



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2019/20

OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

Antonio Melo Bello

TUTOR

Marcos Míguez González

FECHA

Septiembre 2020

1 RPA

PROYECTO NÚMERO 1920-28

TIPO DE BUQUE:

OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV GL 1 A 1 SELF-ELEVATING WIND TURBINE INSTALLATION, SOLAS, MARPOL

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:

AEROGENERADORES

8000 TPM

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:

10KN- VELOCIDAD DE TRÁNSITO (85% MCR, 10% MM)

12KN-MÁXIMA

30 DÍAS en operación

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:

GRÚA PARA IZAMIENTO DE LA CARGA

JACK UP SYSTEM- DOBLE ANILLO PARA CONTINUAR OPERACIÓN

PROPULSIÓN:

PRINCIPAL: 4 AZIMUTH THRUSTERS

PROPULSIÓN DIÉSEL ELÉCTRICA

BOW TUNNEL THRUSTERS: 3

TRIPULACIÓN Y PASAJE:

90 OPERARIOS

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

HELIPUERTO, AUXILIAR DE IZAMIENTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2019/20**

OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 2

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

Contenido

- 1 RPA 2
- 2 Introducción 6
- 3 Determinación de Pesos 8
 - 3.1 Peso de la Estructura (PS)..... 8
 - 3.1.1 Método por Características Principales..... 8
 - 3.1.2 Conclusión.....10
 - 3.2 Peso de Maquinaria10
 - 3.2.1 Equipos de Gobierno10
 - 3.2.2 Grupos generadores.....12
 - 3.2.3 Peso Equipos Restantes.....13
 - 3.2.4 Total de Pesos.....14
 - 3.3 Habilitación y equipos14
 - 3.3.1 Peso de la Instalación Eléctrica14
 - 3.3.2 Peso Habilitación15
 - 3.3.3 Peso de Tuberías y Bombas de Casco.....17
 - 3.3.4 Peso de instalación Contra Incendios (CI) en Cámara de Máquinas (CM).....18
 - 3.3.5 Tuberías y Bombas en Cámara de Máquinas (CM)18
 - 3.3.6 Peso del Equipo de Amarre y Fondeo19
 - 3.3.7 Peso Pintura21
 - 3.3.8 Peso Protección Catódica.....22
 - 3.3.9 Peso Salvamento.....23
 - 3.3.10 Peso de las Patas.....23
 - 3.3.11 Peso Grúa26
 - 3.3.12 Total Pesos.....28
 - 3.4 Total Pesos y Centro de Gravedad28
- 4 Comprobación del peso muerto29
 - 4.1 PR vs DWT29
 - 4.2 PR vs LBD30
 - 4.3 Conclusión.....30
- 5 Carga útil32
 - 5.1 Peso Muerto32
 - 5.1.1 Consumos32
 - 5.1.2 Tripulación33
 - 5.1.3 Pertrechos33

- 5.1.4 Carga Útil.....34
- 6 Anexo.....35
 - 6.1 Tabla y Dimensiones Generador.....35
 - 6.2 Tabla Thuster y Propulsor.....36
 - 6.3 Bow Tunnel Thruster.....36
 - 6.4 Motor Propulsor37
 - 6.5 Planos.....38

2 INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se realizará el cálculo de pesos en una fase algo temprana en la fase de diseño, por tanto, habrá muchos parámetros que todavía no se reflejan aquí, ya que aún no están definidos. Para el cálculo de los diferentes pesos, se utilizarán fórmulas para así obtener una estimación preliminar de los pesos. Las fórmulas empleadas, son procedentes del libro Proyectos de Buques y Artefactos “Cálculo de Desplazamiento” del Profesor Fernando Junco Ocampo.

Las dimensiones del buque con las que se va a trabajar son las al hacer las formas en el software de Maxsurf.

DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS		
ESLORA TOTAL (Loa)	134	m
ESLORA ENTRE PERPENDICUALRES (Lpp)	129,82	m
ESLORA EN LA FLOTACIÓN (Lwl)	133,43	m
MANGA (B)	38,7	m
PUNTAL (D)	11,57	m
CALADO (T)	6,215	m
Cb	0,812	
DESPLAZAMIENTO (Δ)	26720	t
SUPERFICIE MOJADA	6203,899	m ²
Cp	0,813	
Cm	0,999	
Cf	0,894	
VELOCIDAD trántiso	10	kn
VELOCIDAD máxima	12	kn
POTENCIA TOTAL INSTALADA	25200	kW

Estas dimensiones son para el desplazamiento de máxima carga. El calado para esta máxima carga es el obtenido de las hidrostáticas teniendo en cuenta la pérdida de flotabilidad ocasionada por los huecos de las patas, como se explica más en detalle en el Cuaderno 5.

Para el cálculo de los pesos, se van a emplear los tres grandes grupos ya utilizados en el Cuaderno 1 para el cálculo de alternativas. Los tres grandes grupos son, el peso estructural, el peso de la maquinaria y el peso de habilitación y equipos.

Los pesos calculados, son aproximados usando una formulación genérica, por tanto, en este Cuaderno, se va a utilizar una formulación más específica para el tipo de buque, de forma que los resultados se ajusten más al tipo de buque sobre el que se está trabajando.

Los grandes grupos sobre los que se va a trabajar son:

- Peso Estructural (PS)
 - Peso de Acero, por diferentes métodos.

- Peso de la Maquinaria
 - Equipo de Gobierno
 - Thrusters
 - Motor propulsor
 - Grupos Generadores
 - Peso Equipos Restantes

- Peso de Habilidad y equipos
 - Instalación Eléctrica
 - Habilidad
 - Espacios
 - Aire Acondicionado
 - Tuberías y Bombas de casco
 - Sistema Contra Incendios (CI) en Cámara de Máquinas (CM)
 - Tuberías y Bombas en Cámara de Máquinas (CM)
 - Equipo de Amarre y Fondeo
 - Sistema de Elevación
 - Patas
 - Pintura
 - Equipos de Salvamento
 - Grúas

3 DETERMINACIÓN DE PESOS

3.1 Peso de la Estructura (PS)

3.1.1 Método por Características Principales

3.1.1.1 Buques Varios

Se ha empleado la formulación propuesta por J.L. García Garcés para buques de carga general(polivalentes):

$$WST = 0,0294 * L^{1,5} * B * D^{0,5}$$

$$ZST = 1,019 * D^{0,81790}$$

$$XST = 0,447 * L + 0,614$$

Se ha utilizado los siguientes valores:

$$L = ESLORA = 133,43m$$

$$B = MANGA = 38,7m$$

$$D = PUNTAL = 11,57m$$

De este modo:

$$WST = 0,0294 * 133,43^{1,5} * 38,7 * 11,57^{0,5} = 5985,38t$$

$$ZST = 1,019 * 11,57^{0,81790} = 7,55m$$

$$XST = 0,447 * 133,42 + 0,614 = 60,25m$$

3.1.1.2 Método Watson

Se propone el cálculo del peso de acero de un buque basándose en el buque estándar, por lo cual, este método sería el más favorable para el cálculo del peso de acero de este buque, ya que no se dispone de formulación específica para este tipo de embarcaciones.

$$E = L * (B + T) + 0,85 * L * (D - T) + 0,85 * (ls * hs) + 0,75 * (lc * hc)$$

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

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

El valor K , se obtiene de:

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

Tabla 1: Coeficiente de Peso Estructural

Para poder sacar el valor de K , primero se ha de hallar el valor de E , de la siguiente manera:

$$E = L * (B + T) + 0,85 * L * (D - T) + 0,85 * (ls * hs) + 0,75 * (lc * hc)$$

ls, hs, lc y hc , son las esloras y puntales de la superestructura y castillo respectivamente, se han obtenido midiendo en el plano del Anexo 1.

