



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

## Ferry para navegación en Lago Ontario

15-05

CUADERNO 2: Cálculo de pesos en rosca y centros de gravedad del peso en rosca y de sus partidas correspondientes.



Manuel Fraga Seoane



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

**PROYECTO NÚMERO 15-05**

**TIPO DE BUQUE: FERRY PARA NAVEGACION EN LAGO ONTARIO CANADÁ.**

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: ABS, USCG, SOLAS, MARPOL, ZONA ECA, ICE CLASS (LOW LEVEL).**

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 399 PAX EN ASIENTOS, 6 TRAILERS Y 24 TURISMOS SIMULTÁNEAMENTE o 60 TURISMOS SOLO.**

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 13 NUDOS, 85% MCR, 10 % MM. SIETE DIAS DE OPERACIÓN. EL PERFIL DE LA NAVEGACION SERA DEFINIDO POR EL ALUMNO EN LA ZONA DE NAVEGACION PREVISTA EN EL LAGO ONTARIO A LA VISTA DE LAS CIUDADES DE CONEXION Y DE LOS BUQUES ALLI EXISTENTES.**

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: RAMPAS DE PROA Y POPA.**

**PROPULSIÓN: DUAL FUEL.**

**TRIPULACIÓN Y PASAJE: 399 PAX MAS 7 TRIPULANTES.**

Ferrol, marzo de 2016

## Índice

<b>1- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. - ACEROS.....</b>	<b>6</b>
2.1.- PESO DE ACERO .....	6
2.2.- CENTROS DE GRAVEDAD DEL ACERO .....	7
2.3.- TECLES.....	8
a) <i>Peso Tecles</i> .....	8
b) <i>Centro de gravedad Tecles</i> .....	8
2.4.-TANQUES NO ESTRUCTURALES .....	8
a) <i>Peso de tanques no estructurales</i> .....	8
b) <i>Centro de gravedad de tanques</i> .....	9
<b>3.- MAQUINARIA .....</b>	<b>10</b>
3.1.- PROPULSIÓN DIÉSEL ELÉCTRICA .....	10
a) <i>Peso total de la maquinaria para propulsión diésel eléctrica</i> .....	10
b) <i>Centro de gravedad de la maquinaria propulsora</i> .....	10
3.2.- HÉLICES.....	10
a) <i>Peso de las hélices</i> .....	10
b) <i>Centro de gravedad de las hélices</i> .....	11
3.3.- GRUPOS GENERADORES DE EMERGENCIA .....	11
a) <i>Peso de los grupos generadores de emergencia</i> .....	11
b) <i>Centro de gravedad longitudinal de los grupos generadores de emergencia</i> .....	11
3.4.- INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS .....	11
a) <i>Peso de la instalación contra incendios en cámara de máquinas</i> .....	11
b) <i>Centro de gravedad longitudinal de la instalación contra incendios</i> .....	12
3.5.- GENERADOR DE AGUA DULCE .....	12
a) <i>Peso del generador de agua dulce</i> .....	12
b) <i>Centro de gravedad del generador de agua dulce</i> .....	12
3.6.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	12
a) <i>Peso de la instalación eléctrica</i> .....	12
b) <i>Centro de gravedad de la instalación eléctrica</i> .....	12
3.7.- CENTRO DE GRAVEDAD VERTICAL DE LA MAQUINARIA .....	13
<b>4.- EQUIPOS Y ARMAMENTO .....</b>	<b>14</b>
4.1.- RAMPA DE POPA/PROA .....	14
a) <i>Peso de la rampa de popa/proa</i> .....	14
b) <i>Centro de gravedad de la rampa de popa/proa</i> .....	14
4.2.- EQUIPOS DE AMARRE Y FONDEO.....	14
a) <i>Peso de equipo de amarre y fondeo</i> .....	14
b) <i>Centro de gravedad del equipo de amarre y fondeo</i> .....	16
4.3.- PINTURA Y PROTECCIÓN CATÓDICA .....	16
a) <i>Peso de la pintura y protección catódica</i> .....	16
b) <i>Centros de gravedad de la pintura y protección catódica</i> .....	17
4.4.- EQUIPO DE NAVEGACIÓN .....	17
a) <i>Peso del equipo de navegación</i> .....	17
b) <i>Centros de gravedad del equipo de navegación</i> .....	17
4.5.- EQUIPOS DE SALVAMENTO .....	18
a) <i>Peso de los equipos de salvamento</i> .....	18

<i>b) Centro de gravedad de los equipos de salvamento.....</i>	<i>18</i>
4.6.- HABILITACIÓN .....	18
<i>a) Peso de la habilitación .....</i>	<i>18</i>
<i>b) Centro de gravedad de la habilitación.....</i>	<i>20</i>
4.7.- AIRE ACONDICIONADO .....	21
<i>a) Peso del aire acondicionado .....</i>	<i>21</i>
<i>b) Centros de gravedad del aire acondicionado.....</i>	<i>21</i>
4.8.- TUBERÍAS Y BOMBAS.....	21
<i>a) Peso de tuberías y bombas .....</i>	<i>21</i>
<i>b) Centro de gravedad de tuberías y bombas .....</i>	<i>21</i>
4.9.- CHIMENEA.....	22
<i>a) Peso del equipo de la chimenea .....</i>	<i>22</i>
<i>b) Centro de gravedad del equipo de la chimenea .....</i>	<i>22</i>
4.10.- INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS PARA CARGA .....	22
<i>a) Peso instalación contra incendios para carga .....</i>	<i>22</i>
<i>b) Centro de gravedad instalación contra incendios para carga .....</i>	<i>22</i>
<b>5.- OBTENCIÓN DEL PESO EN ROSCA.....</b>	<b>23</b>
<b>6.- BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>25</b>

## 1- Introducción

El objetivo de este cuaderno es el análisis, con un grado mayor de detalle, de los diferentes pesos del buque. Este análisis tiene como finalidad el conocer el peso en rosca del buque y sus centros de gravedad longitudinal y transversal.

