



# LNG TANKER 160000m<sup>3</sup> NÚMERO 17-05

---

**AUTORA: CARMEN SEOANE FERNÁNDEZ**  
**TUTOR: VICENTE DÍAZ CASÁS**

---

## CUADERNO 2

CÁLCULO DE PESOS Y CENTRO DE GRAVEDAD DEL PESO EN ROSCA.





**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*CURSO 2.017-2018*

**PROYECTO NÚMERO 17-05**

**TIPO DE BUQUE:** LNG carrier.

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** Bureau Veritas, SOLAS, MARPOL, CIG.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 160.000 m<sup>3</sup>

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 19.5 knots a velocidad de servicio, al 85% MCR + 15% MM y 5000 millas de autonomía.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** bombas de carga y de vapor habituales en buques de este tipo.

**PROPULSIÓN:** dual-fuel diesel-electric (DFDE)

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** capacidad para 40 tripulantes en camarotes dobles e individuales.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 18 Setiembre 2017

ALUMNA: D<sup>a</sup> Carmen Seoane Fernández

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. PESO DE ACERO ESTRUCTURAL.....	5
2.1 FÓRMULA MATEMÁTICA.....	6
2.3 MÉTODO DE WATSON.....	7
2.4 MÉTODO OSORIO.....	8
2.5 RESULTADO PESO ACERO ESTRUCTURAL.....	8
2.6 POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL PESO DE ACERO ESTRUCTURAL.....	9
3. PESOS ARMAMENTO.....	9
3.1 PESO DEL GRUPO DE EMERGENCIA.....	10
3.2 PESO DEL EQUIPO DE SALVAMENTO.....	10
3.3 PESO DEL EQUIPO CONTRA INCENDIOS.....	11
3.4 PESO DEL EQUIPO DE GOBIERNO.....	11
3.5 PESO DEL EQUIPO DE NAVEGACIÓN.....	11
3.6 PESO DE LA HÉLICE.....	12
3.7 PESO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	12
3.8 PESO DEL EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO.....	13
3.9 PESO DEL EQUIPO DE LA CHIMENEA.....	15
3.10 PESO DE LOS TECLES DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.....	15
3.11 PESO PUERTAS DE ACERO.....	16
3.12 PESO DE PORTILLOS Y VENTANAS.....	16
3.13 PESO DE ESCALERAS EXTERIORES.....	16
3.14 PESO DE AMURADA.....	17
3.15 PESO DE LA ESCALA REAL Y PLANCHADA.....	17
3.16 PESO DE LOS EQUIPOS DE CARGA Y DE LOS TANQUES.....	18
3.17 PESO DE LA HABILITACIÓN.....	19
3.18 POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL ARMAMENTO.....	20
4. PESO MAQUINARIA.....	21
4.1 PESO MAQUINARIA EN CÁMARA DE MÁQUINAS.....	21
4.2 PESO DE MAQUINARIA RESTANTE.....	21
4.2.1 PESO DE TUBERÍAS Y BOMBAS.....	21
4.2.2 PESO DE LINEA DE EJES FUERA DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.....	23
4.3 POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA.....	24
5. RESULTADOS PESO EN ROSCA.....	25
6. DISPOSICIÓN PESOS EN ROSCA.....	26
6.1 DISPOSICIÓN DEL DESGLOSE DEL PESO EN ROSCA.....	26
7. COMPROBACIÓN PESO MUERTO.....	28

BIBLIOGRAFÍA .....	30
ANEXO I DATOS MOTORES GENERADORES .....	31
ANEXO II DATOS CÁDIZ KNUTSEN .....	32

## 1. INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno se desglosará de una forma detallada los diferentes pesos en rosca del buque así como sus centros de gravedad con el objetivo de conocer la posición del centro de gravedad. En el cuaderno 1 se calculó los pesos que dependían de las dimensiones del buque para conseguir el coste de construcción mínimo. En este punto, y con las dimensiones fijadas, podremos calcular de forma más detallada estos pesos. A continuación se recuerdan datos del buque proyecto.

Lpp (m)	271,3
B (m)	45,4
D (m)	26,4
T (m)	12,3
$\Delta$ (t)	119484,5
LBD (m <sup>3</sup> )	324.682,40
Cb	0,767
Cm	0,992
Cp	0,774
V (kn)	19,5

**Tabla 1 Datos buque proyecto**

Se considerará las siguientes partidas para el cálculo del peso en rosca:

- PESO ACERO ESTRUCTURAL
- PESO ARMAMENTO (EQUIPOS + HABILITACIÓN)
- PESO MAQUINARIA

## 2. PESO DE ACERO ESTRUCTURAL.

Se utilizarán diferentes fórmulas y se hará una media de los valores obtenidos.

## 2.1 FÓRMULA MATEMÁTICA.

Esta forma es la utilizada en el cuaderno 1:

$$PS = L^{1.5} * B^1 * D^{0.5} * k$$

$$PS = 271.3^{1.5} * 45.4 * 26.4^{0.5} * 0.03$$

$$PS = 31.242,70 t$$

Siendo k una constante que indica las toneladas por metro cúbico.

