



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster

CURSO 2016/2017

BUQUE LNG DE MEMBRANA DE 145.000 m³

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Ismael Grandal Mouriz

TUTORAS/ES

Vicente Díaz Casas

FECHA

SEPTIEMBRE DE 2017

CUADERNO 2

En el presente cuaderno realizaremos el cálculo desglosado en partidas del acero del buque y sus centros de gravedad.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016/2017**

BUQUE LNG DE MEMBRANA DE 145.000 m³

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 2

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

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016-2017

PROYECTO NÚMERO: 17-32 P

TIPO DE BUQUE: Buque tanque LNG de membrana

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS, MARPOL, CIG.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: gas natural licuado con capacidad para 145.000 m³.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 19,5 nudos a la velocidad de servicio, 85% MCR + 15% MM. 12.000 millas a la velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: los habituales en este tipo de buque.

PROPULSIÓN: Propulsión Diesel eléctrico. Dos líneas de ejes

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 35 tripulantes en camarotes individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Las habituales en este tipo de buque.

Ferrol, Abril de 2017

ALUMNO: D. Ismael Grandal Mouriz

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. CÁLCULO DEL PESO DE ACEROS.....	6
3. CÁLCULO DEL PESO DEL ARMAMENTO.....	10
4. CÁLCULO DEL PESO DE LA MAQUINARIA.....	15
5. RESULTADO Y PESO EN ROSCA.....	16
6. COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO Y LA CARGA ÚTIL.....	17
7. BIBLIOGRAFÍA.....	17

ANEXO I: DATOS DE PESOS BUQUE BASE

ANEXO II: REGLAMENTO DEL LLOYD'S REGISTER PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ACERO

ANEXO III: PLANO CENTROS DE GRAVEDAD PRINCIPALES

1-INTRODUCCIÓN

En este cuaderno vamos a hacer un desglose más detallado del peso en rosca que ya hemos calculado en el cuaderno 1. Para esto nos apoyaremos en diferente formulación empírica extraída de nuestras fuentes bibliográficas.

El desglose habitual del peso en rosca se realiza en tres partidas:

- Peso de aceros
- Peso de maquinaria
- Peso de equipos y habilitación

Cada una de estas partidas será distribuida en sus posiciones correspondientes a lo largo de la eslora del buque.

2-CÁLCULO DEL PESO DE ACEROS

Vamos a realizar el cálculo por varios métodos y posteriormente haremos una media de todo ellos y nos quedaremos con ese valor estimado.

Formulación matemática etapa de anteproyecto

Estas expresiones nos permiten realizar un cálculo rápido y aproximado del peso de acero del buque.

$$W_{ST} = K \cdot L \cdot B \cdot D \cdot \left(\frac{L}{D}\right)^{1/2} = 29.437,72 \text{ t.}$$

Donde:

$$K = 0,03$$

$$W_{ST} = K \cdot L^{3/2} \cdot B \cdot D^{1/2} = 29.437,72 \text{ t.}$$

Donde:

$$K = 0,03$$

$$W_{ST} = 1000 \cdot \left(\frac{L}{10}\right)^{1,376} \cdot \left(\frac{B \cdot D}{100}\right)^{0,7449} \cdot 0,0542 - 0,017 \cdot C_B = 30.825,1 \text{ t.}$$

Por el método de Sv. Aa. Harvarid y J.Juncher

$$W_{ST} = C_S \cdot (L_{PP} \cdot B \cdot D + Sup) = 22.209,24 \text{ t.}$$

Donde:

$$C_S = C_{S0} + 0,064 \cdot \exp(-0,50 \cdot u - 0,10 \cdot u^{2,45}) = 0,0695$$

$$C_{S0} = 0,0664 \text{ para gaseros}$$

$$\exp(a) = e^a$$

$$u = \log(\Delta/100) = 3,0236$$

$$\Delta = 105.585 \text{ t.}$$

$$Sup = 0,8 \cdot B \cdot (1,45 \cdot L_{pp} - 11) = 13.135,0464$$

Por el método de D.G.M. Watson

$$W_{ST} = K \cdot E^{1,36} (1 + 0,5(CB80D - 0,7)) = 32.035,23 t$$

Donde:

-K: factor dependiente del tipo de buque, en nuestro caso será igual a 0,0365.

-E: numeral bidimensional que se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$E = L_{PP}(B + D) + 0,85L_{PP}(D - T) + 0,85 \sum l_1 h_1 + 0,75 \sum l_2 h_2 = 22.374,30$$

Donde:

-Lpp: eslora entre perpendiculares (269,7 m.).

-B: manga máxima (43,2 m.).

-D: puntal a la cubierta principal (26,3 m.).

-T: calado de diseño (11,5 m.).

-l y h en el primer sumando: longitud y altura de las superestructuras.

-l y h en el segundo sumando: longitud y altura de las casetas.

El sumando $0,85 \cdot \sum l_1 \cdot h_1 + 0,75 \cdot \sum l_2 \cdot h_2$ se denomina factor de superestructura (Fs) y su fin es el de considerar aquellas superestructuras y casetas que se encuentran por encima de la cubierta a la que se mide el puntal del buque.

Para una primera aproximación, el valor de Fs es:

$$Fs = 210 \longleftrightarrow L = 100 \text{ m.}$$

$$Fs = 220 \longleftrightarrow L = 160 \text{ m.}$$

$$Fs = 250 \longleftrightarrow L = 350 \text{ m.}$$

Como nuestra L (si no se especifica, se entiende Lpp) es igual a 269,7 m, interpolando, tenemos un valor de Fs = 237,32.

-CB80D: coeficiente de bloque al 80 % del puntal

$$CB80D = CB + (1 - CB) \frac{0,8D - T}{3T} = 0,8316$$

Donde:

CB: coeficiente de bloque, calculado en la hidrostáticas del cuaderno 3 (0,7673).

T: calado de diseño (11,5 m.)

D: puntal a cubierta principal (26,3 m.)

