Se estima un coste de 30000 euros, teniendo una idea de otros equipos generales estimados mediante formulación anteriormente en el presente cuaderno. En el cuaderno 12 se ha escogido el modelo instalado en el buque proyecto, del cual no se conoce el precio.

- Coste de las separadoras de aceite de lubricación:

En el cuaderno 10 se habían dimensionado dos separadoras de aceite, aproximando su coste conjunto en 15000 euros.

- Coste de las purificadoras de diésel oil:

Ocurre lo mismo que en el caso anterior, dimensionadas dos purificadoras de combustible en el cuaderno 10, se estima su coste conjunto en 15000 euros.

Una vez realizados los cálculos se muestra un resumen de los mismos:

Coste de otros equipos generales		Euros
Planta de tratamiento de lastre	30000	
Separadoras de aceite de lubricación	15000	
Purificadoras de diésel oil	15000	
TOTAL	60000	

Tabla resumen del coste de otros equipos generales instalados en el buque proyecto

- **Equipos específicos, dimensionados al cumplir con las cotas de clase de la RPA:**

En este apartado se tendrán en cuenta aquellos equipos que ha sido necesaria su instalación en el buque proyecto debido al cumplimiento de las siguientes cotas de clase:

- FIFI III
- CLEAN DESIGN
- ORO

La cota de clase ORO (Oil Recovery) no se recoge en la RPA, pero se ha dotado al buque del cumplimiento de dicha clase. A continuación, calculamos el coste los equipos específicos:

- Coste de las bombas FIFI (cota de clase FIFI III):

En el cuaderno 12 se han dimensionado cuatro bombas FIFI de grandes dimensiones. Para estimar su coste empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación} = 30 \times K1 \times K2 \times Qb^{0,882} \times Hd^{0,35} \times Nb$$

Donde:

- K1 = 1; se emplea un accionamiento eléctrico de la bomba
- K2 = 1; se emplean materiales normales
- Qb = caudal de la bomba = 2400 m³/ h
- Hd = altura de descarga = 10,5 m; se ha tenido en cuenta el tamaño de los cañones, midiendo en el plano de la disposición general.
- Nb = número de bombas = 4

Conocidos todos los datos, calculamos el coste:

$$\text{Coste de las bombas de C/ D de barro de perforación} = 30 \times 1 \times 1 \times 2400^{0,882} \times 10,5^{0,35} \times 4 = 261784,43 \text{ euros}$$

- Coste del sistema de reducción de emisiones (cota de clase CLEAN DESIGN):

Para cumplir con dicha cota de clase, como se puede ver en el cuaderno 12, es necesaria la instalación de un sistema de reducción de emisiones, en dicho cuaderno se ha decidido instalar un sistema de urea. Estimamos su coste en 40000 euros.

- Coste de los sistemas de recogida de hidrocarburos (cota de clase ORO):

En el cuaderno 12 se ha decidido cumplir con el standard noruego NOFO, que exige la instalación de los siguientes equipos:

- Dos tambores de aceite
- Skimmer (más barrera)
- Contenedor de equipos
- Contenedor de trabajo
- Contenedor de lavado

Se estima un coste total de dichos equipos en 75000 euros.

Además de los equipos comentados anteriormente, las cotas de clase obligan a instalar otros equipos como el incinerador, la planta de tratamiento de aguas residuales, de lastre, etc, que ya se han tenido en cuenta en puntos anteriores.

Una vez realizados todos los cálculos, se muestra un resumen de los mismos:

Coste de los equipos específicos		Euros
Bombas FIFl	261784,43	
Sistema de reducción de emisiones	40000	
Sistema de recogida de hidrocarburos	75000	
TOTAL	376784,43	

Tabla resumen del coste de los equipos específicos, instalados en el buque proyecto para el cumplimiento de las cotas de clase de la RPA

3.3 Coste de la mano de obra

En este apartado se calculará el coste de la mano de obra en la construcción del buque, lo que haremos es aproximar el número de horas que se invierte en la construcción del mismo. Una vez conozcamos las horas invertidas, se fija un precio por hora de 35 euros y se calcula el coste total de la mano de obra.

La formulación empleada, al igual que en todos los puntos anteriores, se obtiene del libro “Criterios de evaluación económica del proyecto de un buque” de Fernando Junco.

