



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2021/2022**

---

*Petrolero VLCC con 300000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNO**

Pedro Lemos González

**TUTOR**

Marcos Míguez González

**FECHA**

JUNIO 2022

## PETROLERO VLCC DE 300000 TPM

### **Castellano:**

El presente proyecto comprenderá el diseño de un buque petrolero de 300000 toneladas de peso muerto con 30 tripulantes que sea capaz de navegar grandes distancias típicas en este tipo de buques.

Concretamente este buque será diseñado para hacer el trayecto de carga en Arabia Saudita y descarga en Singapur, China y Japón. Además, la autonomía será de 18.000 millas (~29.000km).

El buque constará además con un sistema de propulsión de gas capaz de aprovechar los gases residuales de la carga de crudo con el fin de mejorar la eficiencia de la turbina de cara a la contaminación del medioambiente y de reducir las presiones en el interior de los tanques de crudo. El sistema de carga y descarga será por cámara de bombas y el resto de equipo e instalaciones serán los habituales en este tipo de buques.

### **Galego:**

O presente proxecto comprenderá o deseño dun buque petroleiro de 300000 toneladas de peso morto con 30 tripulantes que sexa capaz de navegar grandes distancias típicas neste tipo de buques.

Concretamente este buque será deseñado para facer o traxecto de carga en Arabia Saudita e descarga en Singapur, China e Xapón. Ademáis, a autonomía será de 18 millas (~29.000km).

O buque constará ademáis cun sistema de propulsión de gas capaz de aproveitar os gases residuais da carga de crudo co fin de mellorar a eficiencia da turbina de cara á contaminación do medioambiente e de reducir as presións do interior dos tanques de crudo. O sistema de carga e descarga será por cámara de bombas e o resto de equipo e instalacións serán os habituais neste tipo de buques.

### **English:**

The present project involves a crude carrier ship design of 300000 deathweight tonnage with 30 crew that it will be able to sail very large routes, typical in this kind of ships.

Particullary, this ship will be designed to do routes from Arabia Saudi in loading to Singapore, China and Japan in disloading. Moreover, the autonomy will be of 18.000 miles (~29.000 km).

This ship will consist in adition with a gas propulsion system that it wil be able to take advantage of residual gas from crude to improve the eficiencie of the turbine against the enviromental pollution. That's why the highest presures inside tanks must be reduced in order to difuse danger. Charge system will consist in a pump room and the rest of instalations will be the typical among these kind of ships.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2021/22**

---

*Petrolero VLCC de 300000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno II:**

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

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM

CUADERNO II: CÁLCULO DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DEL PESO EN ROSCA Y DE SUS PARTIDAS CORRESPONDIENTES

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

---

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR

---



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*CURSO 2021-2022*

**PROYECTO NÚMERO**

**TIPO DE BUQUE:**

Petrolero

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:**

DNV, SOLAS y MARPOL.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:**

300000 TPM. Crudos del petróleo y sus derivados con densidad media de 0.95 g/ml

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:**

14.8 Knots de velocidad de servicio. 18.000 millas a velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:**

Cámara de bombas

**PROPULSIÓN:**

Motor Convencional

Combustible: HFO (fuelóleo pesado) y LNG (gas natural licuado)

**TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30**

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

Ferrol, 27 de junio de 2022

ALUMNO/A: **D<sup>a</sup> Pedro Lemos González**

## ÍNDICE

Petrolero VLCC de 300000 TPM.....	2
Índice .....	5
1 Introducción. ....	7
2 Cálculo del peso en rosca (definición).....	9
2.1 1ª Estimación de Peso en Rosca. ....	10
2.2 2ª Estimación de Peso en Rosca. ....	10
2.3 3ª Estimación de Peso en Rosca. ....	11
3 Peso de aceros. ....	13
3.1 Métodos por Características Principales. ....	13
3.1.1 Método de Watson.....	13
3.1.2 Método de Osorio. ....	14
3.1.3 Peso de Aceros Final.....	15
4 Peso de la maquinaria. ....	16
4.1 Estimación preliminar del peso de la maquinaria (PQ).....	16
4.2 Estimación del peso de la maquinaria por formulación. ....	16
4.2.1 Peso de la maquinaria propulsora (PQP).....	16
4.2.2 Peso de la maquinaria restante (PQR). ....	17
4.2.3 Peso de la maquinaria (PQ).....	18
4.3 Posición del centro de gravedad de la maquinaria. ....	18
5 Peso de equipos y habilitación.....	19
5.1 Peso de la protección anticorrosiva. ....	19
5.1.1 Peso de la pintura anticorrosiva.....	19
5.1.2 Peso de la protección catódica del casco. ....	19
5.1.3 Peso de la protección catódica de los tanques de lastre.....	20
5.1.4 Peso total de la protección anticorrosiva.....	20
5.2 Peso del equipo de amarre y fondeo.....	20
5.3 Peso del equipo de navegación. ....	21
5.4 Peso del equipo de gobierno. ....	21
5.5 Peso de los equipos de salvamento y conraincendios. ....	22
5.6 Pesos de los equipos de manipulación de la carga.....	22
5.6.1 Equipo de carga de petroleros en Cámara de Bombas.....	23
5.7 Peso de escaleras, puertas, portillos y ventanas. ....	23

---

5.7.1 Puertas de acero. ....	23
5.7.2 Portillos y ventanas.....	23
5.7.3 Escaleras exteriores. ....	23
5.7.4 Barandillado.....	23
5.7.5 Escala real y planchada.....	24
5.8 Instalación contraincendios por espuma. ....	24
5.9 Peso de la habilitación. ....	24
5.9.1 Subpavimento.....	24
5.9.2 Aislamiento acústico. ....	25
5.9.3 Pavimento PVC. ....	25
5.9.4 Moqueta. ....	25
5.9.5 Techos.....	25
5.9.6 Aseos. ....	25
5.9.7 Camarotes individuales.....	25
5.9.8 Peso de aire acondicionado.....	25
5.9.9 Resumen de pesos de habilitación y centro de gravedad. ....	26
5.10 Peso de tuberías de carga y lastre.....	26
6 Cálculo final del peso en rosca.....	27
7 Estimación del peso muerto y desplazamiento del buque. ....	29
8 Peso muerto.....	30
8.1 Carga útil. ....	30
8.2 Tripulación y pasaje.....	30
8.3 Pertrechos. ....	30
8.4 Consumos. ....	30
9 Situación de los elementos en el buque.....	31
10 Bibliografía.....	32

## 1 INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno procederemos a calcular el peso en rosca del buque, así como la posición del centro de gravedad del mismo.

Se trata de una tarea importantísima en la etapa de diseño del buque dado que un error en el peso en rosca del buque afectaría directamente al peso muerto del mismo, el cual es una condición inicial en nuestro caso y la principal fuente de ingresos del armador.

Cabe destacar que el cálculo exacto de peso en rosca y centro de gravedad del buque no lo sabremos hasta la puesta a flote y por ello vamos a trabajar con coeficientes de seguridad y márgenes suficientes para minimizar los riesgos.