Hacemos una media de los valores anteriores:

<u>Formulación</u>	29437,72
	29437,72
	30825,1
<u>Harvard</u>	22209,24
<u>Watson</u>	32025,23

Σ	143935,01
<i>Media</i>	28787,002

Posición del centro de gravedad

Vertical

$$KG = 0,01 \cdot D \cdot \left(46,6 + \frac{0,135 \cdot (0,81 - C_B) \cdot L^2}{D^2} \right) + \left(\frac{L}{B} - 0,65 \right) \cdot 0,008 \cdot D + C = 12,71 \text{ m.}$$

Donde:

$$C = -0,002 \cdot D, \text{ corrección por bulbo}$$

Longitudinal

$$XG = 0,48245 \cdot L + 0,117 = 130,23 \text{ m.}$$

Distribución del peso longitudinal continuo de acero

El peso longitudinal continuo incluye las planchas del forro y toda la estructura interna longitudinal continua incluyendo la cubierta continua más alta.

Para ello distribuimos el acero por pequeñas secciones a lo largo de todo el buque. Lo hacemos como sigue:

Calculamos el perímetro de cada sección transversal del buque incluida la cubierta superior continua.

Con el Reglamento de distribución del Lloyd's (que adjuntamos como anexo), construimos la siguiente tabla:

Cuaderna	Posic. Long. (m)	Perímetro (i) m	m (i)	G (i)	A (i)	WL (i) t/m
0	0	97,3698	3,3	0,675	0,273	15,452
1	13,485	139,7858	3,3	0,968	0,900	50,957
2	26,97	129,8186	2,67	0,899	0,753	42,678
3	40,455	124,3707	2,21	0,862	0,720	40,760
4	53,94	129,6894	1,6	0,898	0,843	47,729
5	67,425	133,2648	1,29	0,923	0,902	51,101
6	80,91	136,32	1	0,944	0,944	53,497
7	94,395	140,8	1	0,975	0,975	55,255
8	107,88	143,13	1	0,992	0,992	56,169
9	121,365	144,32	1	1,000	1,000	56,636
10	134,85	144,34	1	1,000	1,000	56,644
11	148,335	144,34	1	1,000	1,000	56,644
12	161,82	144,31	1	1,000	1,000	56,632
13	175,305	144,11	1	0,998	0,998	56,554

14	188,79	141,25	7	0,979	0,859	48,682
15	202,275	138,46	6,67	0,959	0,758	42,922
16	215,76	131,71	6	0,912	0,577	32,700
17	229,245	122,85	4,67	0,851	0,471	26,681
18	242,73	106,13	3,31	0,735	0,361	20,470
19	256,215	92,88	2,36	0,643	0,353	20,012
20	269,7	73,96	1,88	0,512	0,284	16,115

Donde:

i: 1,2...20. Secciones de trazado

m (i): índice para la sección transversal i, dependiendo del tipo de buque. Nos lo proporciona el Lloyd's.

G (i): relación del perímetro de la sección transversal (i) al perímetro de la sección maestra

A (i):

$$A(i) = G(i)^{m(i)}$$

W (i): valor del peso por metro de material continuo longitudinal en la sección i, que viene dado por la ecuación:

$$W_L(i) = A(i) \cdot W_L(10) \text{ t/m}$$

Donde:

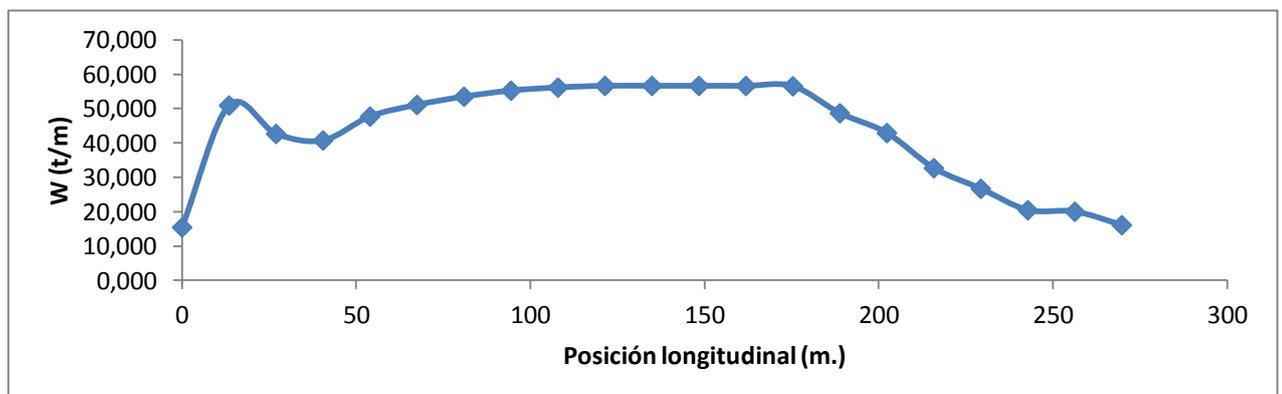
$W_L(10)$: ordenada de la distribución de acero en la cuaderna maestra, que calculamos como sigue:

$$W_L(i) = a \cdot L^{0,878} \cdot B^{0,963} \cdot T^{0,158} \cdot D^{-0,189} \cdot CB^{0,197} = 56,644 \text{ t/m}$$

Donde:

a: coeficiente para petroleros, porque no hay específico para gaseros. (0,0147).

A continuación se muestra la distribución longitudinal de acero en una gráfica.



3-CÁLCULO DEL PESO DEL ARMAMENTO

Mediante formulación empírica sacada de la bibliografía, en concreto de los libros “Proyectos de Buques y Artefactos”, de Fernando Junco y “El Proyecto Básico del Buque Mercante”.

Peso del grupo de emergencia

Basándonos en buques de dimensiones similares tomamos un grupo de emergencia de 550 kW.

Por la siguiente expresión podemos calcular su peso aproximado:

$$P_{GE} = \frac{7,45 \cdot (kVA - 30) + 765}{1000} = 4,64 \text{ t.}$$

Peso de los equipos de salvamento

$$P_L = 9,5 + (n - 35) \cdot 0,1 = 9,5 \text{ t.}$$

Donde:

n: número de tripulantes. Si es n es menor de 35, se ha de tomar 35.