## 2.2 MÉTODO SV.AA HARVALD Y J.JUNCHER.

$$PS = C_s * (L * B * D + Sup)$$

Siendo,

$$C_s = 0.0644 + 0.064 * e^{(-0.5*u - 0.1*u^{2.45})}$$

$$u = \log \frac{\Delta}{100}$$

$$Sup = 0.8 * B * (1.45 * L - 11)$$

Se obtiene un resultado de:  $PS = 22.770,99 t$ .

## 2.3 MÉTODO DE WATSON.

$$W_{ST} = K * E^{1.36} * (1 + 0.5 * (C_{bD} - 0.7))$$

Siendo  $C_{bD}$  el coeficiente de bloque al 80 % de puntal,  $E$  antiguo numeral de equipo y  $k$  una constante que depende del tipo de buque. A continuación se muestra los cálculos de estas variables. Se recuerda que en el punto 1 se muestra el resumen de las dimensiones del buque.

$$C_{bD} = C_b + (1 - C_b) * \frac{0.8 * D - T}{3 * T}$$

$$C_{bD} = 0,805$$

$$E = L * (B + T) + 0.85 * L * (D - T) + 0.85 * \sum l_s * h_s + 0.75 * \sum l_c * h_c$$

El primer sumando indica la longitud y altura de la superestructura y el segundo hace referencia a la longitud y altura de las casetas. Se considerará una caseta en cubierta que contiene bombas y motores para la carga y descarga del gas. Los datos se han tomado del buque base Barcelona Knutsen.

$$l_s = 16,5 \text{ m}$$

$$h_s = 17,7 \text{ m}$$

$$l_c = 27,6 \text{ m}$$

$$h_c = 5,4 \text{ m}$$

Se obtiene un valor de numeral,  $E = 19.255,74$

Para obtener el valor de  $k$  se utilizarán tablas de valores medios obtenidos del libro "Proyecto de buques y artefactos", se tomará el valor para buques de carga general  $k=0.0335$  debido a la falta de un valor para buques que transporten gases licuados.

El peso del acero estructural mediante el método de Watson toma el valor:

$$W_{ST} = 23.677,65 \text{ t}$$

## 2.4 MÉTODO OSORIO.

$$W_{ST} = \frac{L}{10}^{1.3760} * \frac{(B * D)^{0.7449}}{100} * (0.0542 - 0.0017 * C_b) * 1000$$

$$W_{ST} = 31.560,63 t$$

## 2.5 RESULTADO PESO ACERO ESTRUCTURAL.

A continuación se muestra en una tabla los valores obtenidos y el resultado medio que será el que tomaremos como válido.

PESO ACERO ESTRUCTURAL (t)	
FORMULACIÓN	31242,70
HARVALD	22770,99
WATSON	23677,65
OSORIO	31560,63
VALOR MEDIO	27002,48

**Tabla 2 Resultado peso acero estructural**

$$W_{ST} = 27.002,48 t$$

## 2.6 POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL PESO DE ACERO ESTRUCTURAL.

Se recuerda que los cálculos de este cuaderno se basan en el libro “Proyecto de buques y artefactos”. Se calculará la abscisa XG y KG, ya que el buque es simétrico babor-estribor y por tanto la coordenada YG quedará en crujía.

Se utilizará una fórmula para buques graneleros al ser el más parecido al buque proyecto dentro de las fórmulas que aparecen.

$$XG = 0,482 * L + 0,12$$

$$XG = 140,88 \text{ m}$$

$$KG = 0,416 * D + 1.73$$

$$KG = 12,70 \text{ m}$$

PARTIDA	PESO (t)	XG (m)	KG (m)
PESO ESTRUCTURA	27002,48	140,88	12,70

**Tabla 3 Peso acero estructural**

## 3. PESOS ARMAMENTO.

Se calcularán a partir de formulación empírica obtenida en el libro “Proyecto de buques y artefactos” y “Proyecto básico del buque mercante”. Se dividirá en diferentes partidas.

Se estimará la posición del centro de gravedad según la ubicación en el buque base.

### 3.1 PESO DEL GRUPO DE EMERGENCIA.

Tomaremos como potencia necesaria para el grupo de emergencia la obtenida a partir del buque base, 850 kW. El peso puede aproximarse a:

$$P_{GE} = \frac{7,45 * (KVA - 30) + 765}{1000} = 6,87 t$$

El centro de gravedad se considerará:

$$XG = 18 m$$

$$KG = 28,50 m$$

### 3.2 PESO DEL EQUIPO DE SALVAMENTO.

Se tendrá en cuenta que habrá 40 tripulantes y espacio para 6 personas externas que pudieran permanecer en el buque, y un incremento en el peso debido a que los botes salvavidas serán cerrados de 3,5 t.

$$P_L = 9.5 + (n - 35) * 0.1 + 3.5$$

Siendo n el número de tripulantes, si fuese menor de 35 se considerará n=35. Para este buque será igual a 46.