Concretamente en este proyecto, situaremos el eje de coordenadas en la intersección de la perpendicular de popa con la línea de base en el interior del plano de crujía. Con respecto al eje de abscisas será positivo hacia proa en el eje X, positivas hacia babor con respecto a la manga en el eje Y, y con respecto al puntal será positivo en el sentido ascendente del mismo, el eje Z.

Se utilizarán como unidades las toneladas métricas para medir los pesos y los metros para las coordenadas de los centros de gravedad.

Además, también se debe mencionar que para todos los datos que debamos suponer o que no tengamos calculados acudiremos a nuestro buque de referencia, el petrolero DIJILAH.

A partir de este momento se adjuntará en cada apartado de introducción de cada cuaderno, los datos finales del buque del presente proyecto, pues estos irán variando a lo largo del trabajo. Esto no quiere decir que se trabaje en todos los cuadernos con estos datos, simplemente se trabaja con los últimos datos calculados. Los datos finales de nuestro buque son:

$L_{pp}$	325 m
$L_{TOTAL}$	339,3 m
<b>B</b>	60 m
<b>D</b>	30 m
<b>T</b>	19,665 m
$C_b$	0,83
$C_m$	0,99
$C_p$	0,80
$C_{wp}$	0,88
$\Delta$	365.984 ton
$P_{rosca}$	46.442,83 ton
<b>Superficie Mojada</b>	28.080,829 m <sup>2</sup>
<b>Velocidad</b>	14,8 Knots

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM

CUADERNO II: CÁLCULO DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DEL PESO EN ROSCA Y DE SUS PARTIDAS CORRESPONDIENTES

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

<b>Semiángulo de entrada</b>	51°
<b>Potencia al 85%MCR</b>	39.930,71 kW
<b>RPM</b>	86
<b>Coste de Adquisición</b>	126.795.908,8 €

Los campos abarcados en este cuaderno serán:

- Cálculo del peso en rosca del buque.
- Estimación del C.D.G. de estas partidas y del peso en rosca.
- Justificación del C.D.G. de cada partida sobre el plano de DG realizado en el cuaderno I.
- Márgenes considerados en el peso y en los C.D.G.
- Comprobación del peso muerto y de la carga útil.



## 2 CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA (DEFINICIÓN).

El peso en rosca de cualquier buque se puede dividir en tres partidas fundamentales:

- Peso estructural del acero (PS).
- Peso de la maquinaria (PM).
- Peso de equipos y habilitación (PER).

Con respecto al peso del acero estructural, corresponden elementos como los siguientes:  
Fondos y doble fondos (incluye pozos de sentinas)

- Mamparos transversales
- Mamparos longitudinales
- Tanques estructurales
- Cubiertas intermedias
- Bloque de popa (incluye codaste y arbotantes)
- Bloque de proa (incluye caja de cadenas)
- Forro exterior (incluye quillas de balance)
- Cubierta superior
- Toldilla
- Ciudadela
- Castillo
- Plataformas
- Brazolas de escotilla de bodegas de carga
- Troncos de acceso
- Cajas de tomas de mar
- Amuradas
- Cubiertas de habilitación
- Mamparos exteriores de habilitación
- Guardacalor
- Mamparos interiores de acero
- Chimenea
- Casetas de chigres, de frigorígenos, etc.

Con respecto al peso de la maquinaria, corresponden elementos como:

- Maquinaria propulsora
- Línea de ejes, reductores, chumaceras y bocinas
- Hélices
- Sistema de combustible
- Sistema de aceite
- Sistema de aire comprimido de arranque y de control
- Sistemas de refrigeración (incluye generador de agua dulce).
- Sistema de generación de vapor principal
- Sistema de generación de vapor auxiliar
- Sistema de generación de agua caliente
- Grupos electrógenos principales
- Grupos electrógenos de socorro, de puerto y de emergencia
- Sistema de lastre
- Sistema de sentinas
- Sistema de baldeo y contra-incendios
- Sistema sanitario de alimentación y descargas (no incluye aparatos sanitarios en alojamientos)
- Sistemas de telemando en Cámara de Máquinas
- Exhaustación en Cámara de Máquinas

- Pisos y tecles en Cámara de Máquinas
- Ventilación mecánica de la Cámara de Máquinas
- Paños y talleres en Cámara de Máquinas
- Cuadros eléctricos principales y secundarios
- Generadores acoplados a líneas de ejes
- Transformadores
- Baterías
- Grupos convertidores
- Aparatos de alumbrado (excepto habilitación)

Por último, dentro del peso de equipos y habilitación tendremos:

- Elementos de madera del casco
- Protección anticorrosiva y cementados
- Equipo de amarre y fondeo
- Equipo de navegación
- Equipo de gobierno
- Equipo de salvamento y contraincendios
- Equipo de carga y manipulación
- Acondicionamiento de bodegas y tanques de carga
- Cierres diversos y accesos
- Habilitación

Como es lógico, este cuaderno dependerá en su mayor medida de los datos obtenidos en el cuaderno 1 del presente proyecto. Además, cabe destacar que, a lo largo de la realización del proyecto, este cuaderno se actualizará, pues poco a poco tendremos una visión más detallada del petrolero.

Para el cálculo del peso en rosca se deberá tener en cuenta una serie de formulaciones que dependerán del tipo de buque, donde las variables suelen ser las dimensiones principales del buque y las que particularizan el tipo de buque a proyectar (como la potencia propulsora).

## 2.1 1ª Estimación de Peso en Rosca.

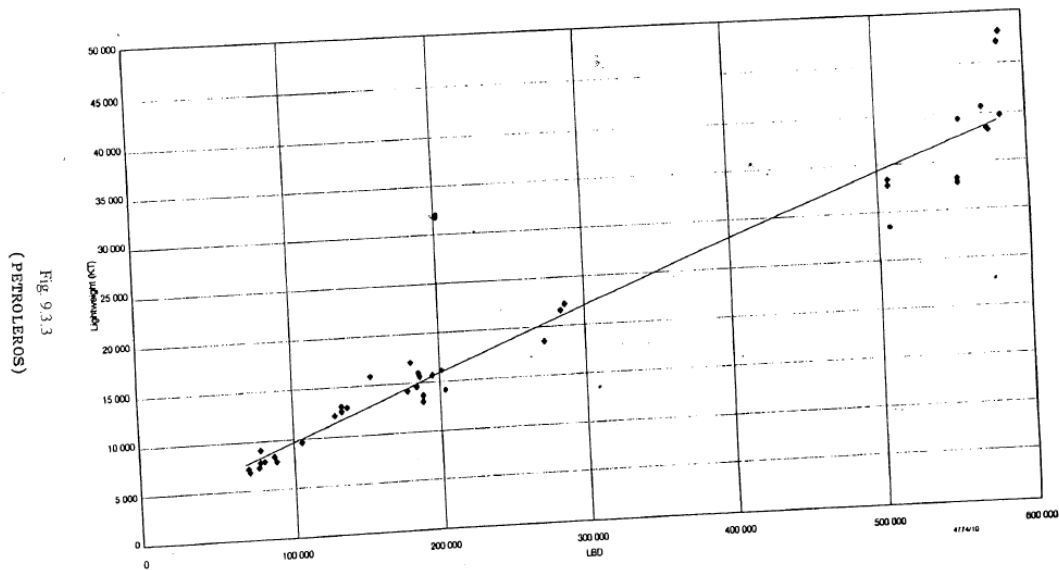
El primer método de cálculo es válido para petroleros de doble casco, nuestro caso. Para ello, se acude al libro “Cálculo del desplazamiento” del ingeniero naval Fernando Junco Ocampo, concretamente en la página 6 del volumen 6. La formulación aplicada dice:

$$\begin{aligned} \text{Peso en Rosca} &= 0.0595 * L_{pp}^{1.65} * B^{0.875} + 0.349 * BHP^{0.893} + 25.07 * DWT^{0.381} \\ \text{Peso en Rosca} &= 0.0595 * 325^{1.65} * 60^{0.875} + 0.349 * 23051.57^{0.893} + 25.07 * 300000^{0.381} \\ \text{Peso en Rosca} &= 35.661,92 \text{ ton} \end{aligned}$$

Este valor es una estimación preliminar, existe simplemente para hacernos una idea del orden del valor que se está comentando.

## 2.2 2ª Estimación de Peso en Rosca.

Otro método para hacer dicha estimación es mediante gráficas de buques construidos a partir de 1980. Se encontrará en el mismo libro ya comentado:



Para un valor de LBT la gráfica nos devuelve un peso en rosca. En nuestro caso, el valor de LBT es de 429.000 m<sup>3</sup>. Por tanto:

***Peso en Rosca ~ 30.000 ton***

### 2.3 3ª Estimación de Peso en Rosca.

En este apartado, calcularemos las dimensiones en función del documento “*Determination of Regression Formulas for Main Dimensions of Tankers and Bulk Carriers Based on IHS Fairplay data*”, el cual es un artículo de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU). En este artículo encontraremos formulación para las estimaciones de los parámetros dimensionales del buque basados siempre en buques del mismo tipo, en nuestro caso los VLCC de entre 250.000 TPM y 330.000 TPM, y la compararemos con lo estimado en el cuaderno 1. Se trata de un ejercicio de redundancia para comprobar que las dimensiones escogidas son adecuadas para continuar con el desarrollo del proyecto.

#### **VLCC (250000 - 330000 DWT)**

$$\text{Length pp} = 293.67 + 0.000085 * \text{DWT}$$

$$\text{Breadth} = 49.01 + 0.0000333 * \text{DWT}$$

$$\text{Depth} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Draught} = 6.85 + 0.000049 * \text{DWT}$$

$$\text{Lightweight/Lpp/B/D} = 1.05 * (0.01912 + 0.00000018212 * \text{DWT})$$

Por tanto, procedemos a comprobar:

$$L_{pp(DTU)} = 293,67 + 0,000085 \times 300.000 = 319,17 \text{ m} \sim L_{pp} = 325 \text{ m}$$

$$B_{(DTU)} = 49,01 + 0,0000333 \times 300.000 = 59 \text{ m} \sim B = 60 \text{ m}$$

$$D_{(DTU)} = 30 \text{ m} \sim D = 30 \text{ m}$$

$$T_{(DTU)} = 6,85 + 0,000049 \times 300.000 = 21,55 \text{ m} \sim T = 22 \text{ m}$$

$$\frac{\frac{PR}{L_{pp}}}{\frac{B}{D_{(DTU)}}} = 1,05 \times (0,01912 + 0,00000018212 \times 300.000) = 0,07747$$

Por tanto, el peso en rosca estimado según la DTU será:

$$PR_{DTU} = 0,07747 \times 30 \times 59 \times 319,17$$

$$\mathbf{PR_{DTU} = 43.766,77 \text{ TPM}}$$

Como conclusión, vemos que todos los resultados son aceptables dado que son prácticamente del mismo orden, a excepción del peso en rosca, que bastante mayor para las recomendaciones de la DTU.

Dicho esto, el peso en rosca más prudente a escoger será el definido por el artículo danés, por lo menos de momento, dado que a priori parece el más desfavorable, aunque el más adecuado para el caso.

### 3 PESO DE ACEROS.

Este apartado corresponde al cálculo del peso del acero estructural. Para ello, se hará uso de distintas formulaciones y métodos existentes, entre los cuales en este cuaderno veremos los siguientes:

- Estimación preliminar del peso de aceros:

Se trata de un método basado en la estimación de cada uno de los pesos en los que se divide el buque del proyecto. Sabiendo el desglose de los pesos, se podrá hacer una estimación del peso final de aceros del buque. Las expresiones generalmente utilizadas son el método del Número Cúbico, el método del Peso por Metro y el método por Correcciones Dimensionales.

- Métodos por Características Principales:

La expresión utilizada en este caso depende, como el nombre del método dice, de las características principales del buque. Se muestra a continuación:

$$P = L^a * B^b * D^c * Cb^d * e$$

Donde los valores de los exponentes son constantes en función de la formulación utilizada. Las formulaciones más importantes del método son el método de Osorio y el método de Watson.

- Métodos por Módulo Resistente de la Cuaderna Maestra:

Para la aplicación de este tipo de métodos se necesita información muy detallada de la estructura del buque del proyecto. Por ello, este método es adecuado para las fases finales del proyecto en cuestión, pues la mayor parte del buque está correctamente definida. Como nosotros aún estamos en la fase de diseño del buque, descartaremos este método por el momento.

- Métodos por superficies:

Se hace el cálculo del peso del acero estructural como una serie de superficies que integran la totalidad de la estructura del buque. Entre estos métodos, destaca el método de Buxton, aunque no utilizaremos estos métodos dada la fase inicial del proyecto en la que nos encontramos.

- Método por coeficientes:

Se utilizarán unos coeficientes multiplicativos u otros en función del tipo de buque a tratar. Este método tampoco lo tendremos en cuenta por el momento.

Resumidos todos los métodos que se han tenido en cuenta, parece ser que a priori, lo más sensato es utilizar el *método por Características Principales*, el cual se resolverá en el siguiente apartado.

#### 3.1 Métodos por Características Principales.

##### 3.1.1 Método de Watson.

La formulación según este método es:

$$E = Lpp * (B + D) + 0.85 * Lpp * (D - T) + Fs$$

Si  $W_{st}$  es el peso del acero del buque proyecto y  $W_{sto}$  el peso del buque estándar obtenido en la gráfica de la fig. 9.4.28 para un coeficiente de bloque que difiera de 0.7 se tiene:

$$W_{st} = W_{sto} * (1 + 0.5 * (C_{bp} - 0.7))$$

Donde:

$$C_{bp} = C_b + (1 - C_b) * \left( \frac{(0.8 * D - T)}{3 * T} \right) = 0.833$$

$$W_{sto} = K * E^{1.36}$$

$K$ : se obtiene en la tabla 9.4.29 del libro "Cálculo del Desplazamiento". Para el caso de un petrolero es de  $K=0.029$ .