- Materiales de construcción:

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

- Coste de la mano de obra del acero:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Mano de obra del acero} = K_{ab} \times P_{ac} \times (1 + K_f \times (1 - c_f) \times 1 + K_b) \times (1 + K_e \times C_e) \times (1 + K_c \times (N_c - 1))$$

Donde:

- K_{ab} = índice de mano de obra del casco en horas/ t neta ($20 < K_{ab} < 100$). Se escoge un valor de 50
- P_{ac} = peso neto del acero estructural = 3492 t
- K_f = índice de coeficiente de forma = 0,3
- C_f = coeficiente de formas, puede ser el coeficiente de bloque o el coeficiente prismático, se escoge el coeficiente de bloque = 0,683
- K_b = 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 = 3

Conocidos todos los valores, calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra del acero} = 50 \times 3492 \times (1 + 0,3 \times (1 - 0,683) + 0,4) \times (1 + 0,5 \times 0,2) \times (1 + 0,05 \times (3 - 1)) = 231357,39 \text{ horas}$$

- Coste de la mano de obra de las piezas fundidas:

Empleamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

- Pal = peso del aluminio
- L = eslora entre perpendiculares (Lpp) = 95,4 m
- K1 = 2; el buque proyecto lleva instalado dos propulsores Voith Schneider
- D = puntal del buque proyecto = 11,5 m

Conocidos todos los datos, calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de las piezas fundidas} = 15 + 250 \times 0 + 30 \times 95,4^{1/3} \times 11,5 \times 2 = 3152,8 \text{ horas}$$

- Coste de la pintura y de la protección catódica:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Mano de obra de la pintura y de la protección catódica} = 0,25 \times Som + (1 + 0,3 \times Nom) + 0,35 \times Sov \times (Nov/4) + 0,4 \times Si \times Ni$$

Donde:

- Som = superficie de la obra muerta = 2113 m²
- Sov = superficie de la obra viva = 3318 m²
- Si = superficie interior = 7267 m²
- Nom, Nov y Ni = número de capas aplicadas = 2

Conocidos todos los datos, calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de la pintura y de la protección catódica} = 0,25 \times 2113 + (1 + 0,3 \times 2) + 0,35 \times 3318 \times (2/4) + 0,4 \times 7267 \times 2 = 6924,1 \text{ horas}$$

- Coste de la preparación de superficies:

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, por tanto:

$$\text{Mano de obra de la preparación de superficies} = 0,02 \times (\text{obra viva} + \text{obra muerta})$$

Donde:

- Obra viva = 3318 m²
- Obra muerta = 2113 m²

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de la preparación de superficies} = 0,02 \times (3318 \text{ m}^2 + 2113 \text{ m}^2) = 108,62 \text{ horas}$$

Una vez realizados todos los cálculos, se muestra un resumen de los mismos:

Coste de la mano de obra de los materiales de construcción			
35 euros/ h	Acero	231357,4	Horas
	Piezas fundidas	3152,8	
	Pintura y protección catódica	6924,1	
	Preparación de superficies	108,62	
	TOTAL horas	241542,92	
	TOTAL euros	8454002,2	Euros

Tabla resumen del coste de la mano de obra empleada en los materiales de construcción

- **Equipos, servicios y sistemas:**

En este apartado se irá desarrollando 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 proyecto.

- Coste de los equipos de fondeo y amarre:

Empleamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

- Pa = peso de las anclas = 5,25 t x 2 anclas = 10,5 t

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de los equipos de fondeo y amarre} = 27 \times 10,5^{0,4} = 69,16 \text{ horas}$$

- Coste de los equipos de salvamento:

Empleamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

- N = número de tripulantes del buque proyecto = 50 tripulantes, valor fijado en la RPA

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de los equipos de salvamento} = 300 + 1,5 \times 50 = 375 \text{ horas}$$

- Coste de los equipos de habilitación:

Se dividirá para su estudio en:

- Habilitación de alojamientos
- Equipos de fonda y hotel
- Equipos de acondicionamiento

Mano de obra de la habilitación en alojamientos = 16 horas/ m² = 16 horas x 534 m² = 8544 horas

Mano de obra de los equipos de fonda y hotel = 115 horas/ tripulante = 115 horas x 50 tripulantes = 5750 horas