$$P_L = 14,10 t$$

El centro de gravedad se tomará:

$$XG = 45 m$$

$$KG = 27 m$$

### 3.3 PESO DEL EQUIPO CONTRAINCENDIOS.

Se calculará en función del volumen de la cámara de máquinas. Este volumen se ha calculado a partir del buque base, obteniéndose un valor de 33.454,1 m<sup>3</sup>.

$$P_l = 0,0025 * V_{cm} + 1$$

$$P_l = 84,64 t$$

El centro de gravedad se considerará:

$$XG = 45 m$$

$$KG = 27 m$$

### 3.4 PESO DEL EQUIPO DE GOBIERNO.

Se considerará área del timón, A la obtenida a partir del buque base 40,1 m<sup>2</sup> y V la velocidad de servicio 19,5 nudos.

$$P_G = 0,0224 * A * V^{2/3} + 2$$

$$P_G = 8,51 t$$

Se considerará el centro de gravedad teniendo en cuenta el diámetro de la mecha:

$$XG = -1,2 m$$

$$KG = 6 m$$

### 3.5 PESO DEL EQUIPO DE NAVEGACIÓN.

Para este cálculo no hay formulación y se estimará 2 toneladas, dato tomado de "Proyecto de buques y artefactos"

$$P_n = 2 t$$

Se considerará el centro de gravedad:

$$XG = 35,4 m$$

$$KG = 40,5 m$$

### 3.6 PESO DE LA HÉLICE.

El buque tendrá una hélice y se tomará de 9 metros de diámetro.

$$P_H = 0,080 * D^3$$

$$P_H = 58,32 t$$

Se considerará el centro de gravedad:

$$XG = 4,5 m$$

$$KG = 3,9 m$$

### 3.7 PESO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Se necesita saber el peso de los motores generadores. Tomaremos como referencia los del buque base ya que en esta fase aun no sabemos la demanda de potencia que necesita el buque, únicamente conocemos la potencia que demanda la hélice.

El Barcelona Knutsen lleva cuatro motores generadores:

- 2 motores 12V50DF con un peso total de 350 t.
- 2 motores 16V50DF con un peso total de 440 t.

En el anexo I se puede consultar las fichas de dichos motores.

$$P_M = 790 t$$

Se considerará el peso de la instalación eléctrica como:

$$P_{IE} = L_C + \frac{P_M}{1000}$$

Siendo la longitud de los cables en función de la eslora:

$$L_C = 10,82 + 0,268 * L + 0,000597 * L^2 = 127,46 km$$

Por tanto el peso de la instalación eléctrica será:  $P_{IE} = 128,12 t$

Se considerará el centro de gravedad en la sala de cables del buque:

$$XG = 39 m$$

$$KG = 34,5 m$$

### 3.8 PESO DEL EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO.

En esta etapa del proyecto no están definidos los parámetros para calcular de manera correcta el numeral de equipo pero se hará una aproximación.

$$NE = \Delta^{2/3} + 2 * B * H + \frac{A_p}{10}$$

Siendo,

- $\Delta$  el desplazamiento calculado en el cuaderno 1.  $\Delta = 119.484,49 t$
- B la manga del buque.  $B = 45,4 m$
- H la altura total desde el calado de verano hasta la altura de las casetas superiores a B/4. Se considerará la altura del buque base.

$$H = 33 - 12,3 = 20,7 m$$

- $A_p$  el área del perfil del buque, como aproximación se tomará la eslora entre perpendiculares por el francobordo obtenido en el cuaderno 1.

$$A_p = 271,3 * 6,612 = 1794 m^2$$

El numeral de equipo resulta  $NE = 4500$

Este resultado puede comprobarse utilizando la tabla 9.5.9 del libro “Proyecto de buques y artefactos”. Para utilizar la gráfica se considerará el peso muerto del buque ya que no hay curva para buques gaseros. En el cuaderno 1 se aproximó un valor de DWT= 82.000 t. Con este valor se corta la curva de petroleros y se obtiene un numeral de equipo de 4000, un valor similar al obtenido por la fórmula. El valor del peso de amarre y fondeo se estimará a partir de la tabla 9.5.6 y utilizando el numeral de equipo calculado.

$$P_{AF} = 350 \text{ t}$$

El centro de gravedad del equipo de amarre y fondeo se debe distribuir en dos partes si consideramos XG:

- El 80% a proa distribuido en una longitud de  $0,02 \cdot L$ . Se tomará centrado en crujía a  $0,0035 \cdot L$  a popa de la perpendicular de proa.

$$P_{PROA} = 0,80 * 350 = 280 \text{ t}$$

$$XG_{PROA} = 271,3 - 0,0035 * 271,3 = 270,3$$

- El 20% a popa, distribuido en una longitud de  $0,02 \cdot L$ . Se tomará centrado en crujía y en la perpendicular de popa.

$$P_{PROA} = 0,20 * 350 = 70 \text{ t}$$

$$XG_{POPA} = 0 \text{ m}$$

Se muestra a continuación una tabla para visualizar el centro de gravedad longitudinal del equipo de amarre y fondeo.

