



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2020/2021**

---

*ATUNERO CONGELADOR DE 2000 m<sup>3</sup>*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA/O**

Gastón Manuel Mercado Roasso

**TUTORAS/ES**

Raúl Villa Caro

**FECHA**

SEPTIEMBRE 2021

# 1 RPA

## GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

### TRABAJO FIN DE GRADO

*CURSO 2.020-2021*

**PROYECTO NÚMERO** 2021-GENO-11

**TIPO DE BUQUE:** Atunero congelador de 2000 m<sup>3</sup>

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** DNV, Marpol, Torremolinos

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Atún que se procesará y se congelará en tanques.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 14 knots con autonomía para 37 días

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Plumas en babor y estribor para la carga y descarga de la pesca

**PROPULSIÓN:** Motor diésel

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 35 tripulantes

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** constará de una panga para la realización del arte del cerco.

Ferrol, 15 septiembre 2021

ALUMNO/A: **D<sup>a</sup> Gastón Manuel Mercado Roasso**

# INDICE

1 RPA .....	2
2 Título y resumen .....	6
3 Introducción .....	7
4 Cálculo del peso en rosca del buque .....	8
5 Estimación del c.d.g de estas partidas y del peso en rosca.....	9
5.1 Peso de la estructura .....	9
5.1.1 A.Osorio .....	9
5.1.2 J.L. García Garcés.....	9
5.1.3 Método de Watson.....	10
5.2 Peso de la maquinaria .....	11
5.2.1 Peso del motor principal .....	11
5.2.2 Peso de la maquinaria auxiliar .....	13
5.2.3 Peso de la hélice propulsora.....	14
5.2.4 Peso de hélices transversales de proa y popa .....	14
5.2.5 Grupo de emergencia .....	15
5.2.6 Alternador de cola.....	15
5.2.7 Instalación de contraincendios en cámara de máquinas .....	15
5.3 Peso de los equipos.....	16
5.3.1 Peso de los equipos de pesca .....	16
5.3.2 Peso de los equipos de transporte del atún .....	17
5.3.3 Peso de tuberías y bombas .....	17
5.3.4 Peso de equipo de la chimenea.....	17
5.3.5 Peso de la instalación eléctrica.....	18
5.3.6 Peso de la pintura.....	18
5.3.7 Peso de la protección catódica del casco .....	18
5.3.8 Peso del equipo de salvamento .....	19
5.3.9 Peso del equipo de navegación .....	19
5.3.10 Peso Aire acondicionado y ventilación .....	20
5.3.11 Peso equipo de gobierno .....	20
5.3.12 Peso equipo de amarre y fondeo .....	20
5.3.13 Peso habilitación.....	21
6 Comprobación del peso muerto y de la carga útil.....	24
6.1 Carga útil .....	24
6.2 Peso de los consumos .....	24

6.2.1 Diésel .....	24
6.2.2 Aceite .....	26
6.2.3 Agua dulce potable .....	26
6.2.4 Tanques estabilizadores .....	27
6.2.5 Comida .....	27
6.3 Peso de la tripulación.....	27
6.4 Peso de la salmuera .....	27
6.5 Peso de pertrechos.....	27
7 Anexo I: Buque de referencia Aterpe Alai.....	29
8 Plano de los CDG del buque proyecto .....	30
Tabla 1 "Características del buque" .....	7
Tabla 2 "Características maquinaria auxiliar" .....	13
Tabla 3 "Características grupo emergencia" .....	15
Tabla 4 "Equipos de pesca" .....	16
Tabla 5 "Área habilitación" .....	20
Tabla 6 "Peso/Área".....	21
Tabla 7 "Peso habilitación" .....	22
Tabla 8 "Peso en rosca".....	23
Tabla 9 "Potencia generador auxiliar" .....	25
Tabla 10 "Peso muerto" .....	28
Ilustración 1 "Características del motor principal".....	11
Ilustración 2 "Características de la reductora" .....	12
Ilustración 3 "Dimensiones reductora".....	12
Ilustración 4 "Aterpe Alai".....	29



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

---

*ATUNERO CONGELADOR DE 2000 m<sup>3</sup>*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 2**

**CÁLCULOS DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DEL PESO EN  
ROSCA Y DE SUS PARTIDAS CORRESPONDIENTES**

## **2 TÍTULO Y RESUMEN**

Título: Atunero congelador de 2000 m<sup>3</sup>

El proyecto consistirá en el diseño general de un atunero congelador de 2000 m<sup>3</sup>, con una velocidad de diseño de 14 nudos, de propulsión diésel y para navegar 37 días.

Los temas fundamentales a tratar serán: elección de la cifra de mérito y definición de alternativas, seleccionando la más favorable; el cálculo de pesos y centro de gravedad del buque; el diseño de las formas; los cálculos relacionados con la arquitectura naval; las situaciones de carga; predicción de potencia propulsora y diseño del propulsor y del timón; la disposición general; la cuaderna maestra; el francobordo y arqueo; definir la planta propulsora y sus equipos auxiliares; la planta eléctrica; los equipos y servicios auxiliares del buque; y finalmente, se calculará el presupuesto de la construcción del buque.

Título: atunero conxelador de 2000 m<sup>3</sup>

O proxecto consistirá no deseño xeral dun atunero conxelador de 2000 m<sup>3</sup>, cunha velocidade de 14 nudos, de propulsión diésel y para navegar 37 días.