Mano de obra de los equipos de acondicionamiento = 2 horas/ m² = 2 horas x 534 m² = 1068 m²

$$\text{Mano de obra equipos de habilitación} = 15362 \text{ horas}$$

- Coste de los equipos de comunicación y navegación:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Mano de obra de los equipos de comunicación y navegación} = 330 \times Nc^{2/3}$$

Donde:

- Nc = número de equipos = 30; se considera dicho valor

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de los equipos de comunicación y navegación} = 330 \times 30^{2/3} = 3186,11 \text{ horas}$$

- Coste de los equipos contra incendios:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Mano de obra de los equipos contra incendios} = 5,5 \times L$$

Donde:

- L = eslora entre perpendiculares (L_{pp}) = 95,4 m

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de los equipos contra incendios} = 5,5 \times 95,4 = 524,7 \text{ horas}$$

- Coste de la instalación eléctrica:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Mano de obra de la instalación eléctrica} = 4 \times Sh + 6 \times Kw$$

Donde:

- Sh = superficie de la habitación = 534 m²
- Kw = 7531,68 Kw

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de la instalación eléctrica} = 4 \times 534 + 6 \times 7531,68 = 47326,08 \text{ horas}$$

- Coste de las tuberías:

Empleamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

- BHP = 10100,15 Cv

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de las tuberías} = 11 \times 10100,15^{0,35} = 274,26 \text{ horas}$$

- Coste de la instalación propulsora:

Se estimarán las horas empleadas en:

- Diésel – generadores principales
- Maquinaria auxiliar de propulsión
- Propulsores Voith Schneider

$$\text{Mano de obra de los diésel – generadores} = 2 \times 10 \times \text{BHP}^{2/3} \times \text{Nmp}$$

Donde:

- BHP = 10100,15 Cv
- Nmp = 4 = número de motores

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de los diésel – generadores} = 2 \times 10 \times 10100,15^{2/3} \times 4 = 36611,01 \text{ horas}$$

Mano de obra de la maquinaria auxiliar de propulsión:

$$\text{Mano de obra de la maquinaria auxiliar} = \text{Kcrl} + 0,18 \times \text{BHP}$$

Donde:

- Kcrl = 2250; para motores de cuatro tiempos como es el caso
- BHP = 10100,15 Cv

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de la maquinaria auxiliar} = 2250 + 0,18 \times 10100,15 = 4012,25 \text{ horas}$$

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

$$\text{Mano de obra de los propulsores Voith Schneider} = \text{K1} + \text{K2} \times \text{BHP} \times \text{Nh}$$

Donde:

- K1 = 0,7 para paso variable
- K2 = 0,44 para paso variable
- BHP = 10100,15 Cv

- $N_h = 2$ = número de propulsores

Calculamos las horas empleadas:

Mano de obra de los propulsores Voith Schneider = $0,7 + 0,44 \times 10100,15 \times 2 = 8616,16$ horas

Calculamos las horas totales empleadas en la instalación propulsora:

$$\text{Mano de obra de la instalación propulsora} = 49239,42 \text{ horas}$$

- Coste de los accesorios de equipos, armamento e instalaciones:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Mano de obra de los accesorios de equipos, armamento e instalaciones} = K1 \times \text{BHP}^{2/3} + 2 \times L + K2$$

Donde:

- $K1 = 0,8$; para motores de cuatro tiempos, como es el caso
- $K2 = 0$; no hay eje de cola de respeto
- $L = L_{pp} = 95,4$ m
- $\text{BHP} = 10100,15$ Cv

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de los accesorios de equipos, armamento e instalaciones} = 0,8 \times 10100,15^{2/3} + 2 \times 95,4 + 0 = 556,9 \text{ horas}$$

- Coste de los equipos sanitarios:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Mano de obra de los equipos sanitarios} = K1 \times (280 + 8 \times Q_a) + K2 \times (200 + 3,5 \times N) + K3 \times (410 + 3,9 \times N) + 400 \times K4$$

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
- Q_a = capacidad (t/ día) del generador de agua dulce = 20 t/ día
- N = número de tripulantes = 50 tripulantes

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de los equipos sanitarios} = 1 \times (280 + 8 \times 20) + 1 \times (200 + 3,5 \times 50) + 1 \times (410 + 3,9 \times 50) + 400 \times 1 = 1820 \text{ horas}$$

- Coste de las hélices de proa:

Empleamos las siguientes fórmulas:

$$\text{Mano de obra de las hélices transversales} = 14,5 \times Kw^{0,7} \times N$$

Donde:

- Kw = potencia de cada hélice de proa = 920 Kw para cada hélice transversal; 880 Kw para la hélice retráctil instalada. Estos valores se han obtenido en el cuaderno 6.
- N = número de hélices transversales = 2

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de las hélices transversales} = 14,5 \times 920^{0,7} \times 2 = 3443,89 \text{ horas}$$

$$\text{Mano de obra de la hélice retráctil} = 14,5 \times 880^{0,7} \times 1 = 1669,19 \text{ horas}$$

Calculamos las horas totales empleadas:

$$\text{Mano de obra de las hélices de proa (transversales + retráctil)} = 5113,08 \text{ horas}$$

- Coste de los equipos auxiliares del casco:

Empleamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

- L = 95,4 m
- B = 24,618 m
- D = 11,5 m

Calculamos las horas empleadas:

$$\text{Mano de obra de los equipos auxiliares del casco} = 40 + 0,47 \times 95,4 \times (24,618 + 11,5) = 1659,45 \text{ horas}$$

- Coste de otros equipos generales:

Se estima una mano de obra aproximada de 600 horas.

- Coste de los equipos específicos:

Se estima una mano de obra aproximada de 700 horas

Una vez realizados todos los cálculos en lo relativo al coste de la mano de obra de los equipos, servicios y sistemas, se muestra un resumen de los mismos:

Coste de la mano de obra de los equipos, servicios y sistemas				
35 euros/ h	Equipos de fondeo y amarre	69,16	Horas	
	Equipos de salvamento	375		
	Equipos de la habilitación	15362		
	Equipos de comunicación y navegación	3186,11		
	Equipos contra incendios	524,7		
	Instalación eléctrica	47326,08		
	Tuberías	274,26		
	Instalación propulsora	49239,42		
	Accesorios de equipos, armamento e instalaciones	556,9		
	Equipos sanitarios	1820		
	Hélices de proa	5113,08		
	Equipos auxiliares del casco	1659,45		
	Otros equipos generales	600		
	Equipos específicos por cotas de clase	700		
	TOTAL horas	126806,16		
	TOTAL euros	4438215,6		Euros

Tabla resumen del coste de la mano de obra de los equipos, servicios y sistemas del buque proyecto

3.4 Coste de los gastos varios del astillero

En este apartado se pretende sumar a los costes puramente constructivos ya calculados (materiales, equipos y mano de obra), aquellos 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:

$$\text{Costes varios del astillero} = 0,05 \times \text{coste materiales, equipos y mano de obra} = 0,05 \times 21825561,96 \text{ euros} = 1091278,098 \text{ euros}$$

3.5 Costes de ingeniería

Se sumará al coste constructivo del buque los gastos de ingeniería, que se estiman como un 10 % del total del coste de materiales, equipos y mano de obra ya calculado, por tanto:

$$\text{Costes de ingeniería} = 0,1 \times 21825561,96 \text{ euros} = 2182556,196 \text{ euros}$$

3.6 Análisis del coste de construcción del buque proyecto

En este apartado se presentará el valor final del coste de construcción del buque proyecto, sumando todas sus partidas:

$$\text{Coste de construcción} = \text{coste de los materiales} + \text{costes de los equipos, servicios y sistemas} + \text{coste de la mano de obra} + \text{coste de los gastos varios del astillero} + \text{costes de ingeniería}$$

A continuación, se muestra una tabla en la que se pueden ver todos estos costes comentados de forma detallada, como se ha ido haciendo a lo largo del cuaderno:

		COSTES DE CONSTRUCCIÓN		
	Materiales	Materiales de construcción	2399608,9	Euros
		COSTE TOTAL MATERIALES	2399608,9	
	Equipos, servicios y sistemas	Equipos de fondeo y amarre	647419,1	
		Equipos de salvamento	74137,26	
		Equipos de la habilitación	251587,2	
		Equipos de comunicación y navegación	360000	
		Equipos contra incendios	66260,47	
		Instalación eléctrica	463925,06	
		Tuberías	392707,752	
		Grúas carga/ descarga	136104,76	
		Accesorios de equipos, armamento e instalaciones	199258,65	
		Equipos de la instalación propulsora	2681824,44	
		Equipos sanitarios	69819,5	
		Instalaciones y equipos de automatización y control	132874,25	
		Hélices de proa	482292,09	
		Equipos auxiliares del casco	65527,55	
		Equipos para manejo de carga líquida	73212,745	
		Otros equipos generales	60000	
		Equipos específicos por cotas de clase	376784,43	
	COSTE TOTAL EQUIPOS, SERVICIOS Y SISTEMAS	6533735,257		
Mano de obra	Equipos, servicios y sistemas	Materiales de construcción	8454002,2	
		Equipos de fondeo y amarre	2420,6	
		Equipos de salvamento	13125	
		Equipos de la habilitación	537670	
		Equipos de comunicación y navegación	111513,85	
		Equipos contra incendios	18364,5	
		Instalación eléctrica	1656412,8	
		Tuberías	9599,1	
		Instalación propulsora	1723379,7	
		Accesorios de equipos, armamento e instalaciones	19491,5	
		Equipos sanitarios	63700	
		Hélices de proa	178957,8	
		Equipos auxiliares del casco	58080,75	
		Otros equipos generales	21000	
		Equipos específicos por cotas de clase	24500	
			COSTE TOTAL MANO DE OBRA	12892217,8
		Gastos varios del astillero		COSTE TOTAL GASTOS VARIOS DEL ASTILLERO
Gastos de ingeniería		COSTE TOTAL DE INGENIERÍA	2182556,196	
COSTE TOTAL DE CONSTRUCCIÓN			25099396,25	

Tabla resumen del coste de construcción del buque proyecto

Como se puede observar en la tabla, el coste de construcción final resulta de:

COSTE TOTAL DE CONSTRUCCIÓN = 25,1 millones de euros

4. Valor de contrato y coste de adquisición

En este apartado se tendrá en cuenta 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:

$$\begin{aligned} \text{Valor de contrato} &= (0,03 \times \text{coste total de construcción}) + \text{coste total de construcción} \\ &= (0,03 \times 25,1) + 25,1 = 25,853 \text{ millones de euros} \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned} \text{Coste de adquisición} &= (0,21 \times \text{valor de contrato}) + \text{valor de contrato} = (0,21 \times 25,853) \\ &+ 25,853 = 31,124 \text{ millones de euros} \end{aligned}$$

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

5. Gastos del armador

En este apartado se pretende 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 dichos “gastos extra”, en las diferentes partidas a considerar:

- Gastos notariales (hipoteca):

Para el cálculo de dichos gastos, empleamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

- C = importe del crédito que pide el armador al banco para financiar la inversión, se estimará como el 60 % del valor de contrato, es decir, C = 15511800 euros

- I = tipo de interés del crédito en tanto por uno, se estima un 0,15.

Conocidos todos los datos, calculamos el gasto de la hipoteca:

$$\text{Hipoteca} = 0,005 \times 15511800 \times (1,2 + 3 \times 0,15) = 127972,35 \text{ euros}$$

- Escritura de entrega e impuesto por actos jurídicos documentados:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Escritura de entrega e impuesto} = 0,005 \times Vc$$

Donde:

- Vc = valor de contrato del buque proyecto = 25,583 millones de euros

Calculamos el gasto en la escritura de entrega e impuesto por actos jurídicos:

$$\text{Escritura de entrega e impuesto} = 0,005 \times 25583000 \text{ euros} = 127915 \text{ euros}$$

- Gastos notariales:

Se estima como el 10 % de la suma de los dos gastos anteriores, por tanto:

$$\text{Gastos notariales} = 0,1 \times (\text{Hipoteca} + \text{Escritura de entrega e impuesto por actos jurídicos}) = 0,1 \times (127972,35 + 127915) = 25588,73 \text{ euros}$$

- Intereses intercalarios:

Empleamos la siguiente fórmula:

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

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 = 15511800 euros
- I = 0,15

Conocidos todos los datos, calculamos los intereses intercalados:

$$\text{Intereses intercalarios} = (0,0167 \times 30 + 0,035 \times 24) \times 15511800 \times 0,15 = 3120198,57 \text{ euros}$$

- Inspección del armador:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Inspección del armador} = 0,001 \times Vc + 1650 \times Mc$$

Donde:

- Vc = valor de contrato = 25,583 millones de euros
- Mc = 24 meses

Conocidos ambos datos, calculamos el gasto:

$$\text{Inspección del armador} = 0,001 \times 25583000 + 1650 \times 24 = 65183 \text{ euros}$$