	PESO (t)	XG (m)	M
PESO PROA	280	270,35	75698,13
PESO POPA	70	0	0
TOTAL	350	216,28	75698,13

**Tabla 4 Peso equipo amarre y fondeo**

Su coordenada longitudinal por tanto será:

$$XG = 216,28 \text{ m}$$

La coordenada vertical KG se considerará a 1 metro de la cubierta principal del buque.

$$KG = 27,4 \text{ m}$$

### 3.9 PESO DEL EQUIPO DE LA CHIMENEA.

Se utilizará la siguiente expresión:

$$P_{EF} = 0,0034 * L * B$$

$$P_{EF} = 41,87 \text{ t}$$

Se considerará el centro de gravedad:

$$XG = 19,2 \text{ m}$$

$$KG = 40,5 \text{ m}$$

### 3.10 PESO DE LOS TECLES DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.

$$P_{TM} = 0,047 * L_M * B * 0,60$$

Siendo la eslora de la cámara de máquinas la obtenida del buque base  $L_M = 36,3 \text{ m}$  y B la manga del buque proyecto.

$$P_{TM} = 46,46 \text{ t}$$

Se considerará el centro de gravedad:

$$XG = 18 \text{ m}$$

$$KG = 16 \text{ m}$$

### 3.11 PESO PUERTAS DE ACERO.

$$P_{PA} = 0,56 * (NH + 1)$$

Siendo NH el número de cubiertas de alojamiento, en este caso se toma como dato 3 cubiertas de alojamientos.

$$P_{PA} = 2,24 t$$

Para este valor no se tendrá en cuenta su centro de gravedad debido a la poca influencia en el centro de gravedad del buque.

### 3.12 PESO DE PORTILLOS Y VENTANAS.

$$P_{PV} = 0,12 * N$$

Siendo N el número de tripulantes, 40.

$$P_{PV} = 4,80 t$$

Para este valor no se tendrá en cuenta su centro de gravedad debido a la poca influencia en el centro de gravedad del buque.

### 3.13 PESO DE ESCALERAS EXTERIORES.

$$P_{EE} = 0,8 * NH + 0,6$$

Siendo NH el número de cubiertas de alojamiento, 3.

$$P_{EE} = 3 t$$

Para este valor no se tendrá en cuenta su centro de gravedad debido a la poca influencia en el centro de gravedad del buque.

### 3.14 PESO DE AMURADA.

$$P_A = 0,245 * (NH + 2)$$

Se considerará que el buque lleva amurada en la cubierta superior.

$$P_A = 1,23 t$$

Para este valor no se tendrá en cuenta su centro de gravedad debido a la poca influencia en el centro de gravedad del buque.

### 3.15 PESO DE LA ESCALA REAL Y PLANCHADA.

$$P_{EP} = P_E + P_P = 0,15 * ES + 0,30 * (D - 0,6 * T)$$

Siendo ES la longitud de la escala real del buque base, se tomará 21 metros.

D y T son el puntal y el calado del buque proyecto, 26,4 m y 12,3 m respectivamente.

$$P_{EP} = 7,38 t$$

Se tomará el centro de gravedad:

$$XG = 81 m$$

$$KG = 16,2 m$$

### 3.16 PESO DE LOS EQUIPOS DE CARGA Y DE LOS TANQUES.

No hay formulación para estimar este peso y se desconoce el peso del buque base con respecto a este apartado. Por tanto, se utilizará el peso de los equipos del buque Cádiz Knutsen, en el anexo II se puede ver los datos.

$$P_T = 3.910 t$$

Se tomará el centro de gravedad:

$$XG = 149,5 m$$

$$KG = 29 m$$

### 3.17 PESO DE LA HABILITACIÓN.

Se tomará de referencia “Proyecto de Buques y Artefactos” y “Proyecto Básico del Buque Mercante” para el cálculo del peso por metro cuadrado y a partir del buque base se ha calculado los metros cuadrados de cada estancia.

DESGLOSE	Nº	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	kg
CAMAROTE OFICIAL	9	135	32,40	4374
CAMAROTE TRIPULACIÓN	31	160	11,34	1814
COMEDORES	2	120	42,80	5136
SALONES	2	120	39,80	4776
PASILLOS	14	80	31,00	2480
ASEO INDIVIDUAL	40	250	2,20	550
ASEO PÚBLICO	4	200	1,80	360
COCINA	1	200	51,30	10260
GAMBUZA SECA	1	60	6,30	378
GAMBUZA FRIGORÍFICA	1	190	45,40	8626
SERVICIO LAVANDERÍA	3	150	13,50	2025
HOSPITAL	1	300	11,70	3510
GIMNASIO	1	500	31,50	15750
VESTUARIOS	2	200	12,60	2520
CONTROL DE CARGA	1	300	59,90	17970
PAÑALES	3	80	29,70	2376
OFICINAS	2	12	17,64	212
SALA DE REUNIONES	3	34	40,51	1377
PUENTE	1	300	184,30	55290
TOTAL				139.784

**Tabla 5 Desglose habitación**

Se considerará el centro de gravedad del conjunto de estas partidas en el centro de la habitación:

$$XG = 38,6 \text{ m}$$

$$KG = 35,7 \text{ m}$$

### 3.18 POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL ARMAMENTO.

Se presenta una tabla con los resultados del centro de gravedad KG y XG así como de los momentos que provocan.