Los resultados que se obtengan de este Cuaderno, tendrán mucha influencia en la navegación del buque proyecto ya que, el desplazamiento y el asiento del barco dependerán en gran medida de los pesos y de su distribución.

Se analizarán tres grupos diferenciados de pesos: el peso de acero, el peso de la maquinaria y el peso del armamento y otros equipos. Cada grupo, a su vez, se dividirá en sus partidas correspondientes.

Cabe destacar que en este Cuaderno se trabajará con ecuaciones de dimensionamiento de pesos obtenidas en *Proyecto de Buques y Artefactos* (1).

Hasta este punto, se conocen las dimensiones principales del buque proyecto:

Dimensiones principales		
L	61,00	m
Lpp	56,54	m
B	17,8	m
D	4,73	m
T	3,07	m
D(cub.sup)	9,73	m
Cb	0,400	
Cp	0,527	
Cm	0,761	
Desplazamiento	1236	t
Velocidad	13	kn
Pasajeros	399	
Tripulantes	7	

*Tabla 1-. Dimensiones principales.*

## 2. - Aceros

### 2.1.- Peso de acero

Para el cálculo del peso de los aceros, se utilizará el “Método de D.G.M. Watson” obtenido de (1).

Este método se basa en un numeral bidimensional  $E$  y un factor  $K$  dependiente del tipo de buque. La fórmula será la siguiente y se desglosará para obtenerla completa:

$$WST = K * E^{1,36} * (0,65 + 0,5 * Cbp)$$

Dónde:

$$E = L * (B + T) + 0,85 * L * (D - T) + 0,85 \sum l_1 h_1 + 0,75 \sum l_2 h_2$$

- $l_1$  y  $h_1$  son la eslora y altura de las superestructuras.

- $l_2$  y  $h_2$  son la eslora y altura de las casetas.

$Cbp$  es el coeficiente de bloque al 80% del puntal, puede calcularse conociendo el valor del coeficiente de bloque  $Cb$ , al calado  $T$ , mediante la siguiente fórmula:

$$Cbp = Cb + (1 - Cb) * (0,8 * D - T) / (3 * T)$$

El valor de  $K$  se ha obtenido de la tabla ofrecida por la publicación antes mencionada, el cual se podrá estimar una vez conocido el valor de  $E$ .

$$E = 61 * (17,8 + 3,07) + 0,85 * 61 * (4,73 - 3,07) + 0,85 * (0) + 0,75 * [(40 * 3) + (12 * 3)] = 1476,14$$

Caseta: 40 metros de eslora y 3 de puntal.

Puente de gobierno: 12 metros de eslora y 3 de puntal.

$$Cbp = 0,4 + (1 - 0,4) * (0,8 * 4,73 - 3,07) / (3 * 3,07) = 0,447$$

El valor de  $K$  se obtiene de la tabla 9.4.29 de la publicación (1) que resulta un valor de 0,022.

COEFICIENTE DE PESO ESTRUCTURAL

<u>Tipo de buque</u>	<u>Rango de K</u>	<u>Rango de E</u>
Petroleros	0.029 - 0.035	1500 - 40000
Quimiqueros	0.036 - 0.037	1900 - 2500
Graneleros	0.029 - 0.032	3000 - 15000
Portacontenedores	0.033 - 0.040	6000 - 13000
Cargueros	0.029 - 0.037	2000 - 7000
Frigoríficos	0.032 - 0.035	2000 - 5000
Cabotaje	0.027 - 0.032	1000 - 2000
De suministro a plat.	0.041 - 0.051	800 - 1300
Remolcadores	0.44	350 - 450
Arrastreros	0.041 - 0.042	250 - 1300
De investigación	0.045 - 0.046	1350 - 1500
Ferries	0.024 - 0.037	2000 - 5000
De Pasaje	0.037 - 0.038	5000 - 15000

*Figura 1.- Coeficientes de peso estructural.*

Por lo que el peso de aceros será:

$$PS = 0,022 * 1478,61^{1,36} * (0,65 + 0,5 * 0,447) = 392,37 \text{ toneladas}$$

Como el buque actuará en zona de hielo, se reforzará para ello, por lo que se incluirá un 2% más de acero:

$$392,37 * 0,02 = 7,85 \text{ t}$$

**2.2.- Centros de gravedad del acero**

A continuación, se estimará el centro de gravedad vertical se realizará a partir de la siguiente expresión:

$$KGS = 0,01 * D * \left( 46,6 + 0,135 * (0,81 - Cb) * \frac{L^2}{D^2} \right) + \left( \frac{L}{B} - 6,5 \right) * 0,008 * D$$

$$KGS = 0,01 * 4,73 * \left( 46,6 + 0,135 * (0,81 - 0,4) * \frac{61^2}{4,73^2} \right) + \left( \frac{61}{17,8} - 6,5 \right) * 0,008 * 4,73 = 2,52 \text{ m}$$