$F_s$ : factor de superestructuras. Se calculará interpolando según la siguiente formulación:

$$0.85 \sum (l_1 * h_1) + \sum (l_2 * h_2) = F_s$$

Como no conocemos las dimensiones de las superestructuras ni de las casetas, según el libro antes mencionado se aproxima de la siguiente forma:

- Para buques de 160m de  $L \rightarrow F_s=220$
- Para buques de 350m de  $L \rightarrow F_s=250$

Como nuestro valor está a medias (325 m) de uno y otro interpolamos y nos resulta que:

$$F_s = 246,05$$

Por tanto, nuestro  $E$  será:

$$E = 325 * (60 + 29) + 0.85 * 325 * (29 - 22) + 246.05$$

$$E = 31.104,8$$

Así pues, ya podemos calcular el valor del  $W_{sto}$  y a continuación el  $W_{st}$ :

$$W_{ST0} = 0,029 * 31.104,8^{1,36} = 37.380,34$$

$$W_{ST} = 37.380,34 * (1 + 0,5 * (0,833 - 0,7))$$

$$W_{ST} = 39.866,13 \text{ ton}$$

### 3.1.2 Método de Osorio.

Este método consta de un estudio de ajuste de funciones no lineales, mediante la aplicación del Algoritmo de Rosenbrock, y se deduce la siguiente ecuación:

$$W_{ST} = L^c * (B * C)^d * (a + b * Cb)$$

Si se tiene en cuenta la muestra de buques de la entonces División Naval del I.N.I se consigue una nueva expresión:

$$W_{ST} = \left( \frac{L}{10} \right)^{1,3760} * \left( \frac{B * D}{100} \right)^{0,7449} * (0,0542 - 0,0017 * Cb) * 1000$$

$$W_{ST} = \left( \frac{225}{10} \right)^{1,3760} * \left( \frac{60 * 29}{100} \right)^{0,7449} * (0,0542 - 0,0017 * 0,83) * 1000$$

$$W_{ST} = 32.153,76 \text{ ton}$$

### 3.1.3 Peso de Aceros Final.

Una vez obtenidos los pesos del acero estructural por diferentes métodos, haremos una media de ambos para establecer nuestro peso de acero final:

$$W_{ST} = \frac{W_{st_{WATSON}} + W_{st_{OSORIO}}}{2} = \frac{39.866,13 + 32.153,76}{2}$$

$$W_{ST\ FINAL} = 36.010\ ton$$

Una vez sabemos el peso de acero estructural, debemos calcular la posición del centro de gravedad. En primer lugar, para la altura del centro de gravedad utilizaremos la formulación de Kuppras, que dice así:

Si se cumple la simetría:

$$YG = 0\ m$$

Ahora procedemos al cálculo de la altura del centro de gravedad. Para ello disponemos de la fórmula de Kuppras:

$$KG = 0.01 * D * \left( 46.6 + 0.135 * (0.81 - Cb) * \left( \frac{L}{D} \right)^2 \right) + 0.008 * D * \left( \frac{L}{B} - 6.5 \right) - 0.002 * D$$

$$KG = 0.01 * 29 * \left( 46.6 + 0.135 * (0.81 - 0.83) * \left( \frac{325}{29} \right)^2 \right) + 0.008 * 29 * \left( \frac{325}{60} - 6.5 \right) - 0.002 * 29$$

Entonces:

$$KG = 13.12\ m$$

Por último, para el cálculo de la coordenada longitudinal recurriremos al libro de J.L. García Garcés, donde existe una formulación para graneleros, buques muy parecidos a los petroleros en esta fase de diseño, y que sigue tal como se ve a continuación:

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

$$XG = 156,91\ m$$

## 4 PESO DE LA MAQUINARIA.

En general el peso total de la maquinaria (PQ) incluye lo siguiente:

- Peso del motor (es) principal (es).
- Peso de la maquinaria auxiliar.
- Peso del propulsor (hélice).
- Peso del eje de cola, intermedio, etc.
- Respetos reglamentarios.

Dentro del apartado de la maquinaria auxiliar se incluye la reductora si la lleva, los grupos electrógenos, la caldera, etc. cuyos pesos si son de entidad, se pueden estimar individualmente.

La estimación preliminar del peso de la maquinaria se puede realizar por varios métodos. En nuestro caso nos basaremos principalmente en el libro de "Proyectos de buques y artefactos" de *Fernando Junco Ocampo*.

### 4.1 Estimación preliminar del peso de la maquinaria (PQ).

En una fase inicial como en la que estamos, el peso total de la maquinaria puede estimarse a partir de las siguientes expresiones para motores Diesel:

$$PQ = BKW * \frac{895 - 0.0025 * BKW}{10000(Tm)}$$

Nuestra MCR según los cálculos del cuaderno I es de 27.727,29 KW, por tanto:

$$PQ = 2.289,39 \text{ ton}$$

### 4.2 Estimación del peso de la maquinaria por formulación.

Para el cálculo del peso de la maquinaria (PQ) se calculan generalmente las siguientes partidas:

- Peso de la maquinaria propulsora (PQP).
  - Peso del motor propulsor (QP).
  - Peso restante de la maquinaria propulsora (RP).
- Peso de la maquinaria restante (PQR).

Por tanto:

$$PQ = PQP + PQR$$

$$PQP = QP + RP$$

Se recurre a la formulación indicada en el *Lloyd's Register* para realizar los cálculos.

#### 4.2.1 Peso de la maquinaria propulsora (PQP).

##### 4.2.1.1 Peso del motor (QP).

El peso correspondiente al motor propulsor se rige con la siguiente fórmula:

$$QP = a * \left( \frac{BHP}{rpm} \right)^b$$

Donde:

BHP: potencia de freno (27.727,29 kW = 37.182,85 HP).

rpm: revoluciones por minuto del motor (58 rpm).



a, b: coeficientes de referencia en la tabla 9.5.2 del libro “Cálculo del Desplazamiento”. En nuestro caso a=9.38 y b=0.84.