PARTIDA	PESO (t)	XG (m)	KG (m)	M LONG	M VERT
PESO ESTRUCTURA	27002,48	140,88	12,70	3804109,38	342931,50
<b>PESO ARMAMENTO</b>					
PESO GRUPO EMERGENCIA	6,87	18	28,5	123,73	195,91
PESO EQUIPO SALVAMENTO	14,10	45	27	634,50	380,70
PESO EQUIPO CONTRAINCENDIOS	84,64	45	27	3808,59	2285,15
PESO EQUIPO DE GOBIERNO	8,51	-1,2	6	-10,21	51,05
PESO EQUIPO NAVEGACIÓN	2,00	35,4	40,5	70,80	81,00
PESO HÉLICE	58,32	4,5	3,9	262,44	227,45
PESO INSTALACIÓN ELÉCTRICA	128,12	39	34,5	4996,72	4420,17
PESO AMARRE Y FONDEO	350,00	216,28	27,4	75698,00	9590,00
PESO EQUIPO CHIMENEA	41,87	19,2	40,5	803,82	1695,56
PESO TECLAS CÁMARA DE MÁQUINAS	46,46	18	16	836,35	743,42
PESO PUERTAS ACERO	2,24	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA
PESO PORTILLOS Y VENTANAS	4,80	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA
PESO ESCALERAS EXTERIORES	3,00	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA
PESO AMURADA	1,23	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA
PESO ESCALA REAL Y PLANCHADA	7,38	81	16,2	597,78	119,56
PESO EQUIPOS CARGA Y TANQUES	3910	149,5	29	584545,00	113390,00
PESO HABILITACIÓN	140	38,6	27	5404,00	3780,00
<b>TOTAL ARMAMENTO</b>	<b>4809,53</b>	<b>140,92</b>	<b>28,48</b>	<b>677771,52</b>	<b>136959,96</b>

**Tabla 6 Pesos y centros de gravedad ARMAMENTO**

	PESO (t)	XG (m)	KG (m)
<b>TOTAL ARMAMENTO</b>	<b>4809,53</b>	<b>140,92</b>	<b>28,48</b>

**Tabla 7 Total ARMAMENTO**

## 4. PESO MAQUINARIA.

### 4.1 PESO MAQUINARIA EN CÁMARA DE MÁQUINAS.

Para propulsión diesel-eléctrica puede calcularse el peso de la maquinaria de equipo restante como:

$$P_{MQ} = 0,72 * (MCR)^{0,78}$$

$$P_{MQ} = 3.008 t$$

Siendo MCR la potencia de los motores generadores.

Se tomará la coordenada longitudinal del centro de gravedad en la mitad de la cámara de máquinas.

$$XG = 34.40 m$$

La coordenada vertical del centro de gravedad viene dada por la siguiente fórmula:

$$KG = 0,17 * T + 0,36 * D$$

$$KG = 11.6 m$$

### 4.2 PESO DE MAQUINARIA RESTANTE.

#### 4.2.1 PESO DE TUBERÍAS Y BOMBAS.

Esta partida se dividirá en dos partes:

- Tuberías y bombas que se distribuyen por el casco:

$$P_{TBC} = 0,0047 * L * \sqrt{L} * B$$

$$P_{TBC} = 955,62 t$$

- Tuberías y bombas de la cámara de máquinas:

$$P_{TBM} = 0,00981 * Pm$$

Siendo Pm la potencia de los motores generadores 52.650 kw. En el anexo I se presentan las fichas técnicas con las potencias de dichos motores:

- 4 motores 18V50DF

$$P_{TBM} = 430,41 t$$

El centro de gravedad de las tuberías y bombas de la cámara de máquinas se considerará como el centro de la maquinaria principal:

$$XG = 34.40 m$$

$$KG = 11,6 m$$

El centro de gravedad de las tuberías y bombas del casco se realizará de forma empírica, ya que se distribuyen a lo largo del buque. El XG se situará al 7,8% a proa de la sección media (57,8% de Lpp) y la coordenada KG al 79% del puntal del buque.

$$XG = 271,3 * 0,578 = 156.8 m$$

$$KG = 0,79 * 26,4 = 20,9 m$$

## 4.2.2 PESO DE LINEA DE EJES FUERA DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.

$$P_{LE} = L_{EJ} * 0,081 * \left( \frac{n * MCR}{rpm} \right)^{2/3}$$

Siendo:

- $L_{EJ}$  la longitud de la línea de eje. Se tomará de referencia la del buque base 6 m.
- $n$  el número de motores principales MCR la potencia en kw. En este caso:

$$n * MCR = 4 * 17.550 = 52.650 \text{ kw}$$

- $n'$  el número de propulsores 1.
- $rpm$  las revoluciones por minuto del propulsor. Suponemos 80 rpm.