Con la siguiente corrección, debido a tener menos de 120 metros de eslora:

$$+0,001 * d * \left( 2 - \frac{L}{60} \right) = +0,001 * 4,73 * \left( 2 - \frac{61}{60} \right) = 0,005 \text{ m}$$

$$KGS \text{ corregido} = 2,52 \text{ m}$$

El valor del centro de gravedad longitudinal de la estructura será el obtenido en la mitad de la eslora entre perpendiculares, debido a que el buque es simétrico en cuanto a la estructura:

$$XGS = 0 \text{ m}$$

NOTA: Se toma como 0 la mitad del buque. Los valores positivos serán al moverse longitudinalmente hacia la proa y los negativos hacia la popa.

### **2.3.- Tecles**

#### *a) Peso Tecles*

$$PTM = 0,047 * L_{\text{cámara máquinas}} * B * 0,60 = 0,047 * 12 * 17,8 * 0,60 = 6,02 \text{ t}$$

Este valor está un poco sobredimensionado en cuanto a la eslora de cámara de máquinas, ya que se verá reducida por temas de estabilidad. Aun así, será necesario instalar tecles en la zona de los propulsores de proa y popa y en otros espacios.

#### *b) Centro de gravedad Tecles*

La disposición de los tecles será simétrica:

$$XGTM = 0 \text{ m}$$

El valor de la altura del centro de gravedad de los tecles se tomará al 86% del puntal de la cámara de máquinas y se le sumará la distancia del fondo a la cubierta de cámara de máquinas, siendo:

$$KGTM = 0,86 * 3,43 + 1,3 = 2,95 + 1,3 = 4,25 \text{ m}$$

### **2.4.-Tanques no estructurales**

#### *a) Peso de tanques no estructurales*

$$PTV = a + b * MCR = 1,2 + 0,009 * 2130 = 20,37 \text{ t}$$

MCR(motor generador) = 2130 kW (Valor obtenido del Cuaderno 6)

$$a = 1,2$$

$$b = 0,0009$$

*b) Centro de gravedad de tanques*

Se sitúan en la zona de popa de la cámara de máquinas:

$$X_{GTM} = -5 \text{ m}$$

$$K_{GTM} = 0,86 * 3,43 + 1,3 = 2,95 + 1,3 = 4,25 \text{ metros}$$

### **3.- Maquinaria**

El centro de gravedad vertical (KG) de la maquinaria se estimará con todas las partidas a la vez, al final de su enumeración, con una fórmula de la publicación (1). Para analizar el peso de la maquinaria se descompondrá en subgrupos:

#### **3.1.- Propulsión diésel eléctrica**

*a) Peso total de la maquinaria para propulsión diésel eléctrica*

$$PMR = 0,72 * (MCR)^{0,78} = 0,72 * 2130^{0,78} = 284,10 t$$

Los motores generadores, obtenidos del Cuaderno 1, pesarían:

$$PMotores generadores = 2 * 16,9 = 33,8 t$$

Los motores propulsores, obtenidos del Cuaderno 6, pesarían:

$$PMotores propulsores = 2 * 17,05 = 34,1 t$$

Estos valores son necesarios para la el cálculo de la resistencia longitudinal. En el Cuaderno 8, donde se lleva a cabo el cálculo, se restarían estos valores al peso de la maquinaria, para situarlo en sus puntos de aplicación.

*b) Centro de gravedad de la maquinaria propulsora*

El centro de gravedad longitudinal se tomará como la mitad de la cámara de máquinas, es decir, la mitad de Lpp; ya que los motores generadores se dispondrán con su centro de gravedad en 0 m y los motores propulsores están a la misma distancia del origen (25,5 m desde el centro del buque):

$$XGMaquinaria = 0 m$$

#### **3.2.- Hélices**

*a) Peso de las hélices*

El buque proyecto llevará dos hélices. Como no se sabe exactamente si serán de paso fijo o controlable, se suponen de paso controlable, ya que el peso es mayor.

El diámetro es de 1,8 metros, como ya se indicó en el estudio preliminar de potencia, para no tener problemas con el calado.

$$PH = 2 * 0,120 * D^3 = 2 * 0,120 * 1,8^3 = 1,40 t$$

*b) Centro de gravedad de las hélices*

Como existen dos hélices situadas, una proa y otra a popa, pero a la misma distancia del centro del buque (25,5 m), el centro de gravedad de ambas, será en el punto medio entre las dos:

$$XGH = 0 m$$

### **3.3.- Grupos generadores de emergencia**

*a) Peso de los grupos generadores de emergencia*

Se estima con la siguiente fórmula:

$$PGE = \frac{7,45 * (KVA - 30) + 765}{1000}$$

Los KVA del grupo generador se estimarán como 250, un valor bastante corriente para este tipo de generadores.