Como nuestros botes serán cerrados, debimos incrementar el peso en 3,5 t, por tanto:

$$P_L = 9,5 + 3,5 = 13 \text{ t.}$$

Peso del equipo contraincendios

$$P_I = 0,0025 \cdot V_E + 1 = 52,50 \text{ t.}$$

Donde:

V_E : volumen de la cámara de máquinas (20.601,83 m³)

Peso del equipo de gobierno

$$P_G = 0,0224 \cdot A \cdot V^{2/3} + 2 = 10,76 \text{ t.}$$

Donde:

A: área del timón

$$A = \frac{L \cdot T \cdot (1,1 + 25 \cdot \frac{B^2}{L^2})}{100} = 54,01 \text{ m}^2$$

V: velocidad de servicio (19,5 knot)

Peso del equipo de navegación

Según el libro “Proyectos de Buques y Artefactos” se recomienda tomar un valor de 2 t.

Peso de las hélices

$$P = 0,080 \cdot D^3 = 40,96 \text{ t.}$$

Como tenemos dos hélices $\rightarrow 40,96 \cdot 2 = 81,92 \text{ t.}$

Donde:

D: diámetro de la hélice. (8 m., del cuaderno 6)

Peso de la instalación eléctrica

$$P_{IE} = l_c + \frac{Pm}{1000} = 174,19 t.$$

Donde:

l_c: longitud de los cables

$$l_c = 10,82 + 0,268 \cdot L + 0,000597 \cdot L^2 = 126,52 km.$$

P_m: potencia motores propulsores en kW. En nuestro caso son motores generadores, por tratarse de propulsión eléctrica. La potencia de los motores generadores es de 47.670 kW.

Peso del equipo de amarre y fondeo

Para el cálculo de los equipos de fondeo y amarre vamos a utilizar el libro "Proyectos de Buques y Artefactos", de Fernando Junco.

Primero calculamos el Numeral de Equipo (NE) en la tabla 9.5.9, que para las dimensiones de nuestro buque sacamos aproximadamente que:

$$NE = 8.100$$

Ahora, mirando en la tabla 9.5.6, tenemos que el peso de los elementos de amarre y fondeo es, aproximadamente:

$$P_{AF} = 575 t.$$

Posición del centro de gravedad

El peso del equipo de fondeo y amarre que acabamos de calcular se distribuye en dos bloques diferentes:

El 80 % a proa; distribuyéndose homogéneamente en una longitud de 0,02·L centrada a 0,035·L a popa de la perpendicular de proa

$$\text{Peso a proa: } 80 \% \text{ de } 575 = 460 t.$$

$$XG_{\text{Peso a proa}} = 269,7 - 0,035 \cdot 269,7 = 260,26 m.$$

El 20 % a popa, distribuyéndose homogéneamente en una longitud de 0,02·L centrada en la perpendicular de popa.

$$\text{Peso a popa: } 20 \% \text{ de } 575 = 115 t.$$

$$XG_{\text{Peso a popa}} = 0 m.$$

Como tenemos el peso distribuido en proa y en popa con sus respectivos centros de gravedad, vamos a calcular ahora la posición del centro de gravedad de todo el equipo de amarre y fondeo mediante una tabla de momentos.

	PESO (t.)	XG (m.)	MTO a XG
Peso a PR	460	260,26	119719,6
Peso a PP	115	0	0
TOTAL	575	208,208	119719,6

$$\text{XG (total)} = 208,208$$

La posición vertical del centro de gravedad del equipo de amarre y fondeo la podemos aproximar. Sabemos que estos equipos estarán situados en la cubierta principal del buque, por tanto su KG será de 26,3, que es el puntal del buque, más la distancia al centro de gravedad de los equipos en sí, que podemos estimar en 1 m. dado que habrá equipos de gran tamaño como molinete o chigres.

$$\text{KG} = 27,3 \text{ m.}$$

Peso del equipo de la chimenea

$$P_{EF} = 0,0034 \cdot L \cdot B = 39,61 \text{ t.}$$

Peso de los tecles en cámara de máquinas

$$P_{TM} = 0,047 \cdot lm \cdot B \cdot 0,60 = 48,73 \text{ t.}$$

lm: eslora de la cámara de máquinas (40 m.)

Peso de la escala real

Se calcula multiplicando por 0,15 la longitud de la escala.

Del buque base obtenemos que la escala real mide aproximadamente 20 metros, por tanto:

$$P_{ESCALA REAL} = 0,15 \cdot 20 = 3 \text{ t.}$$

Peso de portillos y ventanas

Se calcula multiplicando por 0,12 el número de tripulantes. En nuestro caso el número de tripulantes es de 35.

$$P_{PV} = 0,12 \cdot 35 = 4,2 \text{ t.}$$

Peso de los equipos de carga y de los tanques

No existen fórmulas específicas para el cálculo del peso del manifold, tuberías de criogenización, reforzado INVAR, etc. Por tanto, utilizaremos el valor que tenemos de la serie de gaseros que está conformada, entre otros, por nuestro buque base, el Cádiz Knutsen. Tomamos 3910 toneladas, que justificamos en el ANEXO I.

Peso de la pintura y protección catódica

Peso de la pintura

$$P_{PINTURA} = 267 \text{ t.}$$

La podemos ver en el ANEXO I

Peso de la protección catódica del casco (incluidos timón y hélice)

$$P_{CC} = 0,0004 \cdot S_m \cdot a \cdot y = 11,36 \text{ t.}$$

Donde:

S_m : superficie mojada (14.198 m², dato de Maxsurf)

Como no conocemos el tipo de ánodos (a) ni el número de años de protección (y), supondremos (como indica el libro de "Proyecto de Buques y Artefactos"):

a = 1 (zinc), y = 2 años

Por tanto, tendremos que el peso final de la pintura y la protección catódica será:

$$P = 267 + 11,36 = 278,36$$

Estimaremos que el centro de gravedad de estas dos partidas será el mismo que el de la estructura de acero.