$$P_{LE} = 32,56 \text{ t}$$

Para saber el centro de gravedad se considerará una pieza homogénea, a partir del buque base se obtiene:

$$XG = 9,5 \text{ m}$$

$$KG = 3,9 \text{ m}$$

### 4.3 POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA.

Se presenta una tabla con el desglose y resultado final del peso de la maquinaria:

	PESO (t)	XG	KG	Mlon	Mver
PESO MAQUINARIA	3008	34,4	11,6	103475,20	34892,80
TUBERÍAS MÁQ	430,41	34,4	11,6	14806,104	4992,76
TUBERÍAS BOMBAS CASCO	955,62	156,8	20,9	149841,22	19972,46
LINEA EJES	32,56	9,5	3,9	309,35	126,99
<b>TOTAL MAQUINARIA</b>	<b>4426,59</b>	<b>60,64</b>	<b>13,55</b>	<b>268431,87</b>	<b>59985,01</b>

**Tabla 8 Pesos y centros de gravedad MAQUINARIA**

	PESO (t)	XG	KG
<b>TOTAL MAQUINARIA</b>	<b>4426,59</b>	<b>60,64</b>	<b>13,55</b>

**Tabla 9 TOTAL Maquinaria**

## 5. RESULTADOS PESO EN ROSCA.

Se muestra un cuadro con el desglose del peso en rosca. Para obtener el peso en rosca final se ha aplicado un margen del 10% a los pesos calculados. También se supondrá un margen para los centros de gravedad, se considerará que se desplaza 1 metro la posición hacia proa y 0,5 metros en altura. De esta forma se supone una situación menos beneficiosa.

PARTIDA	PESO (t)	XG (m)	KG (m)
<u>PESO ESTRUCTURA</u>	27002,48	130,88	12,70
<u>PESO ARMAMENTO</u>			
PESO GRUPO EMERGENCIA	6,87	18	28,5
PESO EQUIPO SALVAMENTO	14,10	39	27
PESO EQUIPO CONTRAINCENDIOS	84,64	39	27
PESO EQUIPO DE GOBIERNO	8,51	-1,2	6
PESO EQUIPO NAVEGACIÓN	2,00	35,4	40,5
PESO HÉLICE	58,32	4,5	3,9
PESO INSTALACIÓN ELÉCTRICA	11,48	39	34,5
PESO AMARRE Y FONDEO	350,00	216,28	27,4
PESO EQUIPO CHIMENEA	0,00	19,2	40,5
PESO TECLÉS CÁMARA DE MÁQUINAS	0,00	18	16
PESO PUERTAS ACERO	2,24	-	-
PESO PORTILLOS Y VENTANAS	4,80	-	-
PESO ESCALERAS EXTERIORES	3,00	-	-
PESO AMURADA	1,23	-	-
PESO ESCALA REAL Y PLANCHADA	7,38	81	16,2
PESO EQUIPOS CARGA Y TANQUES	3910	127,5	29
PESO HABILITACIÓN	140	32,4	27
<u>PESO MAQUINARIA</u>			
PESO MAQUINARIA	3008	18	11,6
TUBERÍAS MÁQ	430,41	18	11,6
TUBERÍAS BOMBAS CASCO	955,62	156,8	20,9
LINEA EJES	32,56	7,5	3,9
<b>TOTAL ROSCA (CON MARGEN)</b>	<b>39862,47</b>	<b>132,08</b>	<b>15,40</b>

**Tabla 10 Desglose peso en rosca**

A continuación se presenta de una manera más sencilla.

	PESO	XG	KG
<u>PESO ESTRUCTURA</u>	27002,48	140,88	12,70
<u>PESO ARMAMENTO</u>	4809,53	140,92	28,48
<u>PESO MAQUINARIA</u>	4426,59	60,64	13,55
TOTAL (SIN MARGEN)	36238,60	131,08	14,90
<b>PESO EN ROSCA</b>	<b>39862,47</b>	<b>132,08</b>	<b>15,40</b>

**Tabla 11 Peso en rosca 1**

	PESO (t)	XG (m)	KG (m)
<b>PESO EN ROSCA</b>	<b>39.862,47</b>	<b>132,08</b>	<b>15,40</b>

