



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2017/18**

PETROLERO DE 300.000 TPM

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno II

DESPLAZAMIENTO Y PESO EN ROSCA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERIA NAVAL Y OCEÁNICA
CURSO 2016-2017

PROYECTO 17-33

TIPO DE BUQUE: Petrolero de crudo de 300.000 TPM.

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

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Crudo y calefacción de tanques.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos a la velocidad de servicio, 85% MCR y 15% MM.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Bombas en cámara de bombas.

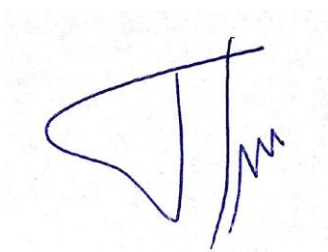
PROPULSIÓN: Motor diésel lento.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 35 tripulantes en camarotes individuales.

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

Ferrol, Febrero de 2017

ALUMNO: D. Pedro Carro Allegue



Fernando Junco Ocampo

CUADERNO II:
DESPLAZAMIENTO Y PESO EN ROSCA

ÍNDICE:

1	Introducción.....	4
2	Cálculo de pesos y centros de gravedad.....	5
2.1	Peso del acero (WST).....	5
2.2	Posición del centro de gravedad del acero.....	8
2.3	Distribución del peso longitudinal continuo de acero.....	9
2.4	Peso de la maquinaria.....	10
2.5	Posición del centro de gravedad de la maquinaria.....	12
2.6	Peso de equipos y habilitación.....	13
2.6.1	Peso de la protección anticorrosiva.....	13
2.6.2	Peso del equipo de amarre y fondeo.....	14
2.6.3	Peso del equipo de navegación.....	15
2.6.4	Peso del equipo de gobierno.....	16
2.6.5	Peso de los equipos de salvamento y conrainscendios.....	16
2.6.6	Pesos de los equipos de manipulación de la carga.....	17
2.6.7	Peso de la habilitación.....	19
2.6.8	Peso de la instalación eléctrica.....	20
2.6.9	Peso de tecles de la cámara de máquinas.....	21
2.6.10	Peso de tuberías y bombas de casco.....	21
2.6.11	Peso escotillas, plataformas y escaleras y pasarela.....	22
3	Cálculo del peso en Rosca.....	24
3.1	Peso del buque en la condición de Rosca.....	24
3.2	Situación del centro de gravedad del rosca.....	24
4	Estimación del Peso Muerto y desplazamiento del buque.....	25
5	Bibliografía.....	26
	ANEXO I: Reglamento del Lloyd's para la distribución del acero.	

1 INTRODUCCIÓN.

Todos los procedimientos de Proyectos de Buques, independientemente del tipo de buque, precisan conocer el desplazamiento del Buque.

Por lo tanto una de las primeras tareas que se le presentan al proyectista es el cálculo del desplazamiento del buque, que por el principio de Arquímedes es igual al peso del buque.

El peso o desplazamiento del buque (Δ) se descompone en dos partidas principals, “Peso en Rosca” (PR) y “Peso Muerto” (PM).

$$\Delta = PR + PM$$

El peso en rosca está conceptualizado como la suma de todos los pesos del buque listo para navegar, excluyendo carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías. El resto es peso muerto.

Debido a que ya conocemos el valor de nuestro peso muerto, ya que es un requerimiento inicial de nuestro proyecto, en este cuaderno, nos centraremos en hacer un desglose más o menos detallado de nuestro peso en rosca, así como fijar la posición del centro de gravedad del mismo.

Para los posteriores cálculos que hagamos, y a no ser que se diga lo contrario, usaremos los términos y formulación que vienen en “El proyecto básico del buque mercante”.

Para comenzar a realizar los cálculos, primero haremos un repaso de las dimensiones principales calculadas en el anterior cuaderno:

Características principales:	
Lpp (m)	305.5
B (m)	63
D (m)	30
T (m)	20.8
DWT (ton)	300000
Cb	0.83

2 CÁLCULO DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD.

Como ya vimos anteriormente el desplazamiento del buque se descompone en dos partidas principales, peso en rosca y peso muerto:

$$\Delta = PR + PM$$

El desglose del peso en rosca del buque podemos dividirlo de la siguiente manera:

Peso del acero

Peso de la maquinaria

Peso del equipo y habilitación

2.1 Peso del acero (WST).

En la partida correspondiente al Peso de Aceros se engloba el peso de toda la estructura:

- Fondos y doble fondos.
- Mamparos transversales.
- Mamparos longitudinales.
- Tanques estructurales.
- Cubiertas intermedias.
- Cubierta superior.
- Toldilla.
- Castillo.
- Chimenea, etc

Según el libro de “El proyecto básico del buque mercante”, podemos definir este peso con la siguiente fórmula, específica para petroleros con doble fondo y doble casco:

$$WST = 0.0685 L_{pp}^{1.7} B^{0.102} D^{0.886}$$

Para nuestro buque tomará el valor de :

$$\underline{WST = 35683,86 \text{ ton}}$$

Otras formulaciones posibles son:

- Método de D.G.M. Watson y A.W. Gilfillan:

El peso se expresa por la ecuación:

$$WST = K \cdot E^{1.36} (1 + 0.5 (Cb_{80D} - 0.7))$$

En donde:

$$E = L (B+T) + 0.85 (D-T) L + 0.85 \sum (l_1 h_1) + 0.75 \sum (l_2 h_2)$$

$l_1 h_1$ = eslora y altura de las superestructuras

$l_2 h_2$ = eslora y altura de las casetas

Como no conocemos las dimensiones de las superestructuras ni de las casetas, según el libro “Proyecto de buques y artefactos”, del profesor Fernando Junco Ocampo., podemos realizar la siguiente aproximación:

$$0.85 \sum (l_1 h_1) + 0.75 \sum (l_2 h_2) = FS$$

Para un buque de 160 m de L \longrightarrow FS = 220

Para un buque de 350 m de L \longrightarrow FS = 250

Para valores intermedios, podemos hacer una interpolación lineal :

$$FS = 242,97$$

Por lo tanto el valor que tomará E en nuestro caso será :

$$E = 28232,88$$

K = varía entre 0.029-0.035; para petroleros de casco sencillo. Nosotros tomaremos el valor más alto (0.035) por ser de doble casco.

$$Cb_{80D} = Cb + (1-Cb) \cdot (0.8D - T) / 3T$$

$$Cb_{80D} = 0,838$$

Con estos valores nuestro WST será igual a :

$$\underline{WST = 42288,14 \text{ ton}}$$

- Método de Harvald :

Este método nos dice que podemos calcularlo con la siguiente fórmula :

$$WST = C_s \cdot (L \cdot B \cdot D + Sup)$$

En donde:

C_s es un coeficiente calculado por la fórmula:

$$C_s = C_{s0} + 0.064 \cdot e^{(-0.5u - 0.10u^{2.45})}$$

$$u = \log (PM / 100)$$

C_{s0}: es un coeficiente que depende del tipo de buque. Para petroleros VLCC tiene un valor de 0,0645

$$C_s = 0,06463336$$

Sup: es el volumen de superestructuras y casetas que si no se conoce puede ser estimado por la fórmula:

$$Sup = 0.8B(1.45L_{pp} - 11)$$

$$Sup = 21771,54 \text{ m}^3$$

Para nuestro buque, entonces, el valor de WST será :

$$\underline{WST = 38726,15 \text{ ton}}$$

Según el método que usemos, podemos ver que obtenemos valores distintos. Para tener un único valor y dado que todos son métodos aproximados, haremos una media de todos los valores obtenidos por los diversos métodos.

PESO DEL ACERO	
Método	WST (ton)
Petroleros con doble fondo y casco	35683,86
Método de Watson	42288,14
Método de haryald	38726,15
Media	38899,38

$$\underline{WST = 38899.38 \text{ ton}}$$

2.2 Posición del centro de gravedad del acero.

En esta sección vamos a calcular la posición del centro de gravedad de la partida de aceros suponiendo que la distribución de peso es simétrica respecto al plano de crujía, teniendo por lo tanto :

$$\underline{YG = 0 \text{ m}}$$

Para calcular la altura del centro de gravedad de la partida del peso de acero empleamos la siguiente fórmula propuesta por Kuppras:

$$KG = 0.01D \cdot (46.6 + 0.135 (0.81 - C_b) \cdot (L / D)^2) + 0.008 \cdot D (L/B - 6.5) - 0.002D$$

Por tanto :

$$\underline{KG = 13,44 \text{ m}}$$

A la hora de calcular la ordenada del centro de gravedad del acero no disponemos de ninguna fórmula específica para petroleros y por lo tanto utilizaremos la fórmula propuesta para graneleros por J.L. García Garcés ya que la estructura es similar a la de los petroleros.

$$XG = 0.48245 L_{pp} + 0.117$$

$$\underline{XG = 147,505 \text{ m}}$$

2.3 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 el cálculo de dicha distribución, nos basaremos en el reglamento de distribución del Lloyd's, que adjuntamos como ANEXO I.