Os temas fundamentais a tratar serán: elección da cifra de mérita e definición de alternativas, escollendo a máis favorable; o cálculo de peso e centro de gravidade do buque; o deseño das formas; os cálculos relacionados coa arquitectura naval; as situación de carga; predicción da potencia propulsora e deseño do propulsor e timón; a disposición xeral; a caderna maestra; o francobordo e arqueo; definir a planta propulsora e os seus equipos auxiliares; a planta eléctrica; os equipos e servizos auxiliares ao buque; e finalmente, calcularase o orzamento da construción do buque.

Title: 2000 m<sup>3</sup> freezer tuna vessel

The project will consist of the general design of a 2000 m<sup>3</sup> freezer tuna vessel, with a design speed of 14 knots, diesel propulsion and to sail 37 days.

The fundamental issues to be discussed will be: choice of the figure of merit and definition of alternatives, selecting the most favorable; weight calculation and center of gravity of the ship; forms design; calculations related to naval architecture; loading situations; thruster power prediction and thruster and rudder design; general arrangement; master frame; freeboard and tonnage; propulsion plant definition and its auxiliary equipment; power plant; ship's auxiliary equipment and services; and finally, the budget for the construction of the ship will be calculated.

### **3 INTRODUCCIÓN**

El buque proyecto con número 21-11 consiste en un atunero congelador con una capacidad total de cubas de 2000 m<sup>3</sup> con el objetivo de operar en la zona del mar del norte para la pesca del atún mediante redes de cerco. Las cubas irán dispuestas en la parte central del buque distribuidas 9 a babor y 9 a estribor y, mediante un sistema de refrigeración por tuberías, se congelará el atún en seco mediante salmuera. La habilitación será de 35 personas y la propulsión será tipo diésel, con una velocidad de diseño de 14 nudos, para dar una autonomía de 37 días. Dispondrá de embarcaciones auxiliares para la ayuda en la operación de pesca, como son la panga y tres botes rápidos.

Las características principales del buque son:

Lo.a(m)	85,75
Lpp(m)	71
B(m)	14,9
T(m)	7
Dcp(m)	7,16
Fn	0,273
CB	0,63
CM	0,989
CP	0,638
$\Delta(t)$	5032
v(kn)	14

**Tabla 1 "Características del buque"**

En el presente cuadernos se calcularán todos los pesos y su centro de gravedad de las diferentes partidas del buque obteniendo así el peso en rosca y el centro de gravedad en rosca del buque. Estas partidas se distribuirán por un lado en el peso del acero, peso de la maquinaria, peso de los equipos, que constituirá el peso en rosca, y por el otro, peso de los distintos consumos, peso de los pertrechos y peso de la tripulación, que será el peso muerto.

## 4 CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA DEL BUQUE

Para el cálculo del peso en rosca del buque existen diversas fórmulas, como la dependiente del desplazamiento y del peso muerto, sin embargo, como esos valores no se han calculado todavía, procederemos a otro método de cálculo dado por la siguiente expresión:

$$PR = 3.92 * VC^{0.82}$$

Siendo VC el volumen de carga en m<sup>3</sup>, por lo que:

$$PR = 3.92 * 2000^{0.82} = 1995.86 t$$

Obtenemos también la posición X y Z de este peso en rosca para tener un valor estimado y orientativo:

$$ZR = 0.29 * D * \left(1 + \frac{L_{pp}}{100}\right)^{1.91}$$
$$ZR = 0.29 * 7.16 * \left(1 + \frac{71}{100}\right)^{1.91} = 5.79 m$$

$$XR = 0.48 * L_{pp} - 4.6$$

$$XR = 0.48 * 71 - 4.6 = 29.48 m$$

Con esto, se procederá a continuación al cálculo de todos los pesos que constituyen el peso en rosca para obtener un resultado más preciso.



## 5 ESTIMACIÓN DEL C.D.G DE ESTAS PARTIDAS Y DEL PESO EN ROSCA

En este apartado se hará un desglose del peso en rosca del buque y se calculará por separado el peso de cada componente con su correspondiente centro de gravedad, con el fin de obtener unos valores más precisos a los calculados anteriormente.

El peso en rosca se divide en:

$$PR = PS + PQ + PE$$

PS: peso de la estructura

PQ: peso de la maquinaria

PE: peso del equipo y de la habilitación

### 5.1 Peso de la estructura

Este valor se obtendrá mediante la formulación estadística para buques atuneros a partir de los 3 métodos que se describen en el libro de "cálculo de desplazamiento" de Fernando Junco, y posteriormente se hará la media aritmética entre los valores hallados.