En este caso, se tiene castillo pero no superestructura, puesto que no cumple con las dimensiones de la manga, pero para este cálculo, se tendrá en cuenta la estructura de la habilitación como tal para el cálculo del peso.

$$L = ESLORA = 133,43m$$

$$B = MANGA = 38,7m$$

$$T = CALADO = 6,5m$$

$$D = PUNTAL = 11,57m$$

$$ls = 24m$$

$$hs = 23,4$$

$$lc = 11,6m$$

$$hc = 6,24m$$

$$E = 133,43 * (38,7 + 6,5) + 0,85 * 133,43 * (11,57 - 6,5) + 0,85 * (24 * 14) + 0,75 * (11,6 * 6,24)$$

$$E = 6914,96$$

$$Cbp = 0,84 + (1 - 0,84) * \left(\frac{0,8 * 11,57 - 6,5}{3 * 6,5} \right)$$

$$Cbp = 0,866$$

Para el valor de K , se interpola en "Tipo de Buque=Carguero", usando el dato de $E = 6914,96$, de este modo, $K = 0,0365$

Con todos los datos obtenidos, se puede usar:

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

De modo que:

$$Wst = 0,0365 * 6914,96^{1,36} * (0,65 + 0,5 * 0,866) = 6592,5t$$

3.1.2 Conclusión

Como se ha mencionado previamente, el cálculo del peso de estructura mediante el “3.1.1.2” (Método Watson), se ha considerado el más representativo, como se ha mencionado anteriormente, pero se usarán los cálculos de “3.1.1.1” (Buques Varios) para obtener una aproximación de los centros de gravedad, por tanto:

$$Wst = 6592,5$$

$$ZST = 7,55m$$

$$XST = 60,25m$$

ESTRUCTURA					
DESCRIPCIÓN	PESO(t)	XCG	MOMX	ZCG	MOMZ
CASCO	6592,49	60,25	397218,61	7,55	49779,4643
TOTAL	6592,49	60,25	397218,61	7,55	49779,46

3.2 Peso de Maquinaria

Para este apartado se han tenido en cuenta los elementos principales, que son los siguientes:

3.2.1 Equipos de Gobierno

3.2.1.1 Thruster

Para el cálculo del peso de los Thrusters, se ha utilizado la información proporcionada por el suministrador de Rolls Royce (Kongsberg), que se muestra en el Anexo la información, usando los propulsores seleccionados en el Cuaderno 6

Para escoger el propulsor es necesario conocer la potencia por propulsor, que será la potencia calculada en el Cuaderno 6:

$$PBtotal_{12kn} = 6874,9kW$$

La potencia por cada propulsor será:

$$PBtprop_{12kn} = 1718,725kW$$

Entrando en la tabla de Thusters, obtenemos uno con las siguientes características:

ELECCIÓN		
TIPO	KW	PESO(t)
SRP 560A	2190	35
DIÁMETRO(mm)		RPM INPUT
3000		750-1800

Ver 6.2

TOTAL		
PESO (t)		140
XCG		3,71
ZCG		1,98

Los centros de gravedad han sido medidos de forma aproximada en el plano del buque de referencia con las medidas del buque con el que está trabajando (el obtenido en las alternativas y dimensionada en el software Maxsurf).

La potencia que se indica del propulsor es la potencia de entrada del thruster, de manera que, para suministrarle la potencia al propulsor, será necesario añadir un motor propulsor por thruster.

3.2.1.2 Propulsor

Los propulsores son motores eléctricos alimentados por los motores generadores. Estos motores propulsores, son los encargados de suministrarle la potencia a los propulsores (Thrusters) y, por tanto, es necesario tener en cuenta su peso.

Los propulsores seleccionados son de la marca ABB, de alta velocidad, modelo HIGH SPEED DRIVE 500. A continuación, se muestra la potencia del motor propulsor, los pesos y el centro de gravedad.

PROPULSORES		
POTENCIA(KW)		
MODELO		HIGH SPEED DRIVE 500
POTENCIA UNITARIA		2050
NÚMERO PROP		4
PESO PROPULSOR		6,15
PESO CONVERTIDOR		5,135
PESO TOTAL (t)		45,14
XCG		8,4
ZCG		5,62

3.2.1.3 Bow Tunnel Thrusters

Para este apartado, se ha seleccionado la potencia de los thrusters de nuestro buque base, por tanto:

PESO BOW TUNNEL THRUSTERS		
POTENCIA(KW)	1355	CADA
NÚMERO THRUSTERS	3	
SE USA LA POTENCIA DEL BUQUE DE REFERENCIA		

Se ha optado por la elección de seleccionar Thrusters WÄRTSILÄ, de modo que se entra en la tabla proporcionada en el Anexo (6.3), de modo que se obtienen las siguientes características:

WARTSILA WTT-16		
PESO(t)	DIAMETRO(mm)	KW DINAMIC POSITIONING
11,3	2200	1475

Ver 6.3

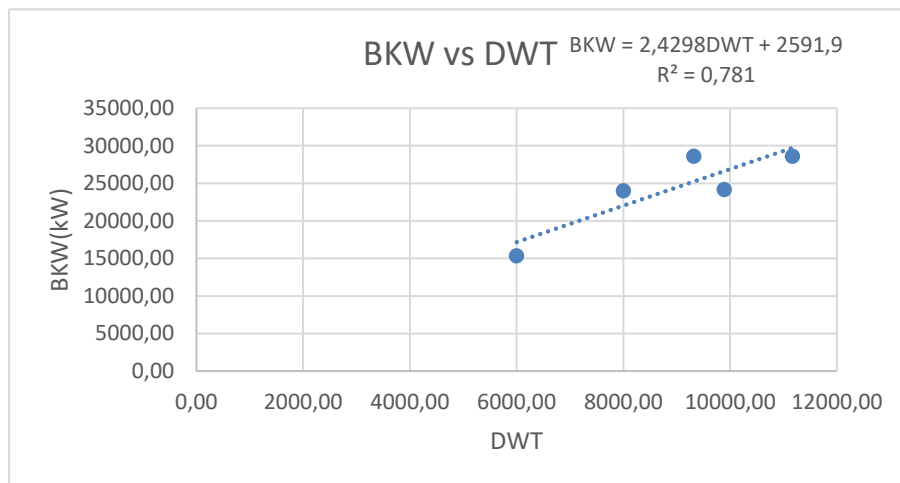
Como se tienen 3 Thrusters en proa, tenemos:

TOTAL			
PESO(t)	POTENCIA(kW)	XCG	ZCG
33,9	4425	128,9	1,8

Los centros de gravedad se han medido en el plano de AutoCad, proporcionado en el Anexo (6.5)

3.2.2 Grupos generadores

Para este apartado se ha calculado previamente la potencia total en función de los buques de la base de datos con la siguiente regresión:



Gráfica 1: BkW vs DWT

Utilizando la fórmula obtenida de la regresión:

$$BKW = 2,4298DWT + 2591,9$$

Como el dato de RPA es que el buque tiene que tener 8000 DWT:

$$BKW = 2,4298 * 8000 + 2591,9 = 22030,3kW$$

Para la selección de generadores, se van a suponer 6, de los cuales uno de ellos será de respeto por si uno de los otros 5 falla, de modo que la potencia suministrada por los 5 generadores ha de ser la total:

SE PONEN 6 COMO EN EL BUQUE DE REFE	
SE PONDRÁ UNO DE RESPETO(5+1)	
NÚMERO TOTAL	6
POTENCIA(KW)	22030,3
POTENCIA POR MOTOR	4406,06
ELECCIÓN	
TIPO	KW PESO(t)
B33:45L8A	4800 81,1

TOTAL	
PESO(t)	486,6
KW	28800
XCG	79,5
ZCG	4,2

Ver 6.1

3.2.3 Peso Equipos Restantes

Se han de tener en cuenta ciertos equipos que no han sido mencionados previamente, y por tanto, se incluirán calculándolos de la manera propuesta en el libro de "Proyectos de Buques y Artefactos" del Prof. Fernando Junco Ocampo:

$$PQR = k * MCR^{0,7}$$

Donde:

$$MCR = \text{Suma de todas las potencias de generadores}$$

Pero como el factor MCR es exponencial, para hacer más desfavorable este apartado, se va a utilizar la potencia de un generador y el resultado se multiplicará por el número de generadores:

$$MCR = 4200kW$$

$$k = 0,69$$

El valor de K se ha estimado como si fuera un bulkcarrier, ya que no hay uno específico para este tipo de buque.

$$PQR = 0,69 * 4200^{0,7} = 237,2t$$

$$PQR_{tot} = 237,2 * 6 = 1423,3t$$

PESO RESTANTE GENERADORES	
PQR=k*MCR^0,7	
K	0,69 BULKCARRIERS
MCR	4200 POTENCIA POR CADA
PQR	237,20 t
PQRtotal	1423,30 t

El centro de gravedad se ha supuesto el mismo que el indicado previamente para el grupo de generadores.