Peso de la habilitación

Vamos a estudiar para las características de nuestro buque las siguientes partidas. Nos hemos basado en los libros "El Proyecto Básico del Buque Mercante", "Practical Ship Design" y "Proyectos de Buques y Artefactos, y midiendo las áreas en el plano de disposición general.

DESGLOSE	Nº	kg/m²	m²	kg
Camarotes oficiales	18	160	360	57600
Camarotes tripulación	15	170	300	51000
Camarotes cap/jefe máq.	2	150	100	15000
Comedores	2	200	79	15800
Salones	3	200	160	32000
Pasillos	10	90	160	14400
Aseos	6	200	9	1800
Cocina	1	227	50	11350
Gambuza seca	1	80	48	3840
Servicio de lavandería	3	160	53	8480
Gambuza frigorífica	1	190	70	13300
Hospital	1	300	30	9000
Gimnasio	1	500	35	17500
Vestuario	1	200	25	5000

Control de carga	1	300	48	14400
Pañoles	12	80	40	3200
Oficinas	3	12	84	1008
Sala de reuniones	1	34	36	1224
Puente	1	300	260	78000
TOTAL				35390 2

Posición del centro de gravedad

CONCEPTOS	Peso	KG (m.)	MV (t·m)	XG (m.)	ML (t·m)
Grupos de emergencia	4,6	30,5	141,5	32,0	148,5
Equipos de salvamento	13,0	29,5	383,5	53,0	689,0
Equipo contraincendios	52,5	26,3	1380,8	58,0	3045,0
Equipo de gobierno	10,8	6,2	66,7	-1,1	-11,3
Equipo de navegación	2,0	45,4	90,8	65,0	130,0
Hélices	81,9	4,6	374,7	4,8	392,3
Instalación eléctrica	174,2	35,0	6096,7	46,5	8099,8
Amarre y fondeo	575,0	27,3	15697,5	208,2	11971,9
Chimenea	39,6	48,4	1917,1	26,8	1061,5
Tecles de cra. de máquinas	48,7	17,7	862,5	23,2	1130,5
Escala real	3,0	19,5	58,5	83,0	249,0
Portillos y ventanas	4,2	39,2	164,6	57,0	239,4
Equipos de carga y de tanques	3910,0	33,0	12903,0	152,5	59627,5
Pintura y protecc. Catódica	267,0	12,7	3393,6	130,2	34771,4
Habilitación	354,0	39,2	13876,8	57,0	20178,0
TOTAL	5540,55	31,3	17353,52	141,9	78611,78

4-CÁLCULO DEL PESO DE LA MAQUINARIA

$$\text{Total peso maquinaria} \rightarrow W_Q = W_{PM} + W_{QR} + W_{QE} = 1.754,55 \text{ t.}$$

Peso de la maquinaria principal (motores)

El peso de los motores propulsores puede calcularse mediante formulación pero llegados a este punto de la espiral del proyecto, podemos recurrir directamente a la información técnica de cada motor que nos facilita el fabricante

Peso de los motores principales (generadores)

En el anexo podemos ver la información del fabricante, que es:

MOTOR	PESO (t.)
18V50	244
16V50	224

$$P_{MG} = 2 \cdot 244 + 2 \cdot 224 = 936 \text{ t.}$$

Peso de los motores propulsores (eléctricos)

MOTOR	PESO (t.)
AMZ 1250	39

Por tanto, el peso total de los motores eléctricos es:

$$P_{ME} = 39 \cdot 2 = 78 \text{ t.}$$

De esta manera, tendremos que el peso total de los motores es:

$$P_{MOTORES} = 936 + 78 = 1.014 \text{ t.}$$

Peso de la maquinaria y el equipo restante

$$W_{QR} = 0,03 \cdot V_{MQ} = 618,05 \text{ t.}$$

Donde:

- V_{MQ} : volumen de la cámara de máquinas, que podemos calcular de manera aproximada mediante la siguiente fórmula:

$$V_{MQ} = \frac{L}{5} \cdot B \cdot T \cdot C_B = 20.601,83 \text{ m}^3$$

Donde:

-L: eslora entre perpendiculares (269,7 m.)

- T: calado de diseño (11,50 m.)
- B: manga máxima (43,2 m.).

Peso de línea de ejes fuera de la cámara de máquinas

$$W_{QE} = K_{ne} \cdot l_{eje}(5 + 0,0164 \cdot L_{pp}) = 122,5 \text{ t.}$$

Donde:

- K_{ne}: 2 en buques de dos líneas de ejes.
- l_{eje}: longitud en metros de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas (midiendo en el plano de disposición general tenemos 6,5 m.).
- L_{pp}: eslora entre perpendiculares (269,7 m.).

Centro de gravedad

Vertical

$$KG = 0,17 \cdot T + 0,36 \cdot D = 11,423 \text{ m.}$$

Longitudinal

Midiendo en el plano de disposición general, y estimando que el centro de gravedad estará en el centro geométrico de la cámara de máquinas, tenemos que:

$$XG = 25,68 \text{ m.}$$

5-RESULTADO Y PESO EN ROSCA

Para calcular el peso en rosca total y su centro de gravedad nos serviremos de los datos calculados en los apartados anteriores para construir la siguiente tabla:

	Peso	KG	MV	XG	ML
Acero	28787,00	12,71	36588,280	130,23	374893,127
Armamento (Eq. y hab.)	5540,55	31,20	17353,525	141,88	786117,83
Maquinaria	1754,55	11,42	20036,96	25,68	45056,84
TOTAL (sin margen)	36082,10	15,51	55945,500	126,94	458010,595
Margen 5 %	1804,11	15,50	27972,75	126,77	229005,30
PESO EN ROSCA	37886,21	15,51	58742,75	126,94	480911,125

6-COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO Y LA CARGA ÚTIL

Ahora vamos a proceder a comprobar el peso muerto y la carga útil de nuestro buque con los datos obtenidos de los tanques en el cuaderno 4.