$$PGE = \frac{7,45 * (250 - 30) + 765}{1000} = 2,4 t$$

*b) Centro de gravedad longitudinal de los grupos generadores de emergencia*

Se toma de la disposición general:

$$XGGE = 7,5 m$$

### **3.4.- Instalación contra incendios en cámara de máquinas**

*a) Peso de la instalación contra incendios en cámara de máquinas*

$$\begin{aligned} PCICM &= 0,125 * (0,0046 * Pm + 0,0088 * L * B) \\ &= 0,125 * (0,0046 * 1800 + 0,0088 * 61 * 17,8) = 2,25 t \end{aligned}$$

$P_m = \text{Potencia de motores propulsores} = 1400 * 2 \text{ kW}$

*b) Centro de gravedad longitudinal de la instalación contra incendios*

Como la instalación contra incendios está repartida uniformemente por toda la cámara de máquinas, su XG estará en el medio de la misma:

$$X_{GCICM} = 0 \text{ m}$$

### **3.5.- Generador de agua dulce**

*a) Peso del generador de agua dulce*

C que es la capacidad en toneladas/día (se toman 100 litros por persona/día) resulta un valor de 40,6 toneladas.

$$\begin{aligned} PGAD &= 1,45 * (44,85 * c + 600,6) / 1000 \\ &= 1,45 * (44,85 * 40,6 + 600,6) / 1000 = 3,51 \text{ t} \end{aligned}$$

*b) Centro de gravedad del generador de agua dulce*

De la disposición general:

$$X_{GGAD} = 5 \text{ m}$$

### **3.6.- Instalación eléctrica**

*a) Peso de la instalación eléctrica*

$$PIE = l_c + \frac{P_m}{1000} = 28,40 + \frac{1840}{1000} = 31,19 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} L_c &= \text{Longitud cables} = 9,82 + 0,268 * L + 0,000597 * L^2 \\ &= 9,82 + 0,268 * 61 + 0,000597 * 61^2 = 28,40 \text{ t} \end{aligned}$$

$P_m = \text{Potencia de motores propulsores} = 1400 * 2 \text{ kW}$

*b) Centro de gravedad de la instalación eléctrica*

Se situará en el centro del buque debido a su simetría:

$$X_{GIE} = 0 \text{ m}$$

### **3.7.- Centro de gravedad vertical de la maquinaria**

La estimación del centro de gravedad vertical de la maquinaria se realizará de forma global, es decir, se estimará para todo el conjunto:

$$KGM = 0,17 * T + 0,36 * D = 0,17 * 3,07 + 0,36 * 4,73 = 2,23 \text{ metros}$$

Y sumándole la distancia entre el fondo y la cubierta:

$$KGM = 2,23 + 1,3 = 3,53 \text{ m}$$

## **4.- Equipos y armamento**

### **4.1.- Rampa de popa/proa**

#### *a) Peso de la rampa de popa/proa*

Se tiene una rampa en proa y otra en popa, iguales. Estas van retraídas sobre cubierta.

$$PRampa = [(0,17 + 0,075 * \ln(lrp)) * brp * lrp] = 14,54$$

$$Lrp = 5 \text{ m}$$

$$Brp = 10 \text{ m}$$

El buque proyecto consta de una en proa y otra en popa, iguales, por lo que el peso será:

$$PRampas = 29,07 \text{ t}$$

#### *b) Centro de gravedad de la rampa de popa/proa*

El centro de gravedad longitudinal vuelve a ser el centro del buque al haber una rampa a proa y otra a popa situadas a la misma distancia:

$$XGRampas = 0 \text{ m}$$

El KG de las rampas se supone como la mitad de su altura. Como se comentó anteriormente, las rampas tendrán una eslora de 5 metros, pero tienen una articulación intermedia que les permite que la altura máxima alcanzada cuando se recogen sea la mitad de la eslora. Por lo tanto, la altura será de 2,5 metros y su centro de gravedad estará a la mitad de esa altura.

$$KGRampas = 1,25 \text{ metros(sobre cubierta)} = 1,25 + 4,73 = 5,98 \text{ m}$$

### **4.2.- Equipos de amarre y fondeo**

#### *a) Peso de equipo de amarre y fondeo*

Este apartado se calcula a partir del numeral del equipo con la ayuda de la gráfica 9.5.5, ambos obtenidos de (1).

$$N = \text{Desplazamiento}^{\frac{2}{3}} + 2 * B * h + A/10$$

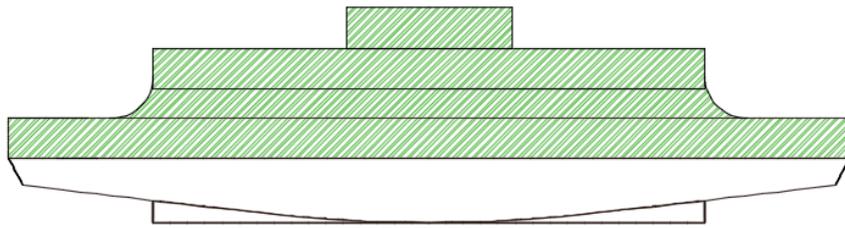
$$\text{-Desplazamiento} = 56,54 * 17,8 * 1 * 3,07 = 1235,87 \text{ t}$$

El área coloreada en verde es igual a 420,41 m<sup>2</sup> (se justifica en el Cuaderno 5) y para conseguir A, solo hace falta sumarle el área que hay desde el calado hasta la cubierta principal. Esto sería:

$$(D - T) * L = (4,73 - 3,07) * 61 = 101,26 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, A = 521,67 m<sup>2</sup>.