- Adiestramiento de la tripulación:

Empleamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

- Nt = número de tripulantes = 50 tripulantes
- Mc = 14 meses

Conocidos ambos datos, calculamos el gasto:

$$\text{Adiestramiento de la tripulación} = 900 \times 50 + 1000 \times 14 = 69000 \text{ euros}$$

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

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Cargos, pertrechos y repuestos} = 18000 + K1 \times Vc + 600 \times \text{BHP}^{1/3}$$

Donde:

- K1 = factor que varía entre un 0,001 y 0,0012. Se escoge un valor medio, 0,0011
- Vc = valor de contrato = 25,583 millones de euros
- BHP = 10100,15 Cv

Conocidos todos los datos, calculamos el coste:

$$\text{Cargos, pertrechos y repuestos} = 18000 + 0,0011 \times 25583000 + 600 \times 10100,15^{1/3} = 12989,42 \text{ euros}$$

- Gastos de puesta en explotación:

Empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Puesta en explotación} = 6000 \times (K1 + 0,1 \times \text{BHP}^{1/3})$$

Donde:

- K1 = 1,25
- BHP = 10100,15 Cv

Conocidos todos los datos, calculamos el gasto:

$$\text{Puesta en explotación} = 6000 \times (1,25 + 0,1 \times 10100,15^{1/3}) = 20469,62 \text{ euros}$$

Una vez calculados todos los gastos “extras” del armador, se muestra un resumen de los mismos, así como de los gastos totales en los que incurre el armador:

Gastos totales del armador		
	Coste de adquisición	31124000
Gastos extras	Hipoteca	127972,35
	Escritura de entrega e impuesto por actos jurídicos	127915
	Gastos notariales	25588,73
	Intereses intercalarios	3120198,57
	Inspección del armador	65183
	Adiestramiento de la tripulación	69000
	Cargos, pertrechos y repuestos no incluidos en el c.c	12989,42
	Puesta en explotación	20469,62
	GASTOS TOTALES	34693316,69

Tabla resumen de los gastos totales del armador

Como se puede ver en la tabla, los gastos totales en los que incurre el armador con la contratación del buque son los siguientes;

Gastos extras del armador = 3,57 millones de euros

GASTOS TOTALES DEL ARMADOR = 34,7 millones de euros

6. Resumen de los resultados obtenidos

En este apartado, ya conocidos todos los datos, se hará un análisis de lo obtenido. El fin de hacer este análisis es comparar el coste de construcción obtenido con el de buques parecidos al buque proyecto.

Antes de nada, se muestra un resumen de los costes/ gastos calculados:

Costes/ Gastos obtenidos		Millones de euros
Coste de construcción	25,1	
Valor de contrato	25,853	
Coste de adquisición	31,124	
Gastos extras del armador	3,57	
Gasto total del armador	34,7	

Tabla resumen de los costes/ gastos calculados

Una vez analizados los datos, se han comparado con datos contrastados en el astillero donde estuve de prácticas, en el cual se han hecho buques PSV. El coste obtenido difiere de la realidad, esto se debe a que las fórmulas empleadas no tienen en cuenta la tecnología existente en un buque de este tipo, sobre todo si tenemos en cuenta que va destinado al Mar del Norte, para trabajar en plataformas noruegas, a priori, muy exigentes, lo que encarece el precio.

Además de lo comentado, alguna estimación ha resultado muy por debajo de la realidad, en términos de costes. Los equipos específicos de un buque de este tipo encarecen el resultado final, también habría que tener en cuenta el trabajo que subcontrata el astillero para la construcción del buque. El motivo principal por el cual el coste de construcción es pequeño es debido, sobre todo, a la diferencia de coste de los equipos, entre el calculado y el existente en la realidad. Se ha decidido, en relación con lo comentado anteriormente, una serie de cambios, con el objetivo de alcanzar unos resultados más fiables:

Coste de los propulsores Voith Schneider = 3 millones de euros

Tanques e instalación de cemento = 1 millón de euros

Aire acondicionado = 2,5 millones de euros

Instalación eléctrica = 4 millones de euros

Un buque con propulsión diésel – eléctrica, como es el caso, que trabaja a revoluciones variables, presenta un coste de la instalación eléctrica mucho más elevado que el calculado con las fórmulas preliminares empleadas.