En la siguiente tabla se muestran las capacidades de nuestros tanques:

Tanque (s)	Peso (t.)
Carga	63692
FO	6744
DO	768
Aceite	99
Agua dulce	155
TOTAL	71458

Como tuvimos en cuenta en el cuaderno 5:

- Pertrechos: 100 t.
- Viveres: 4,375 t.
- Tripulación: 5,250

Al peso de la carga en los tanques sumamos estas tres partidas y tenemos un total de:

$$\text{Peso muerto (DWT)} \approx 71.568 \text{ t.}$$

Por tanto, nuestro desplazamiento sería:

$$\Delta = LWT + DWT = 109.455 \text{ t.}$$

Tenemos un desplazamiento al calado de diseño de 105.379 t., por tanto tenemos una desviación de 4.076 t., que pueden ser debidas al margen del peso en rosca que hemos tomado, a la inexactitud de algunas fórmulas o aproximaciones, algún tanque un tanto sobredimensionado y los tanques de carga, que tienen una capacidad un poco mayor que la de proyecto.

7-BIBLIOGRAFÍA

-“El Proyecto Básico del Buque Mercante”; Ricardo Alvariño, Juan José Azpíroz y Manuel Meizoso.

-“Proyectos de Buques y Artefactos”, Fernando Junco Ocampo.

-Apuntes asignatura “Métodos Computacionales Aplicados al Proyecto del Buque”, EPS Ferrol.

-Diverso material web.

-Practical Ship Design, D.G.M. Watson.

-Reglamento del Lloyd’s para la distribución de acero.

ANEXO I

Datos de pesos buque base



Dimensiones Principales

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 ³
Capacidad de Carga (98,5%)	135,930 m ³
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

Total Peso Rosca: 29.685 t

Estimación del Peso en Rosca

1 x 28.000 kW a 83 rpm

ANEXO II

Reglamento Lloyd's Register para la
distribución del acero

SENERMAR

SISTEMA FORAN
MODULO LOAD - OCTUBRE, 1995

V.30



SISTEMA FORAN

MODULO LOAD

GUIA DEL USUARIO

**INDICE**

- 1.- DESCRIPCION GENERAL
- 2.- DEFINICION Y DISTRIBUCION DEL PESO EN ROSCA
 - 2.1.- Descripción general.
 - 2.2.- Método de estimación de Lloyd's.
 - 2.3.- Descripción de tareas y comandos.
- 3.- DEFINICION DE CONDICIONES DE CARGA
 - 3.1.- Descripción general.
 - 3.2.- Métodos de cálculo.
 - 3.3.- Descripción de tareas y comandos.
- 4.- ESTABILIDAD INTACTA
 - 4.1.- Descripción general.
 - 4.2.- Métodos de cálculo.
 - 4.3.- Descripción de tareas y comandos.
- 5.- RESISTENCIA LONGITUDINAL
 - 5.1.- Descripción General.
 - 5.2.- Descripción de tareas y comandos.
- 6.- UTILIDADES
 - 6.1.- Tareas Generales.
 - 6.2.- Descripción de utilidades y herramientas.



PESO LONGITUDINAL CONTINUO

El peso longitudinal continuo incluye las planchas del forro y toda la estructura interna longitudinal continua incluyendo la cubierta continua más alta.

El valor de la ordenada de la distribución en la cuaderna maestra, en toneladas/metro, corresponderá al material que contribuye a la resistencia longitudinal e inercia de la cuaderna maestra.

El programa construye la curva de la distribución calculando el valor de la ordenada correspondiente a cada una de las 21 secciones de trazado: $W(i)$, $i = 1, 21$ y adoptando valor nulo en los dos extremos del buque. La ordenada de cualquier punto intermedio se calcula por un procedimiento de interpolación doble parabólica entre los puntos mencionados más arriba.

El cálculo de las ordenadas $W(i)$ se basa en el valor $W(11)$, ordenada de la distribución en la cuaderna maestra.

Esta ordenada, $W(11)$, puede ser introducida como dato de entrada, si es conocida. En otro caso, es calculada automáticamente por el programa, usando la fórmula que se describe a continuación.

Para calcular las ordenadas $W(i)$ en función de $W(11)$, se establece que el peso/metro en cualquier sección del buque será función de la relación del perímetro de esa sección (incluyendo la cubierta superior), al perímetro de la sección maestra.

El valor de esta función, para cada sección de trazado toma la forma:

$$A(i) = G(i)^{m(i)}$$

Donde:

- $G(i)$ = relación del perímetro de la sección transversal i al perímetro de la sección maestra, incluyendo la manga de la cubierta superior continua.
 $m(i)$ = índice para la sección transversal i , dependiendo del tipo de buque. Estos índices son definidos por el Lloyd's Register.
 i = 1, 2, 3 ..., 19, 20 y 21 secciones de trazado.

Entonces, el valor $W(i)$, peso por metro del material continuo longitudinal en la sección i , viene dado por la ecuación:



$$W_L(i) = A(i) \cdot W_L(11) \quad Tdas/m.$$

El valor de la ordenada $W(11)$ se mantiene en una longitud igual a $0,4 * L$, en el centro.

Valor de la ordenada de la distribución en la cuaderna maestra $W(11)$

Cuando no se conoce el valor de la ordenada en la cuaderna maestra, se usa la siguiente fórmula para calcularla:

$$W_L(i) = a * L^{0.878} * B^{0.963} * T^{0.158} * D^{-0.189} * CB^{0.197} \quad Tdas/m.$$

Donde:

a	=	coeficiente con valores diferentes dependiendo del tipo de buque y si se utiliza o no acero de alta resistencia.
L	=	eslora entre perpendiculares, en metros.
B	=	manga de trazado, en metros.
T	=	calado de trazado, en metros.
D	=	puntal de trazado, en metros.
CB	=	coeficiente de bloque.