Según este reglamento, construimos la siguiente tabla :

CUADERNA	POSIC. LONG. (m)	PERÍMETRO (m)	m(i)	G(i)	A(i)	W(i) (ton/m)
0	0	81,84	3,3	0,33986711	0,028400119	2,8078814
1	30,55	199,5	2,67	0,828488372	0,605096631	59,82508699
2	61,1	221	1,6	0,917774086	0,871720513	86,18583032
3	91,65	233,4	1	0,969269103	0,969269103	95,83032773
4	122,2	239,2	1	0,993355482	0,993355482	98,21171548
5	152,75	240,8	1	1	1	98,86865003
6	183,3	240,8	1	1	1	98,86865003
7	213,85	240,8	7	1	1	98,86865003
8	244,4	240,2	6	0,997508306	0,985142653	97,3997242
9	274,95	239,8	3,31	0,995847176	0,986319965	97,51612348
10	305,5	72,8	1,88	0,302325581	0,105509801	10,43161164

En donde :

- i: 1,2...10, son nuestras secciones (cuadernas) de trazado.

- m (i): índice para la sección transversal i, en función del tipo de buque. En nuestro caso un petrolero. Estos índices nos los proporciona el Reglamento.

- G (i): relación del perímetro de la sección transversal (i) y el perímetro de la sección maestra.

- A (i): es un coeficiente que obtendremos de la siguiente manera :

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

- W (i): valor del peso por metro de material continuo longitudinal en la sección i, que podemos definirlo con la siguiente expresión :

$$W(i) = A(i) \cdot W_L(10) \text{ [ton/m]}$$

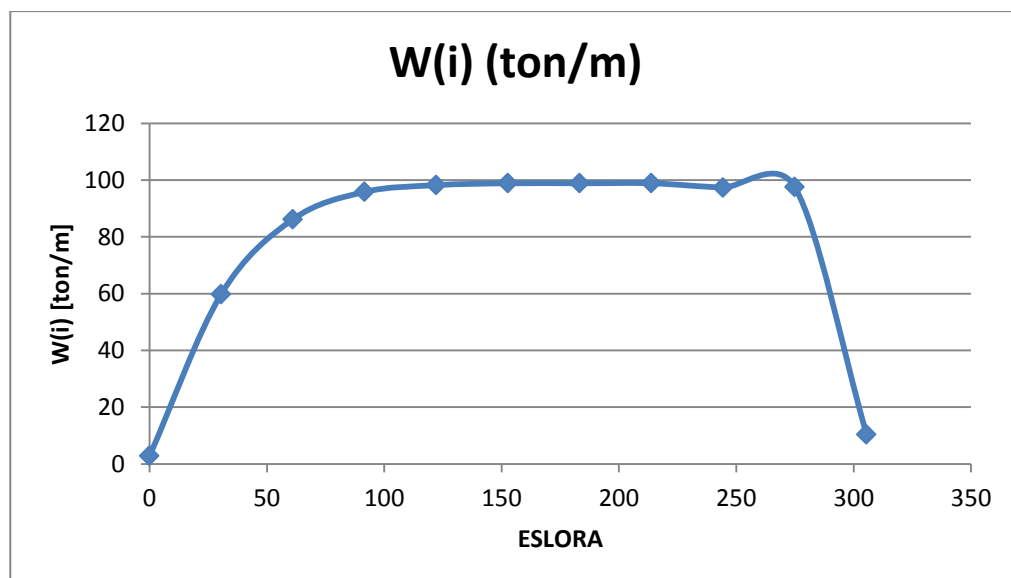
- a: coeficiente para petroleros proporcionado por el Reglamento (0,0147).

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

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

$$W_L(i) = 98,868 \text{ ton/m}$$

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



2.4 Peso de la maquinaria.

Este peso lo podemos agrupar en :

- Peso de la Maquinaria Propulsora (PQP).
- Peso de la Maquinaria Restante (PQR).
- Pesos Restantes de la Maquinaria (RP).

Por tanto :

$$PM = PQP + PQR + RP$$

Para estos cálculos, usaremos la formulación propuesta por el Lloyd's Register.