En cuanto a h, sería igual a 12,74 m menos 3,49 m (calado de verano).



*Figura 2.- Área lateral por encima de la cubierta.*

$$N = 1235,87^{\frac{2}{3}} + 2 * 17,8 * 9,25 + \frac{521,67}{10} = 497$$

Este numeral de equipo nos da un valor para el peso de equipo de amarre y fondeo de:

$$PAyF = 28 \text{ t}$$

Se dispondrán dos equipos de amarre y fondeo, uno a proa y otro a popa, por lo tanto:

$$PAyFTotal = 56 \text{ t}$$

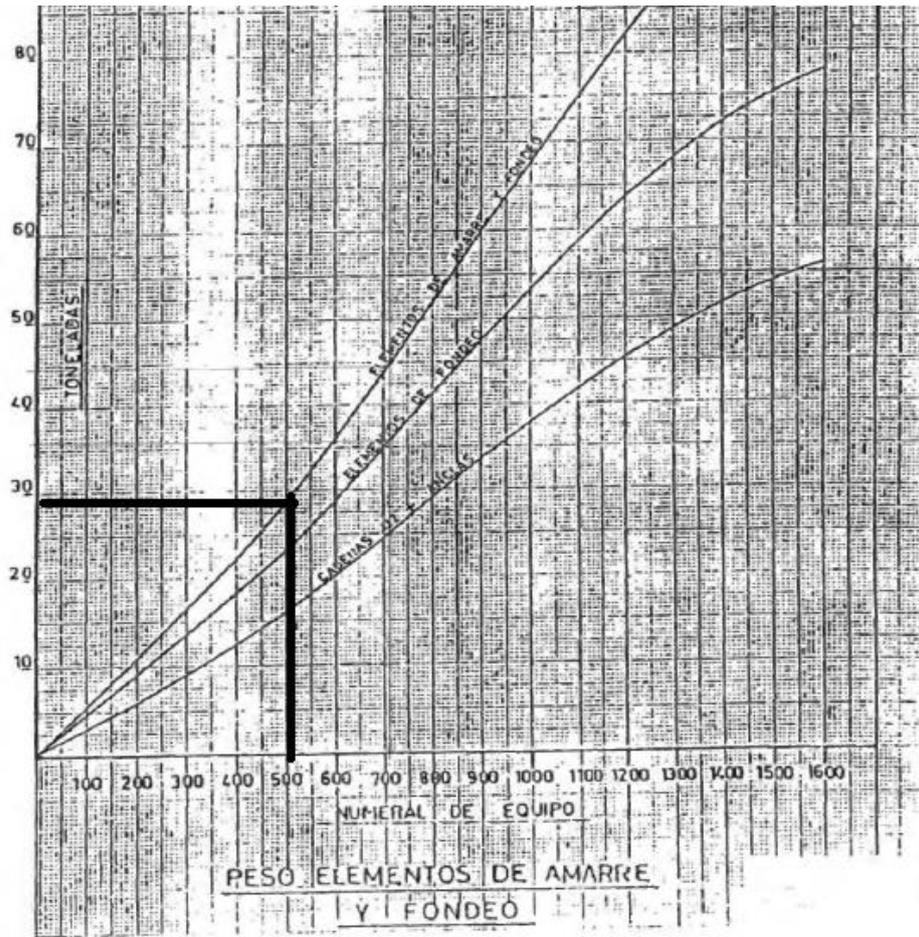


Fig. 9.5.5

Figura 3.- Gráfica de obtención de peso de elementos de amarre y fondeo.

b) Centro de gravedad del equipo de amarre y fondeo

Se estimará que el centro de gravedad se encuentra en el centro del buque:

$$XGAyF = 0 \text{ m}$$

El centro de gravedad vertical se situará a la altura de la cubierta principal:

$$KGAyF = 4,73 \text{ m}$$

**4.3.- Pintura y protección catódica**

a) Peso de la pintura y protección catódica

Peso de la pintura      Peso de aceros

0,008                      →      2000

0,006 → 12000

$$PPintura = 0,008 * 392 = 3,14 t$$

El peso de la protección catódica sería con la siguiente ecuación, ya que se desconoce el tipo de ánodos y el número de años (se utilizará zinc y 2 años):

$$PPC = 0,0008 * Sm = 0,0008 * 128,1 = 0,1 t$$

$$\text{Siendo } Sm = L * T * \frac{1,7+Cb}{T} = 61 * 3,07 * \frac{1,7+0,4}{3,07} = 128,1 m^2$$

*b) Centros de gravedad de la pintura y protección catódica*

El centro de gravedad vertical se estimará como el 15% del puntal por encima de la cubierta principal:

$$KGPintura = 0,15 * D + D = 5,44 m$$

El centro de gravedad longitudinal:

$$XGPintura = 0 m$$

Para la protección catódica se utilizarán los mismos centros de gravedad.