A pesar de que la aplicación de esta expresión proporciona resultados razonables aplicada a buques con estructuras normales, debe usarse con cuidado y el coeficiente 'a' debe actualizarse siempre que se cuente con datos para ello.

Distintas formas de definir la distribución del peso continuo longitudinal

De acuerdo con la estructura del programa y hoja de datos, el usuario cuenta con las siguientes cuatro posibilidades a la hora de definir la distribución del peso continuo longitudinal.

- A) No definir nada. El programa calcula automáticamente los coeficientes $A(i)$ y el valor de $W_L(11)$ con la fórmula anteriormente expresada.

La integración de las ordenadas $W_L(i)$ a lo largo de la eslora total del buque proporciona el peso continuo longitudinal y la abscisa de su centro de gravedad puede ser fácilmente calculada.

- B) Definir el valor $W_L(11)$. El programa trabaja de la misma forma que en el caso A), pero sin calcular $W_L(11)$.

TABLA 2.4. COEFICIENTES PARA LA DISTRIBUCION LONGITUDINAL DEL PESO

CONTINUO Y DEL RESTO DEL PESO

<u>Situacion</u>	<u>valor m ?</u>	<u>valor p ✓</u>
0 (A.P.)	2.40	0.50
1	3.25	0.65
2	3.20	0.78
3	2.92	0.87
4	2.67	0.94
5	2.40	0.99
6	2.12	1.00
7	1.84	1.00
8	1.57	1.00
9	1.25	1.00
10	1.00	1.00
11	1.11	1.00
12	1.25	1.00
13	1.36	1.00
14	1.55	1.00
15	1.90	0.98
16	2.23	0.94
17	2.50	0.87
18	3.07	0.78
19	3.85	0.65
20 (F.P)	3.15	0.50



- C) Definir el peso continuo longitudinal (WL), en toneladas. En este caso el programa calcula primeramente los coeficientes A (i). Luego, asumiendo un valor unitario de W_L (11), se calculan las ordenadas y se hace la integración. El cociente entre el valor de la integral y WL proporciona el valor W_L (11). A partir de este momento se trabaja como el caso A).
- D) Definir las 21 ordenadas de la distribución. El programa realiza la integración de estos valores y calcula la abscisa del centro de gravedad de la distribución por ellos definida.

En la Tabla 3 se reflejan los valores de los índices m(i) para cinco tipos de buques, en cada una de las secciones de trazado. Estos son los valores utilizados por el programa.

TABLA 3 - VALORES DEL INDICE -m-(i)

ITEM		KSHIP=1 PETROL.	KSHIP=2 CARGUERO	KSHIP=3 PORTAC.	KSHIP=4 BULKCAR.	KSHIP=5 OBO
1 (P.P.)	0	3.30	3.45	3.45	3.45	3.30
2	3.30	5.39	5.39	3.30	3.30	
3	2.67	4.88	4.88	2.67	2.67	
4	2.21	3.68	3.68	2.21	2.21	
5	1.60	2.48	2.48	1.60	1.60	
6	1.29	2.05	2.05	1.29	1.29	
7	1.00	1.61	1.61	1.00	1.00	
8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11 (C.M.)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	1.00	1.91	1.91	1.00	1.00	1.00
15	7.00	2.22	2.22	7.00	7.00	7.00
16	6.77	2.80	2.80	6.77	6.77	6.77
17	6.00	3.39	3.39	6.00	6.00	6.00
18	4.67	3.33	3.33	4.67	4.67	4.67
19	3.31	3.27	3.27	3.31	3.31	3.31
20	2.36	3.44	3.44	2.36	2.36	2.36
21 (P.R.)	2.61	1.88	2.61	1.88	1.88	1.88

Ver pag. siguiente

FORAN

LOAD - Cálculo de condiciones de carga

D) Definir las 21 ordenadas de la distribución. El programa realiza la integración de estos valores y calcula la abscisa del centro de gravedad de la distribución por ellos definida.

En la Tabla 3 se reflejan los valores de los índices $m(i)$ para cinco tipos de buques, en cada una de las secciones de trazado. Estos son los valores utilizados por el programa.

TABLA 3 - VALORES DEL INDICE -m-(i)

SECCION	KSHIP=1 PETROL.	KSHIP=2 CARGUERO	KSHIP=3 PORTAC.	KSHIP=4 BULKCAR.	KSHIP=5 OBO
1 (P.P.)	3.30	3.45	3.45	3.45	3.45
2	3.30	5.39	5.39	3.30	3.30
3	2.67	4.88	4.88	2.67	2.67
4	2.21	3.68	3.68	2.21	2.21
5	1.60	2.48	2.48	1.60	1.60
6	1.29	2.05	2.05	1.29	1.29
7	1.00	1.61	1.61	1.00	1.00
8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11 (C.M.)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	1.00	1.91	1.91	1.00	1.00
15	7.00	2.22	2.22	7.00	7.00
16	6.77	2.80	2.80	6.77	6.77
17	6.00	3.39	3.39	6.00	6.00
18	4.67	3.33	3.33	4.67	4.67
19	3.31	3.27	3.27	3.31	3.31
20	2.36	3.44	3.44	2.36	2.36
21 (P.R.)	1.88	2.61	2.61	1.88	1.88
Coeficiente a	0.0147	0.0108	0.0128	0.0106	0.0106



PESO RESTANTE

La curva de distribución del peso restante incluye la estructura longitudinal discontinua y toda la estructura transversal (excepto los mamparos transversales cuando son tratados como pesos locales, items 39, 40, 41, 44, 45 y 46).

La curva también contiene ciertos pesos de habilitación, si estos no se incluyen como pesos locales, por ejemplo pintura, tubería de cubierta, madera, etc.

De forma similar al tratamiento de la estructura longitudinal, el peso restante se refiere a un factor $R(i)$, el cual se da en función de un coeficiente $A(i)$ de área seccional.