Por tanto:

$$QP = 9,38 * \left(\frac{37.182,85}{58}\right)^{0,84}$$

$$QP = 2.138,02 \text{ ton}$$

#### 4.2.1.2 Peso restante de la maquinaria propulsora (RP).

$$RP = c * BHP^d$$

En este caso, los coeficientes c y de se consiguen de forma análoga a los coeficientes del apartado anterior. En este caso c=0.59 y d=0.70

Por tanto, el peso de maquinaria propulsora restante quedará como:

$$RP = 0,59 * 37.182,85^{0,70}$$

$$RP = 933,45 \text{ ton}$$

#### 4.2.2 Peso de la maquinaria restante (PQR).

El Lloyd’s Register en la misma referencia y para motores diesel indica:

$$PQR = k * VE^l + h * EJ * (j * L + 5)$$

Donde:

k,l,h y j: coeficientes e índices de regresión (Fig. 9.5.2). Ponemos a continuación la tabla de coeficientes para petroleros de motor lento y una hélice:

a	9.38
b	0.84
c	0.59
d	0.70
e	0.00015
f	0.667
g	3.00
h	1.00
j	0.0164
k	0.0395
l	1.00

VE: volumen de la cámara de máquinas (m<sup>3</sup>). Lo podemos aproximar según lo que se verá en el cuaderno 4 a 9.120 m<sup>3</sup>.

EJ: longitud línea de ejes fuera de máquinas. Lo podemos aproximar por analogía al buque de referencia a 5 metros.

L: eslora entre perpendiculares (325 metros).

Por tanto:

$$PQR = 0,0395 * 9.120^1 + 1 * 5 * (0,0164 * 325 + 5)$$

$$PQR = 411,89 \text{ ton}$$

#### 4.2.3 Peso de la maquinaria (PQ).

Como ya se dijo en la introducción del apartado 4.2, el peso de la maquinaria (PQ) será la suma de el peso de la maquinaria propulsora (PQP) y el peso de la maquinaria propulsora restante (PQR). Por tanto, el peso final de la maquinaria será:

$$PQ = PQP + PQR$$

$$PQ = QP + RP + PQR$$

$$PQ = 2.138,02 + 933,45 + 411,89$$

$$PQ = 3.483,36 \text{ ton}$$

#### 4.3 Posición del centro de gravedad de la maquinaria.

En esta sección se calculará el centro de gravedad del peso antes calculado. En nuestro caso, el motor a priori estará colocado en el plano de crujía, por tanto:

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

Para hallar la posición del centro de gravedad en el eje vertical recurrimos al libro de Fernando Junco, donde se da la siguiente expresión:

$$KG = 0.17 * T + 0.36 * D$$

Por tanto:

$$KG = 14.18 \text{ m}$$

Por último, la posición longitudinal del centro de gravedad estará en el centro geométrico de la cámara de máquinas. Si observamos en el cuaderno 3, la posición final elegida es la siguiente:

$$XG = 30,57 \text{ m}$$

## 5 PESO DE EQUIPOS Y HABILITACIÓN.

En este apartado se irán calculando los pesos por partida siguiendo el libro de “Proyectos del buque y artefactos” de *Fernando Junco Ocampo*.

En esta fase de diseño se tomarán valores de pesos a partir de fórmulas que estiman los mismos, ello es porque no tenemos especificados con precisión cada uno de los elementos del buque ni la distribución de la habilitación. Se calcularán los siguientes pesos:

- 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.

### 5.1 Peso de la protección anticorrosiva.

Este peso se subdivide en:

- Peso de la pintura anticorrosiva.
- Peso de la protección catódica del casco.
- Peso de la protección catódica de los tanques de lastre.

#### 5.1.1 Peso de la pintura anticorrosiva.

En buques mayores de 12.000 Tm de peso de acero:

$$P_i = 0.006 * PS = 0,006 * 36.010$$

$$P_i = 216,06 \text{ ton}$$

#### 5.1.2 Peso de la protección catódica del casco.

Se calculará el peso de la protección catódica del casco (incluido timón y hélice) por ánodos de sacrificio, Pcc:

$$P_{cc} = 0.0004 * S_m * a * y$$

Donde:

$S_m$ : superficie mojada del casco (utilizamos la fórmula de Denny).

$$S_m = L * T * \left(1.7 + \frac{Cb}{T}\right)$$

$$S_m = 325 * 22 * \left(1.7 + \frac{0,83}{22}\right)$$

$$S_m = 12.424,75 \text{ m}^2$$

Como desconocemos el tipo de ánodos y el número de años se usarán  $a=1$  (Zinc) e  $y=2$  años.

Por tanto:

$$P_{cc} = 9,94 \text{ ton}$$

### 5.1.3 Peso de la protección catódica de los tanques de lastre.

Se calculará el peso de la protección catódica de los tanques de lastre de petroleros:

$$P_t = 0.001 * A_t * a * y$$

Donde:

$A_t$ : área de los tanques de lastre.

$$A_t = 1.2 * V_t$$

$V_t$ : volumen de los tanques a proteger, sacamos el dato exacto de los calculado en el cuaderno 4 (110.394,605 m<sup>3</sup>)

$$A_t = 132.473,526 \text{ m}^3$$

Desconocemos el tipo de ánado, así pues:  $a=1$  e  $y=2$ .

Por tanto:

$$P_t = 264,95 \text{ ton}$$

### 5.1.4 Peso total de la protección anticorrosiva.

El peso total de la protección anticorrosiva será la suma de los apartados anteriores:

$$P_{prot.} = 216,06 + 9,94 + 264,95$$

$$P_{prot.} = 490,95 \text{ ton}$$

El centro de gravedad será el mismo que para el del acero ya calculado:

$$XG = 156,91 \text{ m}; YG = 0 \text{ m}; KG = 13,12 \text{ m}$$

## 5.2 Peso del equipo de amarre y fondeo.

Para el cálculo de peso del equipo de amarre y fondeo se parte del numeral de equipo (NE). Este valor lo sacaremos de la tabla 9.5.9. del libro de Fernando Junco ya mencionado varias veces en este apartado. En nuestro caso, para un peso muerto de 300.000 toneladas, se obtiene aproximadamente:

$$NE = 10.000$$

Con este valor entramos en la tabla 9.5.6. del mismo libro y obtendremos un valor estimado de lo que pesa nuestro sistema de amarre y fondeo:

$$P_{amarre \text{ y } fondeo} = 610 \text{ ton}$$

Para el cálculo del centro de gravedad del equipo de amarre y fondeo, debemos hacer diferentes suposiciones. Con respecto a crujía lo suponemos simétrico, por tanto:

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

El KG lo supondremos en cubierta, por tanto:

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

Se supone que el 80% del peso estará centrado en popa en un 0.035L, mientras que el restante 20% estará centrado en popa en un 0.02L. Por tanto:

$$Peso_{proa} = 80\% P_{amarre y fondeo} = 488 \text{ ton}$$

$$XG = L_{pp} - (0.035 * L_{pp}) = 313,625 \text{ m}$$

$$Peso_{popa} = 20\% P_{amarra y fondeo} = 122 \text{ ton}$$

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

Por tanto, para el XG final del sistema de amarre y fondeo:

	Peso (ton)	XG (m)	Momento respecto Lpp <sub>popa</sub>
Peso Proa	488	313,625	153049
Peso Popa	122	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>610</b>	<b>250,9</b>	<b>153049</b>

$$XG = 250,90 \text{ m}$$

### 5.3 Peso del equipo de navegación.

El peso de los equipos que integran este concepto es muy reducido y se recomienda tomar el peso del equipo de navegación PN como:

$$PN = 2 \text{ ton}$$

Con respecto al centro de gravedad del mismo, tomaremos medidas sobre el plano de nuestro buque de referencia y supondremos lo siguiente:

$$XG = 40 \text{ m} ; YG = 0 \text{ m} ; KG = 50 \text{ m}$$

\*Se trata de valores aproximados.