Los propulsores Voith Schneider presentan también un coste mucho mayor, sobretodo, si tenemos en cuenta que los dimensionados en el cuaderno 6 son de los modelos con mayor potencia del catálogo.

El aire acondicionado, al navegar el buque en zonas frías, presentará sistemas de recuperación de calor y una tecnología mayor que un sistema de aire acondicionado convencional, lo que encarece el coste.

Por el contrario, consultándolo de nuevo con el astillero, el número de horas totales de mano de obra calculadas (368349,08 horas), se considera correcto.

Teniendo en cuenta estos cambios se muestra, a continuación, el incremento que suponen en los costes/ gastos:

		COSTES DE CONSTRUCCIÓN		
	Materiales	Materiales de construcción	2399608,9	Euros
		COSTE TOTAL MATERIALES	2399608,9	
	Equipos, servicios y sistemas	Equipos de fondeo y amarre	647419,1	
		Equipos de salvamento	74137,26	
		Equipos de la habilitación	2713495	
		Equipos de comunicación y navegación	360000	
		Equipos contraincendios	66260,47	
		Instalación eléctrica	4000000	
		Tuberías	392707,752	
		Grúas carga/ descarga	136104,76	
		Accesorios de equipos, armamento e instalaciones	199258,65	
		Equipos de la instalación propulsora	3931824,44	
		Equipos sanitarios	69819,5	
		Instalaciones y equipos de automatización y control	132874,25	
		Hélices de proa	482292,09	
		Equipos auxiliares del casco	65527,55	
		Equipos para manejo de carga líquida	945712,745	
		Otros equipos generales	60000	
		Equipos específicos por cotas de clase	376784,43	
		COSTE TOTAL EQUIPOS, SERVICIOS Y SISTEMAS	14654218	
Mano de obra	Materiales	Materiales de construcción	8454002,2	
		Equipos de fondeo y amarre	2420,6	
	Equipos, servicios y sistemas	Equipos de salvamento	13125	
		Equipos de la habilitación	537670	
		Equipos de comunicación y navegación	111513,85	
		Equipos contraincendios	18364,5	
		Instalación eléctrica	1656412,8	
		Tuberías	9599,1	
		Instalación propulsora	1723379,7	
		Accesorios de equipos, armamento e instalaciones	19491,5	
		Equipos sanitarios	63700	
		Hélices de proa	178957,8	
		Equipos auxiliares del casco	58080,75	
		Otros equipos generales	21000	
		Equipos específicos por cotas de clase	24500	
		COSTE TOTAL MANO DE OBRA	12892217,8	
		Gastos varios del astillero	COSTE TOTAL GASTOS VARIOS DEL ASTILLERO	1497302,235
		Gastos de ingeniería	COSTE TOTAL DE INGENIERÍA	2994604,47
		COSTE TOTAL DE CONSTRUCCIÓN		34437951,4

Tabla resumen del coste de construcción total del buque proyecto, teniendo en cuenta los cambios comentados

Valor de contrato
35471089,94 euros
Coste de adquisición
42920018,83 euros

Tabla resumen del Valor de contrato y del Coste de adquisición del buque proyecto, teniendo en cuenta los cambios comentados

Costes/ Gastos obtenidos		Millones de euros
Coste de construcción	34,437	
Valor de contrato	35,471	
Coste de adquisición	42,92	
Gastos extras del armador	4,846	
Gasto total del armador	47,766	

Tabla resumen de los costes/ gastos para el buque proyecto, calculados teniendo en cuenta los cambios comentados

En la tabla anterior se pueden observar los resultados finales obtenidos, que dan una idea más real de cuanto costaría construir el buque proyecto, tanto para el astillero como para el armador del mismo. Los resultados obtenidos se consideran aceptables, ya que han sido contrastados con un astillero.

7. Análisis del coste obtenido/ mercado offshore

En este apartado se pretende relacionar lo comentado en la introducción del presente cuaderno, en la que se hacía una introducción al mercado offshore (en concreto al mercado de los buques PSV en relación con el petróleo) con los costes obtenidos, desde el punto de vista del armador.

Como se comentó en la introducción del presente cuaderno, hoy en día, la nueva construcción de buques PSV está prácticamente parada, el motivo principal es que existe un exceso de tonelaje de buques de este tipo. Esto es debido a que hace años las empresas petrolíferas estaban en auge, lo que derivó en la construcción de un número elevado de buques de apoyo a plataformas petrolíferas.