Esto quiere decir que las ordenadas de la distribución en las 21 secciones de trazado se calculan así:

$$W_R(i) = R(i) * W_R(11) \quad Tdas/m.$$

Donde:

- $R(i)$ = $A(i)^{p(i)}$
 $A(i)$ = relación del área de la sección transversal i , hasta la cubierta superior continua, al correspondiente valor en la sección maestra.
 $p(i)$ = índice para la sección transversal i . Varía según el tipo de buque.
 $W_R(11)$ = Valor de la ordenada de la curva de distribución del peso restante en la sección maestra, en toneladas/metro.
 $W_R(i)$ = Valor de la ordenada de la curva de distribución del peso restante en la sección i .

Inicialmente se asumió que el peso dado por la curva de peso restante variaba en proporción directa a la relación de áreas tomándose el valor $p(i)=1$. Pero como hay una mayor proporción del peso de la estructura transversal en los extremos que en la zona de la maestra, para aumentar el peso en los extremos y de este modo conseguir una distribución más real, se adoptó un valor de $p(1)$ y $p(2)$ igual a 0.5, manteniéndose un valor igual a la unidad en el $0.4 * L$ de la maestra.

Los valores del índice $p(i)$, para cada sección de trazado y para cada 5 tipos de buques, se muestra en la Tabla 4.



Ordenada en la cuaderna maestra. W (11)

El programa calcula el valor W (11) de la siguiente forma:

En primer lugar se calcula el peso restante:

$$RW = LSW - (LOCALW + LW) \text{ Toneladas}$$

Donde:

- LSW = peso en rosca (dato de entrada), en toneladas.
LOCALW = peso total local, en toneladas, calculado de acuerdo con el párrafo 2.1.
LW = peso continuo longitudinal, en toneladas, calculado de acuerdo con el párrafo 2.2.
RW = peso restante, en toneladas.

De esta ecuación se deducen dos puntos muy importantes:

- 1° El peso en rosca debe ser siempre un dato de entrada.
- 2° Mientras más pesos locales sean definidos como dato de entrada, menor será la cantidad de peso restante y la distribución total se acercará más a la real.

Por ejemplo, si los mamparos transversales no se definen como pesos locales, su peso se incluirá en el peso restante, distorsionando de forma importante la distribución del peso en rosca, ya que un peso concentrado importante es tratado dentro de una distribución continua.

Con objeto de no distorsionar la distribución, debe considerarse que al definir mamparos transversales como pesos locales, deben definirse o todos o ninguno.

Es recomendable definir como peso local, con el item número 50, cualquier item con un peso superior al 1% del peso en rosca.

Después de calcular RW, se calculan los factores R(i). Luego se supone un valor unitario de W(11), se calculan las ordenadas y se hace la integración. El cociente entre el valor de la integración y RW da el valor de W(11).

A partir de este valor se pueden calcular las ordenadas reales de la distribución, R(i), y efectuar la integración, tomando momentos, para calcular la abscisa del centro de gravedad de la misma.



TABLA 4 - VALORES DEL INDICE -P(i)-

SECCION TRAZADO	KSHIP-1 PETROL.	KSHIP-2 CARGUERO	KSHIP-3 PORTAC.	KSHIP-4 BULKCAR.	KSHIP-5 OBO
1 (P.P.)	0.5000	0.50	0.50	0.50	0.50
2	0.6528	0.65	0.65	0.65	0.65
3	0.7778	0.78	0.78	0.78	0.78
4	0.8750	0.87	0.87	0.87	0.87
5	0.9444	0.94	0.94	0.94	0.94
6	0.9861	0.99	0.99	0.99	0.99
7	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
8	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
9	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
11 (C.M.)	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
13	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
14	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
15	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00
16	0.9861	0.98	0.98	0.98	0.98
17	0.9444	0.94	0.94	0.94	0.94
18	0.8750	0.87	0.87	0.87	0.87
19	0.7778	0.78	0.78	0.78	0.78
20	0.6528	0.65	0.65	0.65	0.65
21 (P.R.)	0.5000	0.50	0.50	0.50	0.50



DEFORMACION DE LA DISTRIBUCION CUANDO LCLS ES UN DATO DE ENTRADA

En los párrafos anteriores se ha definido cómo obtener el peso local, LOCW, y la abscisa de su centro de gravedad (a.c.g.), XLOCW (2.1.), el peso continuo longitudinal, LW, y su a.c.g., XLW (2.2.) y el peso restante, RW, y su a.c.g., XRW (2.3.).

El peso en rosca, LSW, es un dato de entrada. La abscisa del centro de gravedad del peso en rosca, XLSW, es:

$$XLSW = \frac{LOCW \cdot XLOCW + LW \cdot XLW + RW \cdot XRW}{LSW}$$

Siendo:

$$LSW = LOCW + LW + RW$$

El usuario tiene la posibilidad de introducir, como dato de entrada la posición de la a.c.g., LCLS, del peso en rosca, la cual, en general, diferirá de la calculada por el programa, como se definió anteriormente, XLSW.

Para adaptar la a.c.g., XLSW calculada por el programa a la a.c.g., LCLS requerida es necesario aceptar la siguiente hipótesis:

La discrepancia entre las dos a.c.g. es debida a la distribución del peso restante.

Se utiliza el siguiente método de deformación:

1. Se calculan las coordenadas del centro de gravedad de la curva de distribución del peso restante (XCG, YCG).
2. Se calcula la a.c.g. de la anterior distribución de forma que la a.c.g. del peso en rosca sea la requerida como dato de entrada:

$$XDATA = \frac{LSW \cdot LCLS - (LOCW \cdot XLOCW + LW \cdot XLW)}{RW}$$

3. Se calcula la tangente del ángulo de la transformación:

$$TFI = \frac{XCG - XDATA}{YCG}$$



4. Se aplica la transformación previa a la curva de distribución del peso restante, como se detalla en el punto 6 y en la figura 2.2.1.
5. Se utiliza un método iterativo para adaptar las pequeñas diferencias entre el peso en rosca real y su a.c.g. y los obtenidos después de la integración de las tres curvas de distribución.

Los valores límite de la diferencia de pesos y abscisas para parar el proceso iterativo pueden ser especificados en la subrutina DEFORM, mediante instrucciones DATA.