#### 5.1.1 A. Osorio

Particulariza un estudio de ajuste de funciones no lineales, mediante la aplicación del algoritmo de Rosenbrock, y deduce la fórmula siguiente:

$$WST = L^c * (B * D)^d * (a + b * CB)$$

Basándose en una muestra de buque de la entonces División Naval del I.N.I obtiene la siguiente fórmula final:

$$WST = \left(\frac{L_{pp}}{10}\right)^{1.376} * \left(B * \frac{Dsup}{100}\right)^{0.7449} * (0.0542 - 0.0017 * CB) * 1000$$

$$WST = \left(\frac{71}{10}\right)^{1.376} * \left(14.9 * \frac{9.82}{100}\right)^{0.7449} * (0.0542 - 0.0017 * 0.63) * 1000$$

$$WST = 1046.631 t$$

#### 5.1.2 J.L. García Garcés

Ha llegado diversas formulaciones para determinados tipos de buques, calculando el peso de la estructura, y su centro de gravedad. Para buques atuneros no tiene formulación específica, pero se utilizará la empleada para buques frigoríficos:

$$PS = 0.0304 * L_{pp}^{1.5} * B * Dsup^{0.5}$$

$$PS = 0.0304 * 71^{1.5} * 14.9 * 9.82^{0.5}$$

$$PS = 849.19 t$$

$$ZST = 0.918 * D_{sup}^{0.86}$$

$$ZST = 0.918 * 9.82^{0.86}$$

$$ZST = 6.55 m$$

$$XST = 0.943 * L_{pp}^{0.83}$$

$$XST = 0.943 * 71^{0.83}$$

$$XST = 32.44 m$$

### 5.1.3 Método de Watson

Propone un método para calcular el peso del acero de un buque Wst, basándose en un buque estándar y teniendo en cuenta las dimensiones del buque proyecto, con el coeficiente de bloque calculado al 80% del puntal:

$$PS = K * E^{1.36} * (1 + 0.5 * (CB_{80\%D} - 0.7))$$

Siendo:

$$CB_{80\%D} = CB + (1 - CB) * \left( \frac{0.8 * D_{ppal} - T}{3 * T} \right)$$

$$CB_{80\%D} = 0.63 + (1 - 0.63) * \left( \frac{0.8 * 7.16 - 7}{3 * 7} \right)$$

$$CB_{80\%D} = 0.608$$

Y:

K=0.035 para frigoríficos

$$E = L_{pp} * (B + T) + 0.85 * L_{pp} * (D_{ppal} - T) + 0.85 * \sum l_s * h_s + 0.75 * \sum l_c * h_c$$

Donde:

## Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes

Gastón Mercado Roasso

ls: longitud superestructura, se toma 71 m  
hs: altura superestructura, se toma la altura entre cubiertas, 2.66m  
lc: longitud de las casetas, se toman 59.7 m y 18 m  
hc: altura casetas, se toma 2.6m

Por lo que, obteniendo el valor de E, se obtiene el PS por el método de Watson, siendo:

$$PS = 999.45 t$$

$$XST = \frac{L_{pp}}{2} = \frac{71}{2} = 35.5 m$$

Una vez hecho los 3 métodos, se procede a hacer la media aritmética, con lo que:

$$PS = \frac{1046.631 + 849.19 + 999.45}{3} = 965.091 t$$

$$KG = 6.55 m$$

$$XG = 34.1 m$$

## 5.2 Peso de la maquinaria

Se calculará el peso de todos los equipos situados en la cámara de máquinas.

### 5.2.1 Peso del motor principal

Output L32/44CR						
Speed	rpm	750		720		
mep	bar	27.1 / 25.3*		28.3 / 26.4*		
			kW		kW	
6L32/44CR			3,600		3,600	
7L32/44CR			3,920*		3,920*	
8L32/44CR			4,800		4,800	
9L32/44CR			5,400		5,400	
10L32/44CR			6,000		6,000	
Dimensions L32/44CR						
Cyl. No.		6	7	8	9	10
L	mm	6,312	6,924	7,454	7,984	8,603
L <sub>1</sub>	mm	5,265	5,877	6,407	6,937	7,556
W	mm	2,174	2,359	2,359	2,359	2,359
H	mm	4,163	4,369	4,369	4,369	4,369
Dry Mass**	t	39.5	44.5	49.5	53.5	58.0

Minimum centerline distance for twin engine installation 2,500 mm  
Speed 720 rpm for generator drive/constant speed operations only  
\* Different mep (7L, 14V)  
\*\*Including built-on lube oil automatic filter and electronic equipment  
Fixed Pitch Propeller: 510 kW/cyl, 750 rpm

Ilustración 1 "Características del motor principal"

## Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes

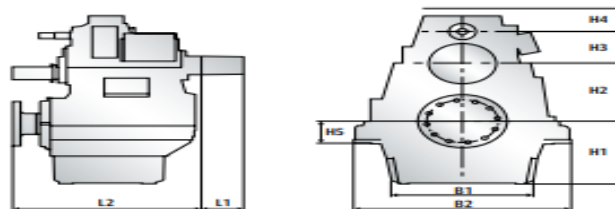
Gastón Mercado Roasso

Para este cálculo se necesitará la potencia del motor del buque proyecto. En el cuaderno 6" Predicción de potencia y diseño del propulsor y del timón" se obtiene el motor que se llevará para la propulsión del buque, teniendo una potencia de 3222.4 kW. El motor escogido es de la marca MAN modelo 8L32/44CR, el cual tiene un peso de 49.5 t y se tendrá en cuenta el peso de la reductora, la cual será de la marca Reintjes modelo SVA 750, con un peso de 12t.