### 5.4 Peso del equipo de gobierno.

Para el cálculo de este peso se aplicará la siguiente fórmula:

$$PG = 0.0224 * A * v^{\frac{2}{3}} + 2$$

Donde:

A: área del timón.

$$A = L * T * \frac{1.1 + 25 * \frac{B^2}{L^2}}{100}$$

$$A = 325 * 22 * \frac{1.1 + 25 * \frac{60^2}{325^2}}{100}$$

$$A = 139,57 \text{ m}^2$$

v: velocidad en prueba.

$$v = 1.06 * v_{servicio} = 1.06 * 14,8 = 15,688 \text{ knots}$$

Por tanto:

$$PG = 21,6 \text{ ton}$$

El centro de gravedad del equipo de gobierno lo situaremos aproximadamente en el centro geométrico del local del servo:

$$XG = 0 \text{ m}; YG = 0 \text{ m}; KG = 20 \text{ m}$$

## 5.5 Peso de los equipos de salvamento y contraincendios.

Este peso se compone de el peso del equipo de salvamento y del contraincendios, que se calcularán a continuación.

- Peso del equipo de salvamento:

$$PES = 9.5 + (N - 35) * 0.1$$

Donde:

Si los botes son de tipo cerrado se incrementará el peso en 3.5 ton (es nuestro caso).  
Siendo N, además, el número de personas a bordo (30 personas).

Por tanto:

$$PL = 12.5 \text{ ton}$$

Como los botes se suelen colocar en cubierta en las mediaciones de la habitación, el centro de gravedad será aproximadamente:

$$XG = 30 \text{ m}; YG = 0 \text{ m}; KG = 30 \text{ m}$$

- Peso del equipo contraincendios:

$$PECI = 0.0025 * VE + 1$$

Donde:

VE: volumen de cámara de máquinas en m<sup>3</sup>.

$$VE = 0.5 * LM * B * D$$

LM: eslora de cámara de máquinas (~40 m).

$$VE = 0.5 * 40 * 60 * 29$$

$$VE = 34.800 \text{ m}^3$$

Por tanto:

$$PI = 88 \text{ ton}$$

El centro de gravedad se puede aproximar al del centro de gravedad de la maquinaria:

$$XG = 30,57 \text{ m}; YG = 0 \text{ m}; KG = 14,18 \text{ m}$$

## 5.6 Pesos de los equipos de manipulación de la carga.

En este apartado habrá cosas que no incluiremos como las grúas, que en principio en nuestro buque no van a hacer falta, se incluirán aspectos típicos de petroleros.

### 5.6.1 Equipo de carga de petroleros en Cámara de Bombas.

El peso  $P_b$  de este equipo se puede obtener:

$$P_b = 0.7 * PM^{0.5}$$

Donde  $PM$  es el peso muerto (300.000 ton).

Por tanto:

$$P_b = 383,41 \text{ ton}$$

El centro de gravedad de los equipos de manipulación de la carga en este petrolero se situará en la cámara de máquinas. Aproximadamente será:

$$XG = 40 \text{ m} ; YG = 0 \text{ m} ; KG = 13 \text{ m}$$

## 5.7 Peso de escaleras, puertas, portillos y ventanas.

Para el cálculo de estos pesos utilizaremos una serie de formulaciones que dependerán fundamentalmente del número de cubierta de alojamiento y el número de tripulantes.

$$NH: n^{\circ} \text{ de cubiertas de alojamientos} \rightarrow 6$$

$$N: n^{\circ} \text{ de tripulantes} \rightarrow 30$$

### 5.7.1 Puertas de acero.

$$P_{pa} = 0.56 * (NH + 1)$$

$$P_{pa} = 0.56 * (6 + 1)$$

$$P_{pa} = 3.92 \text{ ton}$$

Cuya posición será:

$$XG = 30 \text{ m} ; YG = 0 \text{ m} ; KG = 35 \text{ m}$$

### 5.7.2 Portillos y ventanas.

$$P_{pv} = 0.12 * N$$

$$P_{pv} = 0.12 * 30$$

$$P_{pv} = 3,6 \text{ ton}$$

Cuya posición será:

$$XG = 30 \text{ m} ; YG = 0 \text{ m} ; KG = 35 \text{ m}$$

### 5.7.3 Escaleras exteriores.

$$P_{EE} = 0.80 * NH + 0.6$$

$$P_{EE} = 0.80 * 6 + 0.6$$

$$P_{EE} = 5.4 \text{ ton}$$

Cuya posición será:

$$XG = 30 \text{ m} ; YG = 0 \text{ m} ; KG = 35 \text{ m}$$

### 5.7.4 Barandillado.

$$P_{BA} = 0.245 * (NH + 2) + 0.03 * L_{pp}$$

$$PBA = 0.245 * (6 + 2) + 0.03 * 325$$

$$**PBA = 11,71 ton**$$

Cuya posición será:

$$**XG = 162,5 m ; YG = 0 m ; KG = 30,5 m**$$

### 5.7.5 Escala real y planchada.

$$PER = 0.3 * (D - 0.6 * T)$$

$$PER = 0.3 * (29 - 0.6 * 22)$$

$$**PER = 4,74 ton**$$

Cuya posición será:

$$**XG = 95,33 m ; YG = 0 m ; KG = 12,18 m**$$

## 5.8 Instalación contraincendios por espuma.

$$PECI = (4 * L * B + 1400) * \left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$PECI = (4 * 325 * 60 + 1400) * \left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$**PECI = 79,4 ton**$$

Cuya posición será:

$$**XG = 45,74 m ; YG = 0 m ; KG = 14,62 m**$$

## 5.9 Peso de la habilitación.

El peso de la habilitación se puede determinar por diferentes métodos. En este caso utilizaremos el método más empleado, el cual parte, en primer lugar, de la superficie aproximada de habilitación.

Como esta partida no está definida de forma detallada, debemos hacer una estimación en función a los buques de nuestra base de datos y nuestro buque de referencia:

$$SH = 9.000 m^2$$

*\*Suponemos una superficie en planta de 30x50 m<sup>2</sup> multiplicado por el número de plantas que serán 6.*

Dicho esto, el peso de la habilitación se divide a su vez en los siguientes apartados.