Para estas fórmulas, debemos conocer los valores de una serie de parámetros, que para petroleros de motores lentos son los siguientes :

$$a= 9.38$$

$$b= 0.84$$

$$c= 0.59$$

$$d= 0.70$$

Ahora procederemos al cálculo :

- Peso del motor (PQP) :

$$PQP = a (\text{BHP}/\text{rpm})^b (\text{Ton})$$

En donde, del cuaderno 6 podemos sacar:

$$\text{BHP} = 41332.5 \text{ HP}$$

$$\text{rpm} = 58$$

Por tanto :

$$\underline{PQP = 2336.71 \text{ ton}}$$

Como en cuadernos siguientes ya tendremos definido nuestro motor propulsor, sacaremos el peso del mismo del catálogo del fabricante. Nuestro motor seleccionado es el siguiente:

MAN B&W G80ME-C9.5

En el catálogo del fabricante, la masa seca de nuestro motor nos indica que es de:

$$\underline{PQP = 1225 \text{ ton}}$$

- Peso de la maquinaria propulsora (PQR):

$$PQR = c (\text{BHP})^d (\text{Ton})$$

$$\underline{PQR = 1005.2 \text{ ton}}$$

- Peso de la maquinaria restante (RP):

La fórmula propuesta por Lloyd`s Register es la siguiente:

$$RP = K VE^1 + h EJ (j L + 5) \text{ (Ton)}$$

En donde:

$$K = 0.0395$$

$$h = 1$$

$$l = 1$$

$$j = 0.0164$$

VE es el vol. de la cámara de máquinas (31053.45 m³,MAXURF)

EJ es la longitud de la línea de ejes fuera de máquinas, 6.02 m

Por tanto:

$$\underline{RP = 1286,8 \text{ ton}}$$

Por tanto el peso total de la maquinaria, será:

$$\underline{\mathbf{PQ = 3517,07 \text{ ton}}}$$

2.5 Posición del centro de gravedad de la maquinaria.

En esta sección vamos a calcular la posición del centro de gravedad de la partida de pesos de la maquinaria suponiendo que la distribución de peso es simétrica respecto al plano de crujía, teniendo por tanto:

$$\underline{\mathbf{YG = 0 \text{ m}}}$$

Para hallar la posición vertical del centro de gravedad del peso de la maquinaria usaremos la fórmula obtenida del libro “Cálculo del Desplazamiento” del profesor Fernando Junco Ocampo:

$$KG = 0.17 \cdot T + 0.36 \cdot D$$

$$\underline{\mathbf{KG = 14.34 \text{ m}}}$$

La posición longitudinal del centro de gravedad, podemos definirla como el centro geométrico de la cámara de máquinas :

$$\underline{XG = 27.31 \text{ m}}$$

2.6 Peso de equipos y habilitación.

En este apartado iremos calculando los pesos por partida, como no se conocen muchos detalles del buque para poder realizar un cálculo detallado del equipo a estas alturas, y debido a la menor importancia relativa de este peso, respecto al peso del acero, haremos los cálculos basándonos en una serie de fórmulas más o menos sencillas del libro “Proyectos de buques y artefactos: Cálculo del desplazamiento” del profesor Fernando Junco.

Estos pesos los dividiremos en:

- Peso de la protección anticorrosiva.
- Peso del equipo de gobierno.
- Peso del equipo de navegación.
- Peso del equipo de amarre y fondeo.
- Peso de salvamento y conraincendios.
- Peso de equipos de manipulación de la carga.
- Peso de la habilitación.
- Peso de la instalación eléctrica.
- Peso de tecles en cámara de máquinas.

2.6.1 Peso de la protección anticorrosiva.

Este peso a su vez lo dividimos en:

Peso de la pintura del buque:

Para buques mayores de 12000 ton de peso de acero:

$$P_i = 0.006 \cdot WST$$

$$\underline{P_i = 233,4 \text{ ton}}$$

Peso de la protección catódica del casco (incluido timón y hélice) por ánodos de sacrificio:

$$P_{cc} = 0.0004 \cdot S_m \cdot a \cdot y$$

Siendo:

$a = 3.5/12$ para ánodos de aluminio de alto rendimiento

$y =$ número de años de protección

$S_m =$ superficie mojada del casco, calculada en el cuaderno anterior (28563,7,MAXURF)

Si se desconoce el tipo de ánodos y el número de años se usarán:

$$a = 1 \text{ (zinc)}, y = 2 \text{ años}$$

$$\underline{P_{cc} = 22,85 \text{ ton}}$$

Peso de la protección catódica de los tanques de lastre de petroleros:

$$P_t = 0.001 \cdot A_t \cdot a \cdot y$$

Siendo:

$A_t =$ área de los tanques de lastre

$$A_t = 1.2 V_t$$

$V_t =$ volumen de los tanques a proteger (87139,11 m³, Maxurf)

$$\underline{P_t = 209,13 \text{ ton}}$$

Por tanto el peso total de la protección anticorrosiva será:

$$\underline{P_{protec} = 465.38 \text{ ton}}$$

Y su centro de gravedad, coincidirá con el del acero:

$$\underline{Y_G = 0 \text{ m}}$$

$$\underline{K_G = 12,532 \text{ m}}$$

$$\underline{X_G = 147,505 \text{ m}}$$

2.6.2 Peso del equipo de amarre y fondeo.

Para ello calcularemos primero el numeral de equipo (NE). Éste se puede obtener de manera aproximada utilizando la tabla “9.5.9” del libro de Fernando Junco. En nuestro caso obtendremos un valor muy cercano a:

$$NE = 10000$$

Ahora con este valor, entramos en la tabla “9.5.6” del mismo libro, y obtendremos el valor muy aproximado del peso de los equipos de amarre y fondeo. Que en nuestro caso es un valor cercano a:

$$\underline{P_{\text{amarre y fondeo}} = 620 \text{ ton}}$$

Para el cálculo del centro de gravedad, podemos suponer lo siguiente:

$$\underline{YG = 0}$$

El KG lo podemos presuponer en la cubierta, sumándole un metro aproximadamente, pues tendremos algunos elementos considerablemente grandes.

$$\underline{KG = 29 \text{ m}}$$

En cuanto a la distribución del XG, podemos suponer lo siguiente:

El 80% está distribuido homogéneamente en proa en el 0.02L, y centrado en el 0.035L desde la perpendicular de proa.

$$\underline{\text{Peso a proa} = 80\% 620 = 496 \text{ ton}}$$

$$XG = Lpp - (0.035 \cdot Lpp)$$

$$\underline{XG \text{ proa} = 294.8 \text{ m}}$$

El 20% restante está centrado en popa y distribuido homogéneamente en el 0.02L de popa.

$$\underline{\text{Peso a popa} = 20\% 620 = 124 \text{ ton}}$$

$$\underline{XG \text{ popa} = 0}$$

Ahora por medio de una tabla de momentos como la siguiente podemos calcular el XG de todo el peso de los sistemas de amarre y fondeo:

	Peso (T)	XG (m)	Mto a XG
Peso a Proa	496	294.8	146220.8
Peso a Popa	124	0	0
TOTAL	<u>620</u>	<u>235.84</u>	146220.8

$$\underline{XG = 235.84 \text{ m}}$$

2.6.3 Peso del equipo de navegación.

Se recomienda tomar el peso del equipo de navegación como:

$$\underline{\mathbf{PN = 2 Ton}}$$

Para el centro de gravedad, midiendo en el plano, tomaremos el centro geométrico del puente de gobierno aproximadamente.

$$\underline{\mathbf{YG = 0}}$$

$$\underline{\mathbf{KG = 51.45 m}}$$

$$\underline{\mathbf{XG = 41.9 m}}$$

2.6.4 Peso del equipo de gobierno.

El peso del equipo de gobierno se calcula, siendo A el área del timón en m² y V la velocidad en pruebas a plena carga en nudos, como:

$$PG = 0.0224 \cdot A \cdot V^{2/3} + 2$$

El área del timón la podemos obtener del cuaderno 6, y tiene un valor de:

$$A = 106.85 \text{ m}^2$$

La velocidad en pruebas es:

$$V_{pruebas} = 1.06 \cdot V_{servicio}$$

$$V_{pruebas} = 15,9 \text{ nudos}$$

Por tanto:

$$\underline{\mathbf{PG = 17.13 ton}}$$

En cuanto a la situación del centro de gravedad del equipo de gobierno, tomaremos el centro de gravedad de este peso aproximadamente en el centro geométrico del local del servo:

$$\underline{\mathbf{YG = 0}}$$

$$\underline{\mathbf{XG = 1 m}}$$

$$\underline{\mathbf{KG = 20.5 m}}$$

2.6.5 Peso de los equipos de salvamento y contraincendios.

Estos pesos los dividiremos en:

Peso del equipo de salvamento:

$$PL = 9.5 + (n - 35) 0.1$$

Siendo n el número de personas a bordo o 35, el que sea mayor. Como el número de tripulantes es de 35 tomaremos $n = 35$.