Main Dimensions mm (Vertically offset configuration)				
Model	B1	B2	H1	H2
<b>SVA 750</b>	1198	1870	870	750

kW/rpm	BHP (KW)		BHP (KW)		BHP (KW)	
	600 rpm		750 rpm		1000 rpm	
<b>SVA 750</b>	7,70	6191 (4620)	7739 (5775)	10318 (7700)	9514 (7100)	8844 (6600)
	7,10	5708 (4260)	7136 (5325)	9514 (7100)	8844 (6600)	8174 (6100)
	6,60	5306 (3960)	6633 (4950)	8844 (6600)	8174 (6100)	6130 (4575)
	6,10	4904 (3660)	6130 (4575)	8174 (6100)	6130 (4575)	8174 (6100)

Ilustración 2 "Características de la reductora"



H3	H4	H5	L1	L2
500	550	280	-	1663

WEIGHT		REDUCTION RATIOS	
kg	(lbs)		
12000	(26400)	3,148	
12000	(26400)	3,480	
12000	(26400)	3,840; 3,870	
12000	(26400)	4,261	

Ilustración 3 "Dimensiones reductora"

Por lo que:

$$P_{motor} = PR + Pesomotor + Pesoreductora$$

Siendo:

$$PR = C * BHP^d$$

C: coeficiente de regresión, se toma 0.59  
d: coeficiente de regresión, se toma 0.7  
BHP: potencia al freno (HP), se toma 4322.65 HP

$$PR = 0.59 * 4322.65^{0.7}$$

$$PR = 207 \text{ t}$$

$$P_{motor} = 207 + 49.5 + 12 = 268.5 \text{ t}$$

La posición del centro de gravedad del motor se cogerá a partir del buque de referencia, en este caso:

$$XG = 10.2 \text{ m}$$

$$KG = 3.5 \text{ m}$$

### 5.2.2 Peso de la maquinaria auxiliar

Es el peso de los equipos independientes de la propulsión, en el cual se incluyen los servicios de sentinas, TAR, servicio de lastre y ventilación.

En el cuaderno 11" Planta eléctrica" se obtiene la potencia requerida por los equipos auxiliares, escogiendo finalmente 2 grupos de la marca Caterpillar modelo 3512, cuyo peso es de 12.18 t cada uno.

Marca	CATERPILLAR
Modelo	3512
Potencia servicio medio	1278 kW
Velocidad nominal	1500 rpm
Ciclo	4 tiempos
Nº cilindros	12 en V
Cilindrada	12,8 l/cilindro

Tabla 2 "Características maquinaria auxiliar"

## Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes

### Gastón Mercado Roasso

---

El peso del separador de sentinas, TAR, servicios de lastre y ventilación se estima en un 25% del resultado final, por lo que:

$$P_{MA} = (2 * 12.18) * 1.25 = 30.45 t$$

$$XG = 10.2 m$$

$$KG = 3.5 m$$

### 5.2.3 Peso de la hélice propulsora

$$P_{helice} = 0.12 * D^3$$

Tomando el valor del diámetro de la hélice del buque proyecto, 4600 mm, el peso queda:

$$P_{helice} = 0.12 * 4.6^3$$

$$P_{helice} = 11.68 t$$

$$XG = 2.4 m$$

$$KG = 2.3 m$$

### 5.2.4 Peso de hélices transversales de proa y popa

A partir del buque de referencia Pendruc, se toma el valor de los pesos de estas hélices, colocando 1 a proa y 1 a popa, con el fin de ayudar a maniobrar al buque proyecto:

$$Peso_{heliceproa} = 3.5 t$$

$$XG = 63.5 m$$

$$ZG = 1.5 m$$

$$Peso_{helicepopa} = 3.5 t$$

$$XG = 6 m$$

$$ZG = 2.6 m$$

### 5.2.5 Grupo de emergencia

Se utilizará un grupo de emergencia de la marca Caterpillar:

Marca	CATERPILLAR
Modelo	C9
Potencia servio medio	224 kW
Velocidad nominal	1500 rps
Ciclo	4 tiempos

Tabla 3 "Características grupo emergencia"

$$P_{GE} = 5.5 t$$

$$XG = 21.6 m$$

$$ZG = 11 m$$

### 5.2.6 Alternador de cola

El alternador de cola escogido es de la marca INDAR y tiene una potencia de 850 kW (1140kVA), mediante la siguiente expresión se obtiene el peso:

$$P_{AC} = \frac{4.485 * kVA + 0.000455 * kVA^2}{1000}$$

$$P_{AC} = \frac{4.485 * 1140 + 0.000455 * (1140)^2}{1000}$$

$$P_{AC} = 5.7 t$$

$$XG = 10.2 m$$

$$KG = 3.5 m$$

### 5.2.7 Instalación de contraincendios en cámara de máquinas

A partir de la potencia del motor principal y de las dimensiones de la cámara de máquinas, se obtiene el peso:

$$P_{CI} = 0.125 * (0.0046 * P_{motor} + 0.0088 * l_{cm} * B)$$

$$P_{CI} = 0.125 * (0.0046 * 3223.4 + 0.0088 * 14.4 * 14.9)$$

$$P_{CI} = 2.09 t$$

$$XG = 12.4 m$$

$$ZG = 6.66 m$$

## 5.3 Peso de los equipos

### 5.3.1 Peso de los equipos de pesca

Tomando de referencia el buque Aterpe Alei (ver anexo I), se tomarán los equipos destinados a la pesca, debido a que es el buque más actual de la base de datos y, por lo tanto, los equipos estarán más actualizados. Se ha cogido para todos los equipos la marca TH Marco. Con esto, los equipos son:

Equipos de pesca	unidades	peso(t)	peso total(t)
Maquinilla principal	1	17	17
Maquinilla de amantillo principal	1	0,2	0,2
Maquinilla de ostas	2	0,2	0,4
Maquinilla izado panga	1	0,5	0,5
Maquinilla lanteón	1	0,3	0,3
Maquinilla trincar halador	1	0,1	0,1
Maquinilla amant.plumas auxiliares	2	0,2	0,4
Maquinilla de carga	2	0,3	0,6
Maquinilla de bolsa	2	1	2
Maquinilla para moña	1	0,2	0,2
Maquinilla para soltar anillas	1	0,3	0,3
Maquinilla calón proa	1	1,2	1,2
Maquinilla de salabardeo	1	1	1
Halador de red	1	4,2	4,2
Maquinilla cierre salabardeo	1	0,1	0,1
Pescante individual botes rápidos	1	3	3
Grúas electrohidráulicas de pl.art.	2	12	24
Palmeador corchos	1	3,2	3,2
Consola control maniobra pesca	1	0,3	0,3
Palo principal	1	10	10
Pluma principal	1	20,5	20,5
Pescante de cerco	1	3	3
Molinetes hidráulicos	2	0,9	1,8
<b>PESO TOTAL(t)</b>			<b>94,3</b>

Tabla 4 "Equipos de pesca"



$$P_{equipospesca} = 94.3 t$$

$$XG = 35 m$$

$$KG = 14 m$$

### 5.3.2 Peso de los equipos de transporte del atún

Para la carga del pescado en las cubas se ha instalado una tolva de aluminio en la escotilla de carga de la cubierta superior que conduce el pescado a través de canaletas a las cintas transportadoras. Se aproxima un peso de 30 t.

$$P_{transporteatun} = 30 t$$

$$XG = 37.1 m$$

$$KG = 8.5 m$$

### 5.3.3 Peso de tuberías y bombas

A partir de la siguiente expresión se estiman el peso:

$$P_{TBC} = 0.0047 * L_{pp} * L_{pp}^{\frac{1}{2}} * B$$

$$P_{TBC} = 0.0047 * 71 * 71^{0.5} * 14.9 = 41.9 t$$

$$XG = 34.1 m$$

$$KG = 2.5 m$$

### 5.3.4 Peso de equipo de la chimenea

A partir de la siguiente expresión se estima el peso de la chimenea:

$$P_{chimenea} = 0.0034 * L_{pp} * B$$

$$P_{chimenea} = 0.0034 * 71 * 14.9$$

$$P_{chimenea} = 3.6 t$$

$$XG = 15 m$$

$$ZG = 15 \text{ m}$$

### 5.3.5 Peso de la instalación eléctrica

Mediante la siguiente fórmula sacamos el peso de la instalación eléctrica:

$$P_{instelectri} = \frac{\frac{L_{pp}}{60} * (9.82 + 0.268 * L_{pp} + 0.000597 * (L_{pp})^2) + PM}{1000}$$

$$P_{instelectri} = \frac{\frac{71}{60} * (9.82 + 0.268 * 71 + 0.000597 * (71)^2) + 3223.4}{1000}$$

$$P_{instelectri} = 3.26 \text{ t}$$

$$XG = 34.1 \text{ m}$$

$$ZG = 6.5 \text{ m}$$

### 5.3.6 Peso de la pintura

Este peso dependerá del peso del acero, así como su centro de gravedad, tal que:

$$P_{pintura} = 0.08 * PS$$

$$P_{pintura} = 76 \text{ t}$$

$$XG = 34.1 \text{ m}$$

$$ZG = 6.55 \text{ m}$$

### 5.3.7 Peso de la protección catódica del casco

$$P_{proteccatod} = 0.0004 * S_M * a * y$$

Siendo:

$S_M$ : superficie mojada, calculado en el cuaderno 3, con la tabla de hidrostáticas, tomando un valor de 1693 m<sup>2</sup>.

$a$ : tipo de ánodo. Se utilizan ánodos de zinc, tomando un valor de 1.

$y$ : número de años de la protección. Se consideran 3 años.

Por lo que:

$$P_{proteccatod} = 0.0004 * 1693 * 1 * 3$$

$$P_{proteccatod} = 2 t$$

$$XG = 34.1 m$$

$$ZG = \frac{T}{2} = 3.5 m$$

### **5.3.8 Peso del equipo de salvamento**

Se calcula a través de la siguiente expresión, para menos de 35 tripulantes:

$$P_{equisal} = 9.5 + (n - 35) - 0.1$$

$$P_{equisalv} = 9.5 t$$

$$XG = 20.4 m$$

$$KG = 9.82 m$$

### **5.3.9 Peso del equipo de navegación**

Se obtiene un valor estimado de los buques de referencia de 2 t.

$$P_{nav} = 2 t$$

$$XG = 43.4 m$$

$$ZG = 15.02 m$$

### 5.3.10 Peso Aire acondicionado y ventilación

El peso del aire acondicionado viene dado por la siguiente expresión:

$$P_{aireacondicionado} = 0.02 * A_{habilitación}$$

Área habilitación(m2)	
área cubierta puente	122,42
área cubierta castillo	200
área cubierta superior	399,3
área TOTAL	721,72