### 5.9.1 Subpavimento.

Se consideran 28 Kg/m<sup>2</sup>:

$$PSP = 28 \frac{Kg}{m^2} * 9.000 m^2$$

$$PSP = 252.000 Kg$$

$$**PSP = 252 ton**$$



**5.9.2 Aislamiento acústico.**

Se aplica un valor de 16Kg/m<sup>2</sup>:

$$PAA = \frac{16Kg}{m^2} * 9.000 m^2$$

$$PAA = 144.000 Kg$$

$$PAA = 144 ton$$

**5.9.3 Pavimento PVC.**

Se aplica un valor de 4 Kg/m<sup>2</sup> al 80% de la habilitación, por tanto:

$$P_{PVC} = 4 * 0,8 * 9.000$$

$$P_{PVC} = 28.800 Kg$$

$$P_{PVC} = 28,8 ton$$

**5.9.4 Moqueta.**

Se aplican 9 Kg/m<sup>2</sup> al 20% de la habilitación:

$$PMQ = 9 * 0,2 * 9.000$$

$$PMQ = 16.200 Kg$$

$$PMQ = 16,2 ton$$

**5.9.5 Techos.**

Se pueden estimar 17 Kg/m<sup>2</sup>:

$$PT = 17 * 9.000$$

$$PT = 153.000 Kg$$

$$PT = 153 ton$$

**5.9.6 Aseos.**

Se pueden calcular suponiendo un peso de 500 Kg por unidad de tripulación:

$$PAS = 500 * 30$$

$$PAS = 15.000 Kg$$

$$PAS = 15 ton$$

**5.9.7 Camarotes individuales.**

Será un valor de 360 Kg por unidad de tripulación, por tanto:

$$PCI = 360 * 30$$

$$PCI = 10.800 Kg$$

$$PCI = 10,8 ton$$

**5.9.8 Peso de aire acondicionado.**

Se estima según la siguiente fórmula:

$$PAA = 0,020 * SH$$

$$PAA = 0,020 * 9.000$$

$$PAA = 180 \text{ ton}$$

### 5.9.9 Resumen de pesos de habilitación y centro de gravedad.

Pesos de Habilitación	
Peso de Subpavimento	252
Peso de Aislamiento Acústico	144
Peso de Pavimento PVC	28,8
Peso de Moqueta	16,2
Peso de Techos	153
Peso de Aseos	15
Peso de Camarotes Individuales	10,8
Peso de Aire Acondicionado	180
<b>SUMA TOTAL HABILITACIÓN</b>	<b>799,8</b>

Por tanto, el peso final de habilitación será:

$$PHAB = 799,8 \text{ ton}$$

Cuya posición del centro de gravedad será, aproximadamente:

$$XG = 45 \text{ m} ; YG = 0 \text{ m} ; KG = 36 \text{ m}$$

### 5.10 Peso de tuberías de carga y lastre.

El peso de esta partida se puede estimar como:

$$PTBC = 0.0048 * L * (L * B)^{0.5}$$

$$PTBC = 210,36 \text{ m}$$

El centro de gravedad se puede definir sobre la cuaderna maestra a una altura de 0.75 m sobre la cubierta, es decir:

$$XG = 155,466 \text{ m} ; YG = 0 \text{ m} ; KG = 30,75 \text{ m}$$

## 6 CÁLCULO FINAL DEL PESO EN ROSCA.

Para el cálculo del peso en rosca sumaremos los pesos calculados en los apartados 2, 3 y 4, es decir, sumaremos el peso del acero, el peso de la maquinaria y el peso de los equipos y habilitación. Además, aplicaremos un margen de entre el 5% y el 10% para asegurarnos de que el cálculo está bien hecho según el libro de Fernando Junco.

PARTIDAS	Peso (ton)	XG (m)	Momento XG	KG (m)	Momento KG
Peso Aceros	36010,00	156,91	5650329,10	13,12	472451,20
Peso Maquinaria	3483,36	30,57	106486,32	14,18	49394,04
Peso Protección Anticorrosiva	490,95	156,91	77034,96	13,12	6441,26
Fondeo y Amarre	610,00	250,90	153049,00	29,00	17690,00
Equipo de Navegación	2,00	40,00	80,00	50,00	100,00
Equipo de Gobierno	21,60	0,00	0,00	20,00	432,00
Equipo de salvamento	12,50	30,00	375,00	30,00	375,00
Equipo de contraincendios	88,00	30,57	2690,16	14,18	1247,84
Cámara de bombas	383,41	40,00	15336,40	13,00	4984,33
Puertas de acero	3,92	30,00	117,60	35,00	137,20
Portillos y ventanas	3,60	30,00	108,00	35,00	126,00
Escaleras exteriores	5,40	30,00	162,00	35,00	189,00
Barandillado	11,71	162,50	1902,88	30,50	357,16
Escala real y planchada	4,74	95,33	451,86	12,18	57,73
Instalación contraincendios por espuma	79,40	45,74	3631,76	14,62	1160,83
Habilitación	799,80	45,00	35991,00	36,00	28792,80
Peso de tuberías de carga y lastre	210,36	155,47	32703,83	30,75	6468,57
<b>PESO EN ROSCA</b>	<b>42220,75</b>	<b>144,02</b>	<b>6080449,86</b>	<b>13,98</b>	<b>590404,97</b>

A este peso como ya hemos dicho, le añadiremos un margen del 10% por tanto, el peso en rosca final quedará como:

$$PR = 1,1 \times 42.220,75$$

$$PR = 46.442,83 \text{ ton}$$

Y la posición del centro de gravedad como vemos en la tabla anterior serán:

$$XG = 144,02m ; YG = 0 m ; KG = 13,98 m$$

Además, añadiremos márgenes en las posiciones del centro de gravedad final del peso en rosca por seguridad ante posibles fallos de cálculo o de diseño. En este caso sumaremos 1 metro a la posición de XG y sumaremos 0,5 metros a la posición de KG. Por tanto, los resultados finales serán:

Peso en Rosca (ton)	XG (m)	YG (m)	KG (m)
46.442,83	145,02	0	14,48

Podemos hacer a mayores una comparativa con nuestro buque de referencia para saber si el resultado dado de peso en rosca es de un orden lógico o no.

Según la base de datos del cuaderno 1, basada fundamentalmente en la revista “*Significant Ships*”, concretamente en la versión de 2019, donde se encuentran los datos de nuestro buque de referencia, el petrolero DIJILAH, se pueden ver los valores de desplazamiento y peso muerto, de forma que podemos sacar el peso en rosca del DIJILAH:

$$DWT_{DIJILAH} = 320.500 \text{ ton}$$

$$\Delta_{DIJILAH} = 364.700 \text{ ton}$$

Por tanto, el peso en rosca del DIJILAH será:

$$PR_{DIJILAH} = \Delta_{DIJILAH} - DWT_{DIJILAH}$$

$$PR_{DIJILAH} = 364.700 - 320.500$$

$$\mathbf{PR_{DIJILAH} = 44.200 \text{ ton}}$$

El peso muerto del buque del proyecto calculado durante este cuaderno es:

$$\mathbf{PR = 46.442,83 \text{ ton}}$$

Llegados a este punto, recurrimos otra vez al artículo DTU y calculamos la estimación del peso en rosca según el mismo, para así cerciorarnos de que el valor calculado está en el orden correcto. Según la DTU, la formulación es la siguiente:

$$\text{Lightweight/Lpp/B/D} = 1.05 * (0.01912 + 0.00000018212 * DWT)$$

Como ya vimos en el apartado 2.3 del presente cuaderno, se resuelve de la siguiente manera:

$$\frac{\frac{PR}{Lpp}}{\frac{B}{D} (DTU)} = 1,05 \times (0,01912 + 0,00000018212 \times 300.000) = 0,07747$$

Por tanto, el peso en rosca estimado según la DTU será:

$$PR_{DTU} = 0,07747 \times 30 \times 59 \times 319,17$$

$$\mathbf{PR_{DTU} = 43.766,77 \text{ TPM}}$$

Por tanto, podemos afirmar que estamos dentro de un mismo orden y que, por tanto, nuestro resultado es lógico.