Si los botes son de tipo cerrado se incrementará el peso en 3.5 ton. En nuestro caso, así serán. Por tanto:

$$\underline{PL = 9.5 + 3.5 = 13 \text{ Ton}}$$

Los botes y balsas de salvamento se encuentran situados sobre cubierta a la altura de la habilitación, podemos tomar midiendo en el plano:

$$\underline{YG = 0}$$

$$\underline{XG = 32.36 \text{ m}}$$

$$\underline{KG = 29 \text{ m}}$$

Peso del equipo contraincendios en Cámara de Máquinas:

$$PI = 0.0025 VE + 1$$

Siendo VE el volumen de la cámara de máquinas. (31053,5 m³, MAXURF)

Por tanto:

$$\underline{PI = 78,63 \text{ ton}}$$

El centro de gravedad, podemos suponer que coincide con el de la cámara de máquinas:

$$\underline{YG = 0}$$

$$\underline{KG = 13.6 \text{ m}}$$

$$\underline{XG = 27.31 \text{ m}}$$

2.6.6 Pesos de los equipos de manipulación de la carga.

En este apartado, diferenciaremos entre el peso de las grúas de cubierta, y el peso de la cámara de bombas.

Peso grúas de cubierta:

CUADERNO II: DESPLAZAMIENTO Y PESO EN ROSCA

PEDRO CARRO ALLEGUE

En nuestro buque, instalaremos dos grúas de servicio hidráulicas con una capacidad de elevación de 16 ton y un alcance de 20 metros cuyo peso es de 32 ton.

Según la tabla 9.5.3 del libro de Fernando Junco el diámetro del polín recomendado es de 1.8 m.

Para calcular el peso del polín de cada grúa, usaremos la fórmula:

$$P_p = 8 \cdot Q \cdot E / 1000 \cdot p$$

En donde:

- Q: Capacidad de elevación de la grúa (16 ton)
- E: Alcance de la pluma (20 m)
- p: Diámetro del polín (1.8 m)

Por tanto:

$$P_p = 1,48 \text{ ton}$$

El peso total de las grúas será la suma de del peso de las grúas más el de sus polines:

$$\underline{P_g = 66,84 \text{ ton}}$$

Y su centro de gravedad, lo supondremos en:

$$\underline{Y_G = 0}$$

$$\underline{K_G = 29 \text{ m}}$$

$$\underline{X_G = 178 \text{ m}}$$

Peso cámara de bombas:

El peso del equipo de carga de petroleros en Cámara de bombas lo podemos definir como:

$$P_B = 0.7 \text{ PM } 0.5$$

$$\underline{P_B = 383.4 \text{ ton}}$$

Y la situación del centro de gravedad será el de la cámara de bombas:

$$\underline{Y_G = 0}$$

$$\underline{K_G = 4.5 \text{ m}}$$

$$\underline{XG = 40.06 \text{ m}}$$

Ahora con una simple tabla de momentos, calcularemos el centro de gravedad de las dos partidas en conjunto:

	<u>Peso (ton)</u>	<u>XG (m)</u>	<u>Momento XG</u>	<u>KG (m)</u>	<u>Momento KG</u>
Grúas de servicio	66,84	178,00	11898,31	29,00	1938,49
Cámara de bombas	383,41	40,06	15359,24	4,50	1725,33
Peso equipos y manipulación de carga	450,25	60,54	27257,55	8,14	3663,81

El peso total es:

$$\underline{Peqybom = 450.25 \text{ ton}}$$

Y su centro de gravedad:

$$\underline{YG = 0}$$

$$\underline{KG = 8.14 \text{ m}}$$

$$\underline{XG = 60.54 \text{ m}}$$

2.6.7 Peso de la habitación.

Para una etapa inicial, podemos aproximar el peso de la habitación como:

$$PA = pa \cdot N$$

Donde:

- N es el número de tripulantes (35)

- pa es un factor relacionado con el estándar de calidad de los camarotes, varía entre 3 y 6.

En nuestro caso tomaremos el valor de 6.

Por tanto:

$$PA = 210 \text{ ton}$$

Debido a la espiral del proyecto, la habitación la hemos definido en el cuaderno 7, y su peso y centro de gravedad podemos definirlo de una manera más exacta.

Para ello en la siguiente tabla veremos el número de camarotes y distintos locales, así como una aproximación de los metros cuadrados de cada uno de esos locales. Esto lo

multiplicaremos por un factor aproximado de peso por unidad de área, obtenido del libro de “Calculo del Desplazamiento” del profesor Fernando Junco Ocampo.