#### **4.4.- Equipo de navegación**

*a) Peso del equipo de navegación*

Como el peso de los equipos que forman este apartado es bastante reducido, se toma una aproximación de peso de equipos de navegación de:

$$PEqNav = 2 t$$

Como habrá que duplicar el equipo para poder trabajar en el sentido proa-popa y en el sentido popa-proa:

$$PEqNav = 4 t$$

*b) Centros de gravedad del equipo de navegación*

Como estos equipos se encuentran en el puente de gobierno y este se encuentra en el centro del buque, su centro de gravedad longitudinal será:

$$XGEqNav = 0 m$$

Su centro de gravedad vertical se situará un metro por encima de la cubierta del puente:

$$KGEqNav = 4,73 + 5 + 3 + 1 = 13,73 \text{ m}$$

#### **4.5.- Equipos de salvamento**

a) *Peso de los equipos de salvamento*

$$PEqSalv = 9,5 + (n - 35) * 0,1 = 9,5 + (406 - 35) * 0,1 = 46,6 \text{ t}$$

Siendo n el número de personas a bordo (399 pasajeros + 7 tripulantes).

b) *Centro de gravedad de los equipos de salvamento*

El centro de gravedad longitudinal será el centro del buque, ya que irán repartidos de forma simétrica por el buque. El grueso estará en la cubierta de pasajeros, por lo que se estimará que el centro de gravedad vertical estará un metro por encima de la cubierta de pasajeros.

$$KGEqSalv = 4,73 + 5 + 1 = 10,73 \text{ m}$$

$$XGEqSalv = 0 \text{ m}$$

#### **4.6.- Habitación**

a) *Peso de la habitación*

-Cubierta de pasajeros:  $40 * 17,8 = 712 \text{ m}^2$

·Sala (con sillas para pasajeros):  $30 * 13,8 = 414 \text{ m}^2$

\*Techos =  $414 \text{ m}^2$

\*Pavimentos =  $414 \text{ m}^2$

\*Subpavimentos =  $414 \text{ m}^2$

\*Oficio =  $414 \text{ m}^2$

·Zona descanso tripulantes:  $5 * 9,8 = 49 \text{ m}^2$

\*Techos =  $49 \text{ m}^2$

\*Pavimentos =  $49 \text{ m}^2$

\*Subpavimentos =  $49 \text{ m}^2$

\*Salones =  $49 \text{ m}^2$

·Aseos:  $5 \cdot 11,8 = 59 \text{ m}^2$

\*Caballeros (con aseo adaptado para discapacitados) =  $29,5 \text{ m}^2$

\*Señoras (con aseo adaptado para discapacitados) =  $29,5 \text{ m}^2$

\*Techos =  $59 \text{ m}^2$

\*Pavimentos =  $59 \text{ m}^2$

\*Subpavimentos =  $59 \text{ m}^2$

\*Aseos =  $59 \text{ m}^2$

·Pasillos (zona de la cubierta de pasajeros al aire libre) =  $160 \text{ m}^2$

\*Pavimentos =  $160 \text{ m}^2$

\*Subpavimentos =  $160 \text{ m}^2$

\*Pasillo =  $160 \text{ m}^2$

·Armarios genéricos =  $29 \text{ m}^2$

\*Techos =  $29 \text{ m}^2$

\*Pavimentos =  $29 \text{ m}^2$

\*Subpavimentos =  $29 \text{ m}^2$

-Cubierta del puente:  $12 \cdot 12 = 144 \text{ m}^2$

\*Techos =  $144 \text{ m}^2$

\*Pavimentos =  $144 \text{ m}^2$

\*Subpavimentos =  $144 \text{ m}^2$

\*Oficio =  $144 \text{ m}^2$

Si se suman todos los metros analizados, se puede comprobar que faltan dos metros cuadrados, esto es debido a la salida de humos de la chimenea que ocupa un metro cuadrado a cada banda.

El peso por metro cuadrado estará diferenciado dependiendo en que parte de la habilitación se calcule. Los valores estimados se obtienen de (1):

-Aseo público: 200 kg/m<sup>2</sup>

-Salones: 120 kg/m<sup>2</sup>

-Pavimento: 4 kg/m<sup>2</sup>

-Techos: 17 kg/m<sup>2</sup>

-Subpavimento: 28 kg/m<sup>2</sup>

-Pasillo: 80 kg/m<sup>2</sup>

-Oficio: 200 kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Peso total} &= \text{Cubierta del puente} + \text{Cubierta de pasajeros} \\
 &= (144 * 28 + 144 * 4 + 144 * 17 + 144 * 200) \\
 &+ (414 * 17 + 414 * 4 + 414 * 28 + 414 * 120) \\
 &+ (49 * 17 + 49 * 4 + 49 * 28 + 49 * 120) \\
 &+ (59 * 17 + 59 * 4 + 59 * 28 + 59 * 200) \\
 &+ (160 * 28 + 160 * 4 + 160 * 80) + (29 * 28 + 29 * 4 + 29 * 17) \\
 &= 148086 \text{ kg} = 148,09 \text{ t}
 \end{aligned}$$

#### b) Centro de gravedad de la habilitación

El centro de gravedad se calculará como sigue:

Puente: 35,86 t; XG = 0 m; KG = 14,23 m

Zona pasajeros: 69,97 t, XG = 0 m; KG = 11,23 m

Zona tripulación: 8,28 t; XG = -17,50 m; KG = 11,23 m

Aseo: 14,69 t; XG = 17,50 m, KG = 11,23 m

Pasillos: 17,92 t; XG = 0 m; KG = 11,23 m

Armarios: 1,42 t; XG = -6,64 m; KG = 11,23 m

Para los KG se toman la mitad de la altura para cada cubierta. No es un valor exacto, ya que la mayor parte del peso está en el suelo de la cubierta, pero no sería una mala suposición, ya que en ningún caso sería un valor favorable.