**Tabla 12 Peso en rosca 2**

## 6. DISPOSICIÓN PESOS EN ROSCA.

### 6.1 DISPOSICIÓN DEL DESGLOSE DEL PESO EN ROSCA.

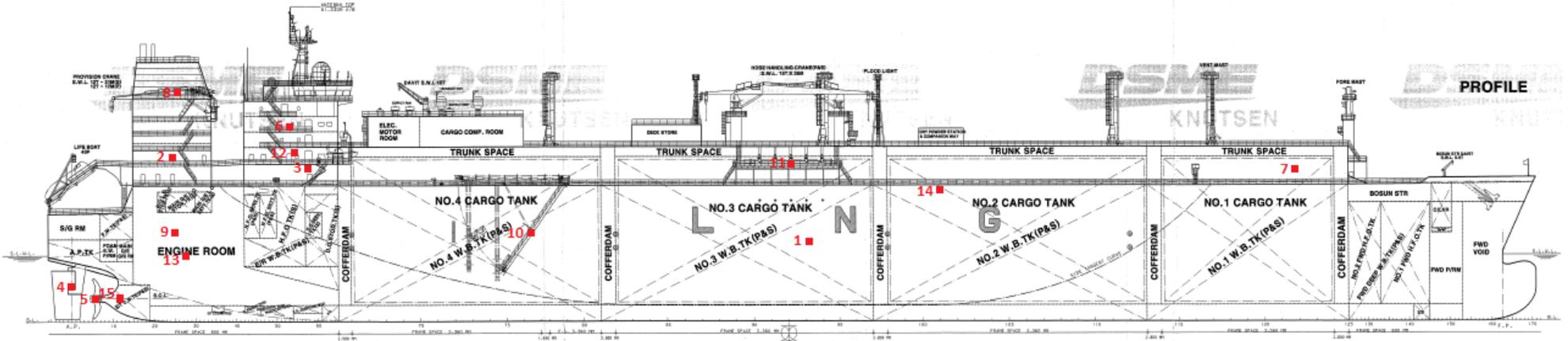
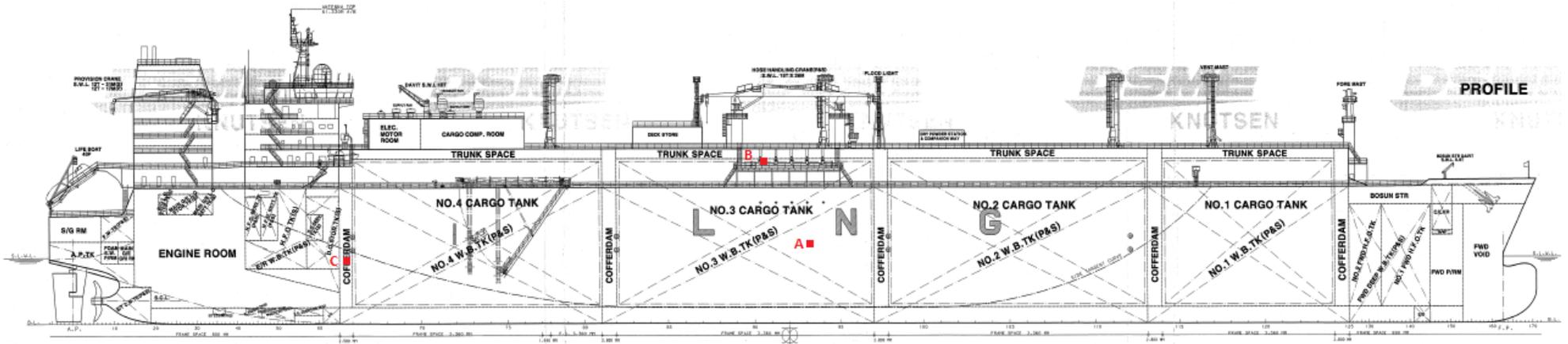
A continuación se muestra los pesos en rosca significativos. Se nombrarán de la siguiente manera:

<b>PARTIDA</b>	<b>Nº</b>
<u>PESO ESTRUCTURA</u>	1
<u>PESO ARMAMENTO</u>	
PESO GRUPO EMERGENCIA	2
PESO EQUIPO SALVAMENTO	3
PESO EQUIPO CONTRAINCENDIOS	3
PESO EQUIPO DE GOBIERNO	4
PESO HÉLICE	5
PESO INSTALACIÓN ELÉCTRICA	6
PESO AMARRE Y FONDEO	7
PESO EQUIPO CHIMENEA	8
PESO TECLES CÁMARA DE MÁQUINAS	9
PESO ESCALA REAL Y PLANCHADA	10
PESO EQUIPOS CARGA Y TANQUES	11
PESO HABILITACIÓN	12
<u>PESO MAQUINARIA</u>	
PESO MAQUINARIA	13
TUBERÍAS MÁQ	13
TUBERÍAS BOMBAS CASCO	14
LINEA EJES	15

**Tabla 13 Numeración desglose de pesos en rosca**

<u>PESO ESTRUCTURA</u>	A
<u>PESO ARMAMENTO</u>	B
<u>PESO MAQUINARIA</u>	C

**Tabla 14 Desglose en rosca simplificado**



## 7. COMPROBACIÓN PESO MUERTO.

Se calculará restando el peso en rosca al desplazamiento.

$$DWT = \Delta - LWT$$

$$DWT = 119.484,49 - 39.862,47$$

$$DWT = 79.622 t$$

Se comprobará este resultado teniendo en cuenta los pesos más importantes que son la carga útil y los consumos. Para el cálculo de la carga útil tomaremos 0.46 la densidad del gas. Por tanto, se obtiene:

$$Cu = 0.46 * 160000 = 73.600 t$$

A continuación se calculará un valor orientativo de los consumos. Más adelante del proyecto se detallará.