Hoy en día, los pocos buques de apoyo a plataformas petrolíferas que se construyen son con tecnologías muy novedosas en cuanto a la reducción de emisiones, vibraciones etc. Se están empezando a implementar tecnologías de cero emisiones, empleando baterías de hidrógeno para alimentar los cuadros eléctricos.

El mercado offshore tiende en estos tiempos a las energías renovables, sobre todo a la obtención de energía eléctrica a partir del viento, con la creación de parques eólicos marinos. Por ejemplo, statoil, la compañía de noruega estatal de producción de petróleo está empezando a crear “wind farms”, molinos de viento en alta mar para la producción de electricidad, permitiendo alimentar a las plataformas petrolíferas y a los novedosos PSV's que se están construyendo:



Imagen de una “wind farm” en noruega

Debido a lo comentado anteriormente, se obtienen las siguientes conclusiones:

- El coste de adquisición obtenido (41,92 millones de euros) y los gastos totales del armador (47,766 millones de euros) se consideran razonables. Hoy en día sería poco probable que un armador comprase por este precio un buque de este tipo, aunque sea novedoso en cuanto a tecnología.
- Por lo comentado de las “wind farms”, sería interesante introducir al diseño del buque proyecto unas baterías de hidrógeno, convirtiéndolo en un buque cero emisiones y pudiendo ser cargadas en las “wind farms”. Esto es interesante ya que el buque proyecto va destinado a la operación en la zona norte de Europa.



Imagen de un PSV que se diseñará incrementando dicha tecnología de hidrógeno

- Comentarios sobre las baterías de hidrógeno:

Como se comentó anteriormente, sería muy interesante en la próxima vuelta a la espiral de diseño considerar la implementación de un sistema de propulsión basado en las baterías de hidrógeno, consiguiendo así un buque considerado como cero emisiones.

Dichas baterías de hidrógeno funcionan de la siguiente forma:

Las celdas de hidrógeno se consideran como la mejor forma de conseguir energía eléctrica, de cara a las emisiones a la atmósfera. Son dispositivos silenciosos que convierten energía química en energía eléctrica, sólo se forma agua. La eficiencia de dichas celdas de hidrógeno es muy alta, comparada con un motor diésel.

Existen varios tipos de celdas de hidrógeno, la más recomendada en la industria marítima es la formada por electrodos de polímero, la cual se muestra a continuación:

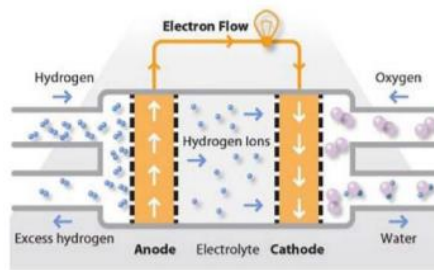


Figure 5. Fuel cell operation ⁵

Imagen de una celda de hidrógeno

A continuación, se muestra una tabla en la que se puede observar las ventajas que presentan dichas celdas de hidrógeno, en comparación con un motor diésel:

Parameter	LT-PEMFC	HT-PEMFC	SOFC	Marine diesel engine
Fuel	H ₂ (high purity)	H ₂ , methanol (reformed)	H ₂ , methanol, diesel, NH ₃	Diesel
Efficiency	50-60% (electrical)	40-50% (electrical)	60% (electrical) 80-85% (w/ heat recovery)	25-50%
Emissions	Zero	Zero (w/ hydrogen) CO ₂ (w/ hydrocarbon)	NO _x , traces and CO ₂ (w/ hydrocarbon)	CO ₂ , NO _x , SO _x , particulate
Operating temperature	< 100 °C	150-200 °C	500-1000 °C	80-100 °C
Maturity	High	Low	Medium	Excellent
Cost	High (1,000-3,000 \$/kW)	Very High (prototype only)	Very High (3,000-10,000 \$/kW)	Low (250-400 \$/kW)
Max power size	120 kW	5-10 kW	2 MW	80 MW

Ventajas de la tecnología de celdas de hidrógeno en comparación con un motor diésel

El tipo de celdas que se propone instalar son las de la serie PEMFC, que son las que se aconseja usar en la industria marítima.