Los XG se miden en la disposición general del Cuaderno 7.

Para calcular el KG y el XG finales se multiplican cada peso por su KG y XG, en cada caso, y se dividen entre el peso total de la habilitación.

$$XGHabilitación = 0,58 m$$

$$KGHabilitación = 11,95 m$$

#### **4.7.- Aire acondicionado**

a) *Peso del aire acondicionado*

$$PAireA = 0,020 * Sh = 0,020 * (667) = 13,34 t$$

$$\begin{aligned} Sh &= \text{superficie habilitación} \\ &= \text{cubierta puente} \\ &+ (\text{cubierta de pasajeros} - \text{zona de pasillos al aire libre} \\ &- \text{armarios}) = 144 + (712 - 160 - 29) = 667 m^2 \end{aligned}$$

b) *Centros de gravedad del aire acondicionado*

Se considerará el mismo que el de la habilitación:

$$XGAireA = 0,58 m$$

$$KGAireA = 11,95 m$$

#### **4.8.- Tuberías y bombas**

a) *Peso de tuberías y bombas*

$$PTyB = 0,0047 * L * RAIZ(L) * B$$

$$PTyB = 0,0047 * 61 * RAIZ(61) * 17,8 = 39,86 t$$

b) *Centro de gravedad de tuberías y bombas*

Como el barco es simétrico, se supone que las tuberías y bombas se distribuyen de manera uniforme por el buque:

$$XGTyB = 0 m$$

El centro de gravedad vertical se estimará al 90% del puntal:

$$KGTyB = 0,9 * D = 0,9 * 4,73 = 4,25 \text{ m}$$

#### **4.9.- Chimenea**

a) *Peso del equipo de la chimenea*

$$PChimenea = 0,0034 * L * B = 0,0034 * 61 * 17,8 = 3,69 \text{ t}$$

b) *Centro de gravedad del equipo de la chimenea*

Como la chimenea se sitúa una a cada costado, en el centro del buque, el centro de gravedad longitudinal será:

$$XGChimeneas = 0 \text{ m}$$

El centro de gravedad vertical será la mitad del puntal a la cubierta del puente, ya que las chimeneas van desde la cámara de máquinas hasta la cubierta del puente:

$$KGChimeneas = 6,43 \text{ m}$$

#### **4.10.- Instalación contra incendios para carga**

a) *Peso instalación contra incendios para carga*

Para la carga se dispondrá de un número de mangueras suficiente para abarcar toda la eslora de la cubierta de carga. Se estimará como 2 toneladas.

b) *Centro de gravedad instalación contra incendios para carga*

Como la carga se distribuye igual por todo el espacio, su centro de gravedad longitudinal será:

$$XGCICarga = 0 \text{ m}$$

El centro de gravedad vertical se dispondrá a 1,5 metros sobre la cubierta principal, debido a que el tamaño de las mangueras es considerable:

$$KGCICarga = 1,5 + 4,73 = 6,23 \text{ m}$$

## 5.- Obtención del peso en rosca

	Peso	XG	KG	XG*Peso	KG*Peso	Nº Ref Croquis
Aceros	392,37	0,00	2,52	0,00	988,77	1
Reforzado por hielo	7,85	0,00	2,52	0,00	19,78	1
Tecles	6,02	0,00	4,25	0,00	25,59	2
Tanques no estructurales	20,37	-5,00	4,25	-101,85	86,57	3
Motores propulsores	34,10	0,00	3,53	0,00	120,37	4
Motores generadores	33,80	0,00	3,53	0,00	119,31	5
diesel electrico	216,20	0,00	3,53	0,00	763,19	6
Hélices	1,40	0,00	3,53	0,00	4,94	7
Grupos generadores emergencia	2,40	7,50	3,53	18,00	8,47	8
C.I. Cámara de máquinas	2,25	0,00	3,53	0,00	7,94	9
Generador agua dulce	3,51	5,00	3,53	17,55	12,39	10
Instalación eléctrica	28,40	0,00	3,53	0,00	100,25	11
Rampas de popa/proa	29,07	0,00	5,98	0,00	173,84	12
Amarre y fondeo	56,00	0,00	4,73	0,00	264,88	13
Pintura y protección catódica	3,14	0,00	5,44	0,00	17,08	14
Equipo de navegación	4,00	0,00	13,73	0,00	54,92	15
Equipos de salvamento	46,60	0,00	11,73	0,00	546,62	16
Habilitación	148,09	0,58	11,95	85,89	1769,68	17
Aire acondicionado	13,34	0,58	11,95	7,74	159,41	17
Tuberías y bombas	39,86	0,00	4,25	0,00	169,41	18
Chimenea	3,69	0,00	6,43	0,00	23,73	19
C.I. para carga(mangueras)	2,00	0,00	4,73	0,00	9,46	20,00
TOTAL	1094,46			0,02	4,98	
Margen	54,72	1,00	0,50	-0,48 ; 0,52	4,69 ; 5,23	
TOTAL CON MARGEN	1149,18					

Tabla 2.- Peso en rosca.