Tabla 5 "Área habilitación"

Por lo que:

$$P_{aire} = 14.44 t$$

$$XG = 54 m$$

$$ZG = 11 m$$

### 5.3.11 Peso equipo de gobierno

El peso del equipo de gobierno viene dado por la siguiente expresión:

$$P_{equipogobierno} = 0.0224 * A_{timón} * v^{\frac{2}{3}} + 2$$

Siendo el área del timón de 15 m2, obtenida en el cuaderno 6 "Predicción de la potencia propulsora y diseño del propulsor y del timón", y la velocidad de diseño de 14 nudos, por lo que:

$$P_{equigob} = 0.0224 * 15 * (14 * 0.5144)^{\frac{2}{3}} + 2 = 3.25 t$$

$$XG = 0 m$$

$$ZG = 2.3 m$$

### 5.3.12 Peso equipo de amarre y fondeo

El peso del equipo de amarre y fondeo viene determinado en función del numeral de equipo. En el cuaderno 12" Equipos y servicios" se obtiene este dato, siendo de 606 para el

## Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes

### Gastón Mercado Roasso

buque proyecto. Con este valor se entra en la gráfica del libro de Fernando Junco Ocampo "Cálculo del desplazamiento", en la cual, a través del numeral de equipo se obtiene el peso de los equipos de amarre y fondeo, siendo de:

$$P_{\text{amarrefondeo}} = 40 t$$

$$XG = 7.2 m$$

$$ZG = 10.5 m$$

### 5.3.13 Peso habitación

El peso de la habitación vendrá dado por todos los espacios donde habitará la tripulación, siguiendo el siguiente desglose de pesos por superficie se obtendrá el peso total requerido.

Espacios	Peso(Kg/m2)
Camarote oficiales	135
Camarote tripulación	160
Comedores y salones	120
Pasillos	80
Aseo individual	250
Aseo compartido	200
Cocina	200
Oficio	200
Gambuza seca y paños	60
Lavandería	150
Gambuza frigorífica	190

Tabla 6 "Peso/Área"

Tomando las áreas de cada uno de los espacios del cuaderno 7" Disposición general" el peso queda:

Espacios	Peso(Kg/m2)	Área(m2)	Peso
Camarote oficiales	135	85,32	11518,2
Camarote tripulación	160	107,84	17254,4
Comedores y salones	120	66,57	7988,4
Pasillos	80	115,83	9266,4
Aseo individual	250	21,95	5487,5
Aseo compartido	200	50,56	10112
Cocina	200	18,06	3612

**Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes**

**Gastón Mercado Roasso**

Oficio	200	57,65	11530
Gambuza seca y paños	60	52,41	3144,6
Lavandería	150	7,57	1135,5
Gambuza frigorífica	190	19,12	3632,8
<b>TOTAL</b>			<b>84,6818</b>

**Tabla 7 "Peso habilitación"**

$$P_{habilit} = 84.7 t$$

$$XG = 45 m$$

$$ZG = 13.72 m$$

Con esto, se obtienen todos los pesos para obtener el peso en rosca final quedando resumidos los cálculos en la siguiente tabla:

PESO EN ROSCA			
	Peso(t)	XG(m)	KG(m)
Peso acero	965,091	34,1	6,55
Peso maquinaria	Peso(t)	XG(m)	KG(m)
Motor ppal y reductora	202,6	10,2	3,5
Maquinaria auxiliar	30,45	10,2	3,5
Hélice	11,68032	2,4	2,3
Hélice proa(2)	7	63,5	1,5
Hélice popa	3,5	6	2,6
Grupo emergencia	5,5	21,6	11
Alternador de cola	5,7	10,2	3,5
Contraincendios	2,09	12,4	6,6
<b>Total</b>	<b>268,5</b>	<b>11,45</b>	<b>3,56</b>
Peso de los equipos	Peso(t)	XG(m)	ZG(m)
Equipos pesca	94,3	35	14
Equipos trans.atun	30	37,1	8,5
Tuberías	41,9	34,1	2,5
Chimenea	3,6	15	41
Instalación eléctrica	3,3	34,1	6,5
Pintura	75,9	34,1	6,55
Protección cat. Casco	2,0	34,1	3,5
Equipo salvamento	9,5	20,4	9,82
Equipo navegación	2	43,4	15,02
Aire acondicionado(est)	14,4344	54	11
Equipo gobierno(est)	3,253021745	0	2,3
Amarre y fondeo(est)	40	72	10,5
Habilitación(est)	84,6818	45	13,72

**Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes**

**Gastón Mercado Roasso**

Total	404,8	40,5	10,4
Peso en rosca	1622,0	32,1	7,13
Margen	10%	5%	5%
Margen	162,2	1,60	0,36
<b>PESO ROSCA FINAL</b>	<b>1784,2</b>	<b>34</b>	<b>7,40</b>

PESO EN ROSCA			
	Peso(t)	XG(m)	KG(m)
Peso total acero	965,0,91	34,1	6,6
Peso total maquinaria	268,5	11,4	3,6
Peso total equipos	404,8	40,5	10,4
Peso en rosca	1622,0	32,1	7,1
Margen	0,10	0,05	0,05
<b>PESO ROSCA FINAL</b>	<b>1784,2</b>	<b>34,0</b>	<b>7,5</b>

**Tabla 8 "Peso en rosca"**

Se observa que el valor estimado al principio mediante la fórmula empírica es semejante a este último dato calculado a partir de la suma de todos los pesos que forman el peso en rosca, por lo que es una buena estimación y comparación.