Locales	kg/m ²	m ²	kg
Camarotes oficiales	135	291,00	39285,00
Camarotes tripulaciones	160	509,25	81480,00
Camarote capitan y jef. Maquinas	135	220,50	29767,50
Comedores y salones y sim.	120	619,00	74280,00
Pasillos	80	634	50720,00
Aseos	200	77	15400,00
Cocina	200	83,00	16600,00
Oficio	200	88,00	17600,00
Gambuza seca y pañoles y similares	60	494,00	29640,00
Gambuza frigorífica	190	78,00	14820,00
Lavadero y secadero	150	46,00	6900,00
Locales de control	300	235,00	70500,00
Gimnasio	500	42,00	21000,00
TOTAL			467992,50

Por tanto un peso mucho más real que el calculado anteriormente es el siguiente:

$$PA = 467.99 \text{ ton}$$

El centro de gravedad es el centro de gravedad de la habitación.

$$\underline{YG = 0}$$

$$\underline{KG = 40 \text{ m}}$$

$$\underline{XG = 36.86 \text{ m}}$$

2.6.8 Peso de la instalación eléctrica.

Podemos hacer una estimación del peso de la instalación eléctrica mediante la siguiente fórmula por ser nuestro buque mayor de 60 m de eslora:

$$PIE = \frac{lc + Pm}{1000}$$

Donde:

- lc: longitud de cables en km. Para petroleros se puede estimar como:

$$lc = 1.82 + 0.268 \cdot L + 0.000597 \cdot L^2$$

- Pm: potencia de motores eléctricos en KW.

Por tanto:

$$**PIE = 175,3 ton**$$

Y como centro de gravedad supondremos el mismo que el de la habitación.

2.6.9 Peso de tecles de la cámara de máquinas.

Lo podemos suponer como:

$$P_{TM} = 0,047 \cdot lm \cdot B \cdot 0,60$$

En donde “lm” es la eslora de la cámara de máquinas (31.5 metros)

$$**P_{TM} = 55.96 ton**$$

Y su centro de gravedad lo podemos suponer como coincidente con la cámara de máquinas:

$$**YG = 0**$$

$$**KG = 13.6 m**$$

$$**XG = 27.31 m**$$

2.6.10 Peso de tuberías y bombas de casco.

El peso de las tuberías de casco y de las bombas restantes que no están en la cámara de bombas se puede estimar como:

$$PTBC = 0.0047 \cdot L \cdot (L \cdot B)^{0.5}$$

$$PTBC = 199.2 ton$$

Y el centro de gravedad lo podemos definir sin llegar a mucho error, sobre la cuaderna maestra, y a una altura sobre la cubierta de 0.75 metros. Es decir:

$$**YG = 0**$$

$$**KG = 28.75 m**$$

$$**XG = 152.7 m**$$

2.6.11 Peso escotillas, plataformas y escaleras y pasarela.

- Peso escotillas:

Podemos aproximar como:

$$Pe = 0.417 \cdot \text{número de tanques}$$

Como veremos en el cuaderno 4, tenemos un total de 15 tanques de carga, por tanto:

$$Pe = 6.255 \text{ ton}$$

- Peso plataformas y escaleras:

$$Ppye = 148.4 + 1.08 \cdot 32.5 (D - hd + b) (\text{número tanques} / 1000)$$

hd = altura del doblefondo en metros (3 m)

b = brusca en cubierta superior (no tenemos)

$$Ppye = 161.56 \text{ Ton}$$

- Peso pasarela:

$$Pp = (87.5 lp + 19.2 \cdot lp \cdot hp + 1594 \cdot Np + 288 \cdot Nl + 626 \cdot Nh) \cdot 1/1000$$

En donde:

lp es la longitud de la pasarela (240 m)

hp es la altura de la pasarela (2 m)

Np = número de plataformas 2

Nl = número de escaleras = 15

Nh = número de casetas de protección = 4

$$Pp = 40,22 \text{ ton}$$

El peso total será la suma de estas tres partidas:

$$\mathbf{Pepep = 208.05 \text{ ton}}$$

Y el centro de gravedad lo colocaremos en el centro de la zona de bodegas:

$$\mathbf{YG = 0}$$

$$\mathbf{KG = 29 \text{ m}}$$

$$\mathbf{XG = 122.5 \text{ m}}$$

El peso de todas las partidas de los equipos y habilitación y su centro de gravedad lo calcularemos, con una tabla de momentos, de la siguiente manera:

	Peso (ton)	XG (m)	Momento XG	KG (m)	Momento KG
Peso protección anticorrosiva	465,38	147,505	68646,04	12,53	5832,16
Peso amarre y fondeo	620,00	235,84	146220,80	29	17980,00
Peso equipo navegación	2,00	41,90	83,80	51,45	102,90
Peso equipo de gobierno	21,47	1	21,47	20,5	440,11
Peso salvamento	13,00	32	416,00	29	377,00
Contraincendios	78,63	27,31	2147,48	13,6	1069,42
Peso equipos manipulación carga	450,25	60,54	27258,15	8,14	3665,04
Peso Habilitación	467,99	36,86	17250,20	40	18719,70
Peso instalación eléctrica	175,31	36,86	6461,97	37	6486,51
Peso tecles	55,96	27,31	1528,35	13,6	761,10
Peso bombas casco	199,20	152,7	30417,53	28,75	5726,94
Peso escotilla y pasarela	209,10	122,5	25614,57	29	6063,86
Peso equipos y habilitación	2758,30	118,21	326066,36	24,37	67224,73

Como podemos ver en la tabla el peso de los equipos y habilitación será:

$$\text{Pequipos y habilitación} = 2758.3 \text{ ton}$$

Y el centro de gravedad de los equipos y habilitación es la siguiente:

$$\text{YG} = 0$$

$$\text{KG} = 24.37 \text{ m}$$

$$\text{XG} = 118.21 \text{ m}$$

3 CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA.

Ahora procederemos primero a calcular el peso en Rosca del buque sumando todas las partidas anteriormente calculadas, y aplicarle un porcentaje de margen (según el libro de Fernando Junco será entre 5 % – 10 %).

A continuación de lo anteriormente citado, calcularemos, por medio de una tabla de momentos el centro de gravedad de nuestro buque en Rosca.

3.1 Peso del buque en la condición de Rosca.

El peso en Rosca del buque será:

$$PR = \text{Peso acero} + \text{Peso maquinaria} + \text{Peso equipos y habilitación}$$

A este peso, le debemos de aplicar un margen como hemos dicho. le aplicaremos un margen del 10 %:

	Peso (ton)	XG (m)	KG (m)
Peso de equipos y habilitación	3034,13	118,21	24,37
Peso del acero	42789,32	147,51	12,53
Peso de la maquinaria	3868,78	27,31	14,34
PESO EN ROSCA	49692,23	136,36	13,40

$$\underline{\underline{\text{Peso en Rosca final} = 49692.23 \text{ ton}}}$$

3.2 Situación del centro de gravedad del rosca.

El centro de gravedad del peso en Rosca, como hemos hecho hasta ahora, lo calcularemos con una sencilla tabla de momentos y el resultado lo podemos ver en la tabla anterior.

Por tanto, el centro de gravedad del peso en Rosca del buque será:

$$\underline{\underline{YG = 0}}$$

$$\underline{\underline{KG = 13.4 \text{ m}}}$$

$$\underline{\underline{XG = 136.36 \text{ m}}}$$

4 ESTIMACIÓN DEL PESO MUERTO Y DESPLAZAMIENTO DEL BUQUE.

El peso muerto DWT, está compuesto por:

- La carga útil (cuaderno 4)
 - Tanques Slop: 7255 ton
 - Tanques de carga (98%): 283883 ton
- Los consumos (cuaderno 4)
 - Tanques de F.O. (98%): 2909 ton
 - Tanques de D.O. (98%): 423.2 ton
 - Tanques de Aceite (98%): 146.1 ton
 - Tanques de A.D.(consumo y uso diario): 824.75 ton
- Víveres: los podemos estimar como:

$$\text{Peso víveres [kg]} = \text{días de autonomía (19)} \cdot \text{n}^\circ \text{ tripulantes} \cdot 5$$

$$\text{Peso víveres} = 3.325 \text{ ton}$$

- Tripulación: 150 kg por persona.

$$\text{Peso tripulación [kg]} = 150 \cdot 35$$

$$\text{Peso tripulación} = 5.25 \text{ ton}$$

- Pertrechos: lo podemos aproximar a 100 ton.

Por tanto nuestro Peso Muerto será:

$$\mathbf{DWT = 295549.63 \text{ ton}}$$

Por tanto podemos concluir con nuestro desplazamiento:

$$\Delta = PR + DWT$$

$$\mathbf{\Delta = 345242 \text{ ton}}$$

5 BIBLIOGRAFÍA.

- Proyecto de buques y artefactos - JUNCO OCAMPO, Fernando.
- El proyecto básico del buque mercante - ALBARIÑO, R., AZPIROZ, J.J., MEIZOSO, M
- Apuntes de la asignatura de Proyectos (ITN)
- Reglamento del Lloyd's para la distribución del acero.
- Diverso material web.

ANEXO I:

Reglamento Lloyd's 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:

- 1º El peso en rosca debe ser siempre un dato de entrada.
- 2º 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 ítem número 50, cualquier ítem 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.