## 7 ESTIMACIÓN DEL PESO MUERTO Y DESPLAZAMIENTO DEL BUQUE.

En este apartado se calculará el peso muerto y el desplazamiento del buque. En el caso del peso muerto partiremos del dato de referencia del petrolero (300.000 TPM), dado que la definición exacta del peso muerto se hace en el cuaderno 4 y aún no se ha llegado al mismo.

Dicho esto, podemos calcular directamente nuestro desplazamiento:

$$\Delta = PR + DWT$$

$$\Delta = 46.442,83 + 300.000$$

$$\Delta = \mathbf{346.442,83 \text{ ton}}$$

Podemos volver a hacer una comparativa en este caso entre el desplazamiento recién calculado y el que se había estimado en el cuaderno 1.

$$\Delta_{\text{CUADERNO 1}} = \mathbf{363.265,99 \text{ ton}}$$

$$\Delta_{\text{CUADERNO 2}} = \mathbf{346.442,83 \text{ ton}}$$

Evidentemente, existe una diferencia notoria entre ambos desplazamientos. Ello viene dado porque la formulación aplicada en el cuaderno 2 es mucho más rigurosa y precisa, mientras que en la formulación aplicada en el cuaderno 1 eran simples estimaciones en función de las dimensiones principales, sin complejidad ni cálculo de elementos concretos como los de este cuaderno.

Dicho esto, el nuevo desplazamiento utilizado a partir de este cuaderno será el del cuaderno 2 por ser el más preciso y realista de ambos.

$$\Delta = \mathbf{346.442,83 \text{ ton}}$$

## 8 PESO MUERTO.

En este apartado se definen todas las partidas de peso correspondientes al peso muerto del buque, es decir todo aquello que corresponde a carga útil, tripulación y pasaje, pertrechos y consumos.

Aunque aquí se va a hacer una breve descripción de cada tipo, donde realmente encontraremos los cálculos de cada partida detallados será en el cuaderno 4, donde ya se hace el equilibrado de los tanques en función al espacio que generaremos en el cuaderno 3.

Dicho esto, procedemos a explicar en que se divide el peso muerto.

### 8.1 Carga útil.

En este proyecto, el peso muerto es un parámetro de diseño (sabemos que nuestro petrolero tiene como mínimo 300.000 toneladas de peso muerto, éste es el requisito principal a cumplir puesto que lo dice la RPA), lo cual implica que se calculará la carga como la diferencia entre este número (300.000 ton) y la suma del resto de partidas correspondientes al peso muerto.

### 8.2 Tripulación y pasaje.

El número de tripulantes es también un dato del proyecto. En nuestro caso, según la RPA, serán 30 tripulantes. Este número debe ser verificado por el reglamento nacional de tripulaciones mínimos, teniéndose en cuenta las reducciones que han de solicitarse por automatización.

### 8.3 Pertrechos.

Corresponde a todos aquellos elementos no consumibles que el armador añade como repuesto o necesidades adicionales al buque. Ejemplos de ello son las pinturas, estachas, cabos adicionales, etc.

### 8.4 Consumos.

Se trata de aquellas cargas que se consumen a lo largo de la travesía del buque y que, por tanto, su volumen depende fundamentalmente de la autonomía del buque, la cual suele ser dato del proyecto. En este caso, según la RPA, la autonomía es de 18.000 millas.

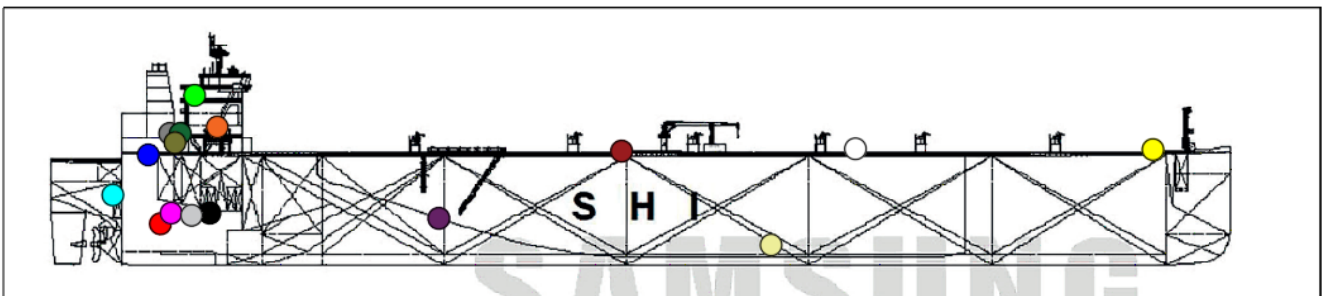
Se dividen principalmente en:

- Combustible.
- Agua dulce, agua de alimentación y agua potable.
- Víveres.
- Aceite.

## 9 SITUACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL BUQUE.

Cabe mencionar que la imagen siguiente es simplemente de referencia, de hecho, el perfil longitudinal del buque sobre el que se sitúan las leyendas, es el perfil longitudinal del petrolero DIJILAH, nuestro buque de referencia.

Dicho esto, las posiciones son aproximadas a las que se calcularon durante el cuaderno, de hecho, no pueden ser exactas dada la mínima diferencia dimensional entre el DIJILAH y el petrolero del proyecto.



- |                                       |                                          |
|---------------------------------------|------------------------------------------|
| ● Peso de la maquinaria               | ● Portillos y ventanas                   |
| ● Peso del equipo de fondeo y amarre  | ● Escaleras exteriores                   |
| ● Peso del equipo de navegación       | ● Barandillado                           |
| ● Peso del equipo de gobierno         | ● Escalera real y planchada              |
| ● Peso del equipo de salvamento       | ● Instalación contraincendios por espuma |
| ● Peso del equipo contraincendios     | ● Peso de la habilitación                |
| ● Puertas de acero                    | ● Tuberías de carga y lastre             |
| ● Bombas hidráulicas de pozo profundo | ● Cámara de bombas                       |

## 10 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)

Ferrol, junio de 2022

Fdo.: Pedro Lemos González