## 6 COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO Y DE LA CARGA ÚTIL

Como se ha hecho en el Cuaderno 1 para la estimación del peso muerto, ahora se volverán a realizar los mismos cálculos, pero con más detalle. El peso muerto se compone de la carga útil, peso de los consumos, de la tripulación, la salmuera y de los pertrechos.

### 6.1 Carga útil

Es la carga que irá en los 2000 m<sup>3</sup> que tienen las cubas. Se considera un factor de estiba de 0.72 t/ m<sup>3</sup>.

$$CU = 2000 * 0.72 = 1440 t$$

### 6.2 Peso de los consumos

Este peso se compone del peso del diésel, del aceite, del agua potable, de los tanques estabilizadores y la comida.

#### 6.2.1 Diésel

Para el cálculo del consumo de diésel se tendrá en cuenta las diferentes situaciones a las que se encontrará el buque, tanto para el motor principal como los generadores auxiliares, por lo que:

##### 6.2.1.1 Motor principal en navegación normal

- velocidad de 14 nudos
- P= 3223.4 kW
- Motor= 4800 kW
- Régimen= (3223.4/4800) \*100= 67.2%
- Horas operando= 12h/día;

Por lo que:

$$Volumen = \frac{4800 * 0.672 * 12 * 178(\text{consumo al } 67.2\%) * 10^{-6}}{0.85} = 8.1 m^3$$

##### 6.2.1.2 Motor principal pescando y congelando

- velocidad de 8 nudos
- P= 550 kW
- Motor= 4800 kW
- Régimen= (550/4800) \*100= 11.46%



## Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes

### Gastón Mercado Roasso

---

- Horas operando= 7.2h/día

Por lo que:

$$Volumen = \frac{4800 * 0.1146 * 7.2 * 198.5(\text{consumo al } 11.46\%) * 10^{-6}}{0.85} = 0.92 \text{ m}^3$$

#### 6.2.1.3 Motor principal maniobrando

- velocidad de 8 nudos
- P= 550 kW
- Motor= 4800 kW
- Régimen=  $(550/4800) * 100 = 11.46\%$
- Horas operando= 2.4h/día

Por lo que:

$$Volumen = \frac{4800 * 0.1146 * 2.4 * 198.5(\text{consumo al } 11.46\%) * 10^{-6}}{0.85} = 0.31 \text{ m}^3$$

#### 6.2.1.4 Motor principal carga y descarga

Estará 2.4 horas realizando las operaciones de carga y descarga, a velocidad 0, por lo que no consumirá en este tiempo.

Por lo que, el consumo diario es de:

$$\text{Consumo diario} = 8.1 + 0.92 + 0.31 = 9.33 \text{ m}^3$$

$$\text{Consumo en los 37 días en m}^3 = 345.21 \text{ m}^3$$

$$\text{Consumo en los 37 días en t} = 293.43 \text{ m}^3$$

#### 6.2.1.5 Generador auxiliar

Generador auxiliar		
Situación	Potencia total(kW)	%
Maniobrando	1516,59	0,1
Navegación normal	574,61	0,5
Pescando y congelando	2156,97	0,3
Carga/Descarga	610,61	0,1
Emergencia	182,42	
consumo diesel M.Aux	202,1	

Tabla 9 "Potencia generador auxiliar"

## Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes

### Gastón Mercado Roasso

---

$$Diesel_{MMAA} = 37 * 202.1 * 24 * 10^{-6} * (0.1 * 1516.59 + 574.61 * 0.5 + 0.3 * 21656.97 + 0.1 * 610.61)$$

$$Diesel_{MMAA} = 205.87 t$$

Por lo que:

$$Diesel_{MP} + Diesel_{MA} = 293.43 + 205.87 = 499.3 t$$

### 6.2.2 Aceite

El peso del aceite del motor principal se calculará del mismo modo que el diésel, con la diferencia que el consumo de aceite del motor escogido, 8L32/44CR, es de 0.5 g/kW\*h, y se obtendrá para un régimen del 100%, por lo que:

$$Aceite_{MP} = 37 * 24 * 0.5 * 4800 * 10^{-6} = 2.13 t$$

El peso de aceite de los generadores auxiliares se estima en un 4% del peso total del diésel, por lo que:

$$Aceite = 0.04 * (293.43 + 205.87) = 19.98 t$$

$$Peso_{aceite} = 2.13 + 19.98 = 22.11 t$$

### 6.2.3 Agua dulce potable

Se estiman unos 150 L por persona (35 tripulantes) para 37 días, por lo que:

$$Agua_{potable} = \frac{150 * 35 * 37}{1000} = 194.25 t$$

Como el buque proyecto llevará una potabilizadora de agua dulce, los tanques cubrirán un 40 %:

$$Agua_{potable} = 194.25 * 0.4 = 77.7 t$$

### 6.2.4 Tanques estabilizadores

El peso de este tanque será de 100 t, así como se ha estimado en el cuaderno 1.