Los valores standard son:

1 tonelada, para pesos.
0.01 m., para abscisas.

Puesto que el método utilizado es un proceso iterativo, el número de iteraciones se controla, para que el tiempo de CPU no llegue a dispararse.

Este número puede también especificarse en una instrucción DATA en la subrutina DEFORM. El valor standard es: 5 iteraciones.

6. La transformación de la distribución se lleva a cabo de la siguiente forma:

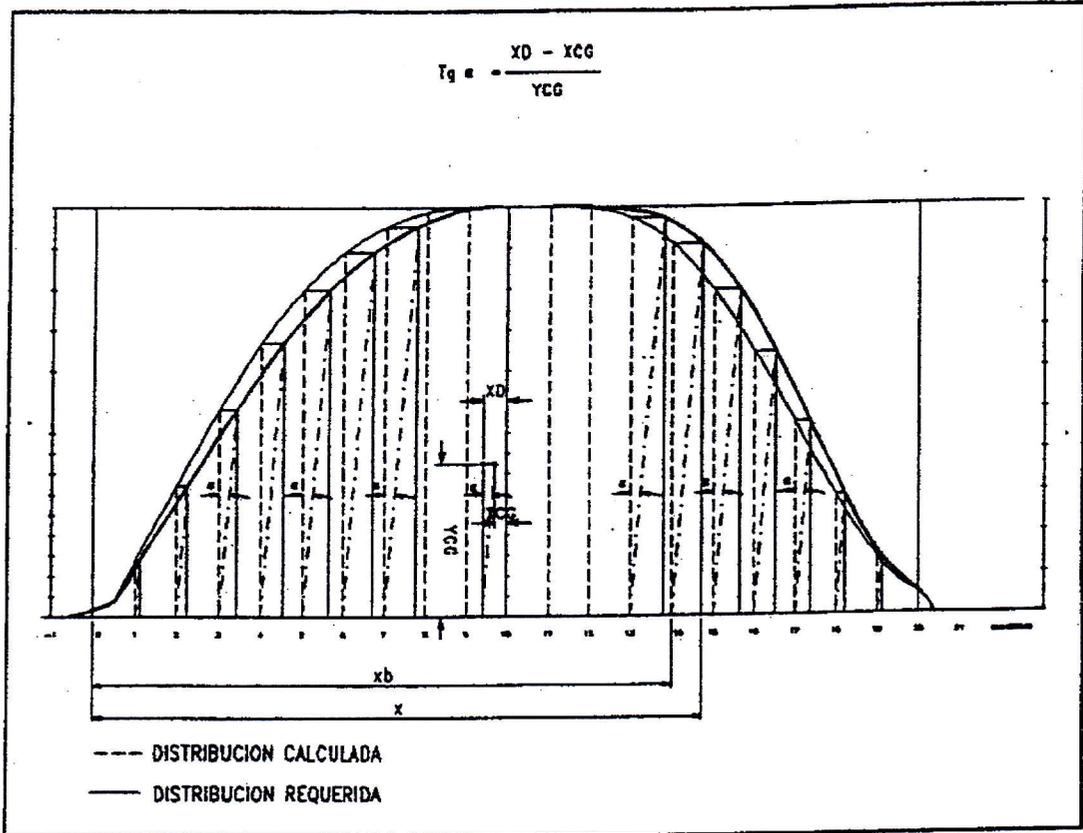
Si $W(i)$ son las ordenadas en las abscisas $X(i)$, estas ordenadas pertenecerán, después de la transformación, a otra abscisa, $XN(i)$, de forma que:

$$XN(i) = X(i) + W(i) * TFI$$

Las nuevas ordenadas, $WN(i)$ pertenecientes a las abscisas primitivas, $X(i)$, se calculan por interpolación parabólica doble en la curva definida por las coordenadas $(XN(i), W(i))$.

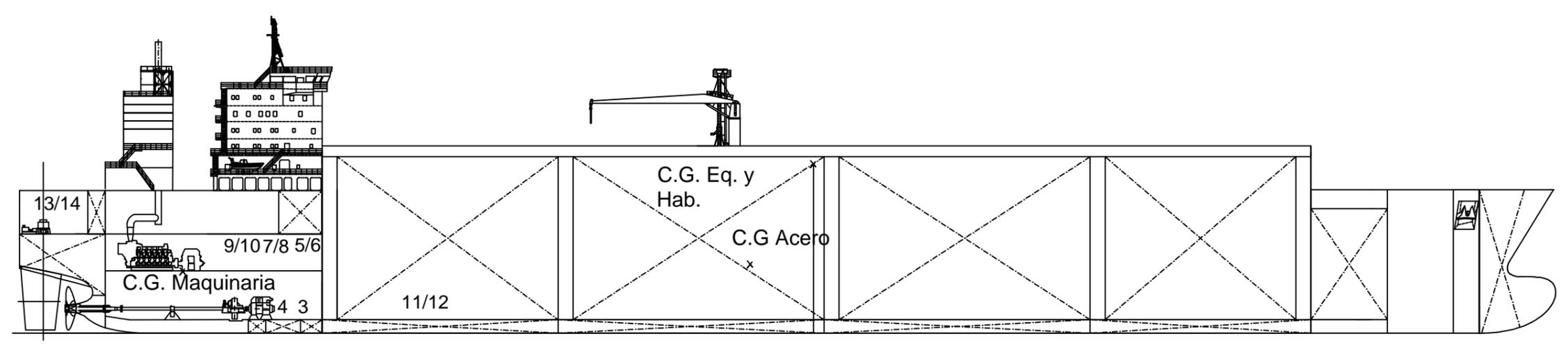
En la ecuación anterior, $W(i) * TFI$ es el desplazamiento de las primitivas ordenadas para obtener la nueva distribución.

El valor YCG previamente calculado no debe confundirse con el KG de la distribución correspondiente.



ANEXO III

Plano centros de gravedad principales



 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO: 17-32 P
PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL	
AUTOR: ISMAEL GRANDAL MOURIZ	ESCALA 1:900