- Peso del combustible.

$$P_{comb} = \text{Autonomía}(h) * BHP * Ce * 10^{-6}$$

Ce consumo específico del motor principal. Para grupos electrógenos, un valor medio de 170 g/BHP (Libro: "Proyecto de buques y artefactos").

Autonomía de 5.000 millas a 19,5 kn de velocidad de servicio.

$$t_{navegación} = \frac{\text{Autonomía}}{\text{Velocidad}} = 256.41 h \approx 10,5 \text{ días}$$

BHP la potencia de los motores generadores en hp. 51.426 hp

Por tanto el peso del combustible será,  $P_{comb} = 2560 t$

- Peso del agua dulce.

100 litros por persona y día. 11 días de autonomía aproximadamente y 40 personas a bordo.

$$Pad = 100 * 11 * 40 * 10^{-3}$$

$$Pad = 44 t$$

- Peso de aceite.

Se suele aproximar al 3-4% del peso del combustible, por tanto:

$$Pac = 0.04 * 2560 = 103 t$$

Por tanto, de un modo aproximado se obtiene que el peso muerto de estas partidas será:

$$DWT = 76.307 t$$

Este valor difiere en 3.315 t con el valor obtenido al restar al desplazamiento el peso en rosca calculado, esto puede deberse a los márgenes considerados del 10% en el peso.

## BIBLIOGRAFÍA

- PROYECTOS DE BUQUES Y ARTEFACTOS → Fernando Junco – EPS – UDC – Ferrol.
- EL PROYECTO BÁSICO DEL BUQUE MERCANTE → Ricardo Alvariño, Juan J. Aspiroz, Manuel Meizoso – FEIN Madrid.
- PRACTICAL SHIP DESIGN → D.G.M. Watson

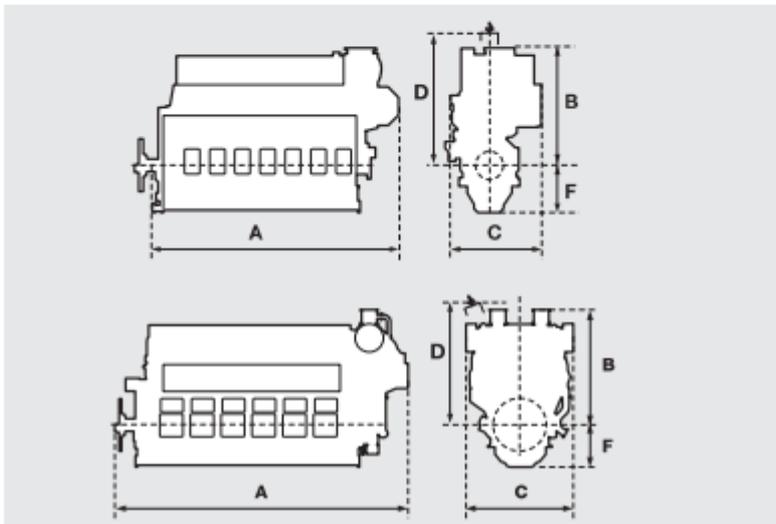
ANEXO I DATOS MOTORES GENERADORES

**Rated power**

Engine type	kW
6L50DF	5 850
8L50DF	7 800
9L50DF	8 775
12V50DF	11 700
16V50DF	15 600

**Engine dimensions (mm) and weights (tonnes)**

Engine type	A	B	C	D	F	Weight
6L50DF	8 120	3 475	3 270	4 000	1 455	96
8L50DF	10 270	3 920	3 505	4 000	1 455	128
9L50DF	11 140	3 920	3 505	4 000	1 455	138
12V50DF	10 425	4 240	3 810	3 600	1 500	175
16V50DF	13 830	4 400	4 730	3 600	1 500	220



## ANEXO II DATOS CÁDIZ KNUTSEN

 <u>Dimensiones Principales</u>	
Eslora Total	284,4 m
Eslora entre Perp.	271 m
Manga	42,5 m
Puntal a Cubierta Ppal.	25,4 m
Puntal a Cubierta Tronco	32,2 m
Calado de Escantillonado	12,30 m
Calado de Diseño	11,40 m
Peso Muerto (a 11,40 m)	68.200 t
GT	93.450 t
Capacidad de Carga (100%)	138,000 m <sup>3</sup>
Capacidad de Carga (98,5%)	135,930 m <sup>3</sup>
Velocidad	
Tripulación	

ACERO NETO:	20.985 t
	
EQUIPOS MAQUINARIA:	1.304 t
EQUIPOS ELECTRICIDAD:	205 t
EQUIPOS CUBIERTA + TANQUES:	3.909 t
ACOMODACION:	365 t
TUBERIA, CALDERERIA,.....:	1.875 t
PINTURA:	267 t
FLUIDOS:	324 t
OTROS:	451 t
<b>Total Peso Rosca: 29.685 t</b>	
<b><u>Estimación del Peso en Rosca</u></b>	
<small>1 x 28.000 kW a 83 rpm</small>	