### 6.2.5 Comida

Se estiman 5 kg de comida por día y por tripulante:

$$Comida = \frac{5 * 35 * 37}{1000} = 6.48 t$$

Con estos cálculos hechos, el peso total de los consumos es:

$$Peso_{consumos} = 705.575 t$$

## 6.3 Peso de la tripulación

Se considera un peso de 200 kg por persona:

$$P_{tripulación} = 35 * 0.2 = 7 t$$

## 6.4 Peso de la salmuera

Se estiman 650 t de salmuera, que se almacenarán en las cubas de carga reservadas para ese fin.

$$P_{salmuera} = 650 t$$

## 6.5 Peso de pertrechos

Al tratarse de un buque atunero, este debe constar de ciertos equipos para el arte de la pesca, así como una panga de 40 t, 3 speeds boats de 2 t cada uno y una red de 90 t:

$$P_{pertrechos} = 136 t$$

## Cuaderno 2. Cálculo de pesos y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes

Gastón Mercado Roasso

---

Con todos estos valores, el peso muerto total queda:

Peso Muerto	
CU	1440
Consumos	(t)
D.O.	499,3
Aceite	22,1
Agua dulce	77,7
Tanq.estab	100
Comida	6,475
Total cons.	705,575
Pes.trip.	7
Pes.Pertrec.	136
Salmuera	650
PM.Total	2939

Tabla 10 "Peso muerto"

Teniendo el peso en rosca y el peso muerto, el desplazamiento queda:

$$\Delta = PR + PM = 1784.2 + 2939 = 4723.2 t$$

Comparando este desplazamiento con el calculado en el dimensionamiento del buque en el cuaderno 3 "Diseño de formas":

$$\Delta = 1.025 * CB * L_{pp} * B * T = 5032 t$$

Se observa que el desplazamiento obtenido con el cálculo de todos los pesos está aproximadamente un 5% por debajo del hallado en el dimensionamiento del buque, así pues, se puede concluir que es un valor aceptable.

## 7 ANEXO I: BUQUE DE REFERENCIA ATERPE ALAI

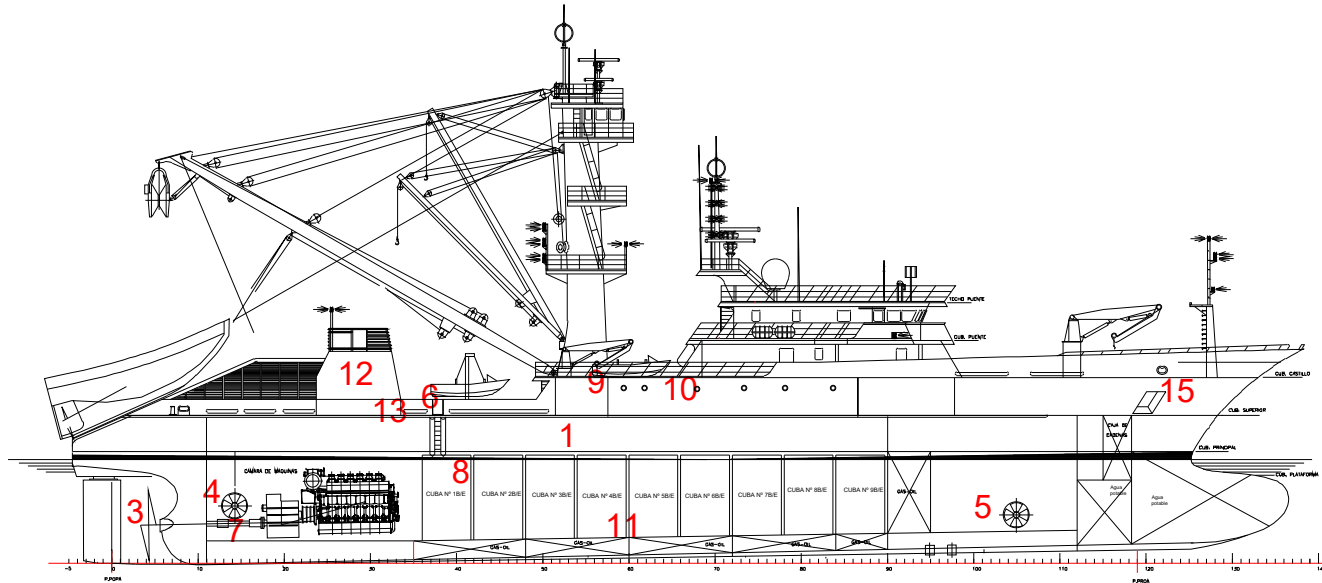


Ilustración 4 "Aterpe Alai"

Referencia:

<http://www.zamakonayards.com/portfolio/aterpe-alai/>

## 8 PLANO DE LOS CDG DEL BUQUE PROYECTO



NÚMERO	PESO
1	ROSCA
2	Motor ppal y auxiliar
3	Hélice
4	Hélice de popa
5	Hélice de proa
6	Grupo de emergencia
7	Alternador de cola
8	Contraincendios
9	Equipos de pesca
10	Transporte de atún
11	Tuberías
12	Chimenea
13	Equipos salvamento
14	Habilitación
15	Amarre y fondeo

	ATUNERO CONGELADOR 2000 m3	
	PLANO DE LOS CDG	
	GASTÓN MANUEL MERCADO ROASSO	