Es necesario comentar, que los valores de los márgenes del KG y del XG, son 0,5 metros y 1 metro respectivamente, según (1).

Con el peso en rosca calculado, se puede calcular el calado en una futurible situación de mínima carga:

$$\Delta = \text{Peso en rosca}$$

$$\Delta = \rho * Lpp * B * Tnuevo * Cb$$

$$Tnuevo = \frac{\Delta}{\rho * Lpp * B * Cb} = \frac{1149,18}{1 * 56,54 * 17,8 * 0,400} = 2,85 \text{ m}$$

También se podrá calcular el calado en la condición de carga máxima, utilizando los valores de Carga útil y de Consumos del Cuaderno 1:

$$\begin{aligned} \text{Peso muerto} &= \text{Carga Útil} + \text{Consumos} \\ &= (256,6) + (2,19 + 15,68 + 0,56 + 0,05 + 40,6) = 256,6 + 59,08 \\ &= 315,68 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\Delta = \text{Peso en rosca} + \text{Peso muerto} = 1149,18 + 315,68 = 1464,86$$

$$\Delta = \rho * Lpp * B * Tnuevo * Cb$$

$$Tnuevo = \frac{\Delta}{\rho * Lpp * B * Cb} = \frac{1474,82}{1 * 56,54 * 17,8 * 0,4} = 3,63 \text{ m}$$

Cabe destacar que estos calados son aproximados, ya que los calados reales se calculan con los valores de eslora en la flotación y manga en la flotación, los cuales aún no se han obtenido. Los calados definitivos se obtendrán en el Cuaderno 5 con las condiciones de carga.

Como Anexo I se adjuntan el croquis en el que se muestran los valores de las diferentes partidas de pesos. La línea amarilla marca el calado de diseño. Cabe destacar que a los equipos que pertenecen al apartado de *Maquinaria* se les ha situado al KG calculado para la maquinaria en conjunto.

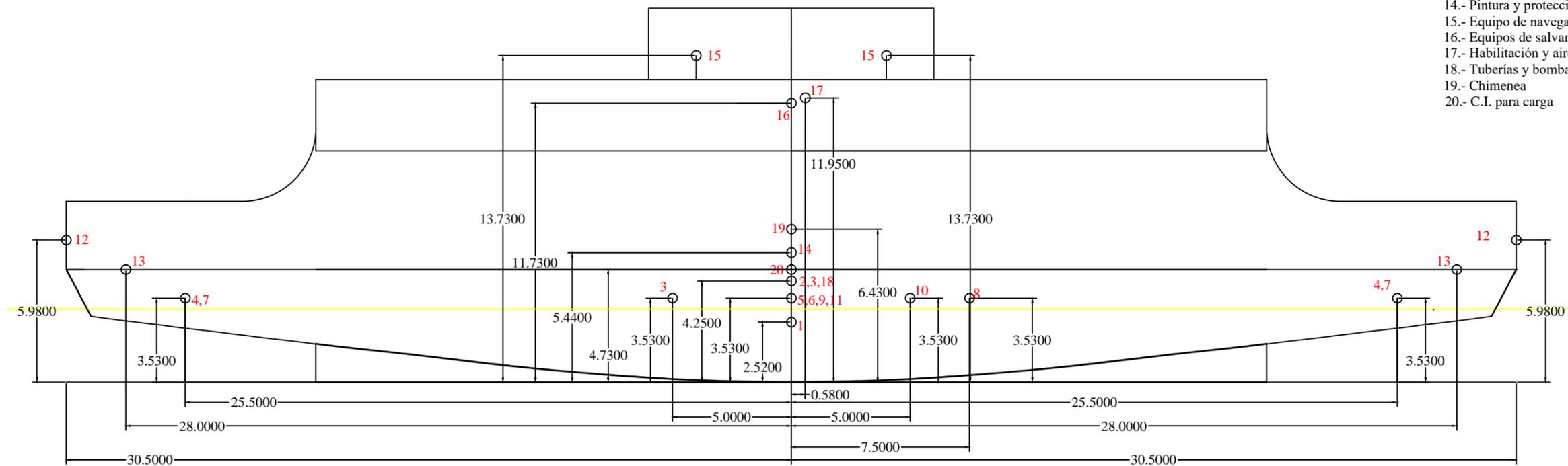
## **6.- Bibliografía**

1. Fernando Junco Ocampo. Proyectos de buques y Artefactos.

## Anexo I. Croquis de pesos

Leyenda:

- 1.- Peso de aceros y reforzado por hielo
- 2.- Teclas
- 3.- Tanques no estructurales
- 4.- Motores propulsores
- 5.- Motores generadores
- 6.- Diésel eléctrico
- 7.- Hélices
- 8.- Grupos generadores de emergencia
- 9.- C.I. cámara de máquinas
- 10.- Generador de agua dulce
- 11.- Instalación eléctrica
- 12.- Rampas de proa/popa
- 13.- Amarre y fondeo
- 14.- Pintura y protección catódica
- 15.- Equipo de navegación
- 16.- Equipos de salvamento
- 17.- Habitación y aire acondicionado
- 18.- Tuberías y bombas
- 19.- Chimenea
- 20.- C.I. para carga



Autor: Manuel Fraga Seoane	Plano: Croquis de pesos
Proyecto: Ferry para navegación en Lago Ontario (Código 15-05)	Escala: 1:200