3.2.4 Total de Pesos

		MAQUINARIA				
DESCRIPCIÓN	PESO(t)	XCG	MOMX	ZCG	MOMZ	
EQUIPOS DE GOBIERNO						
THRUSTER	140	3,71	519,4	1,98	277,2	
THRUSTER PR	33,9	128,9	4369,71	1,8	61,02	
PROPULSOR	45,14	8,4	379,176	5,62	253,6868	
GRUPOS GENERADORES	436,2	66,3	28920,06	3,9	1701,18	
PESO EQUIPOS RESTANTES	1423,3	66,3	94364,79	3,9	5550,87	
TOTAL	2078,54	61,85	128553,14	3,77	7843,96	

Como se puede ver, tenemos un total de pesos de maquinaria de 2078 toneladas y el centro de gravedad está situado algo más a popa de la sección maestra del buque.

3.3 Habilitación y equipos

En este apartado se incluyen:

3.3.1 Peso de la Instalación Eléctrica

Para este cálculo se han utilizado las siguientes fórmulas:

$$Pie = lc + \frac{Pm}{1000} \quad Si L > 60m$$

$$lc = longitud\ de\ cable = 1,82 + 0,268 * Lpp + 0,000597 * Lpp^2$$

Se ha escogido esta fórmula de lc , ya que es la más genérica de todas las que se presentan, puesto que vale para varios tipos de buques.

$$lc = longitud\ de\ cable = 1,82 + 0,268 * 129,8 + 0,000597 * 129,8^2$$

$$lc = 46,67$$

$$Pie = 46,67 + \frac{25200}{1000} \quad ;$$

Pm es la potencia de los motores propulsores obtenida previamente, por tanto:

$$Pie = 46,67 + \frac{25200}{1000} = 71,78t$$

PESO TOTAL	
Pie	71,87 t
XCG	60,25
ZCG	5,79

Se ha supuesto un centro de gravedad a la mitad de eslora entre perpendiculares y situado a la mitad del puntal de nuestro buque.

3.3.2 Peso Habilitación

3.3.2.1 Espacios Habilitación

Para este cálculo se han utilizado los siguientes datos:

ESPACIO HABILITACIÓN		
NÚMERO DE CUBIERTAS		4
Cub. 1 y 2		410
Cub. 3 y 4		689
TOTAL		2198 m ²

El espacio de la habitación se ha calculado midiendo el área directamente de la planta de los planos del buque, añadidos en el Anexo(6.5).

Los siguientes datos son datos sacados del Libro del Profesor Fernando Junco o Campo "Cálculo de desplazamiento":

DATOS		
SUBPAVIMENTO		28 Kg/m ²
AISLAMIENTO ACÚSTICO		16 Kg/m ²
PAVIMENTO PVC		4 Kg/m ²
MOQUETA		9 Kg/m ²
TECHOS		17 Kg/m ²
AISLAMIENTO		8 Kg/m ²
ASEO		500 Kg/u
CABINA SENCILLA		0,36 t
NÚMERO DE CAMAROTES		90

Se han supuesto la siguiente distribución de la tripulación y el número de camarotes:

Uno de los datos de la RPA es el número de tripulantes, 90 tripulantes:

DIVISIÓN DE LA TRIPULACIÓN		
CAPITÁN		1
OFICIAL DE PUENTE		3
OFICIAL DE CUBIERTA		3
OFICIAL RADIOELECTRÓNICO		3
JEFE DE MÁQUINAS		1
OFICIAL DE MÁQUINAS		3
TRIPULACIÓN RESTANTE		76

Se ha supuesto una división de la tripulación en camarotes individuales con un aseo para cada camarote, la diferencia de los camarotes en función del rango de los tripulantes será del tamaño de los camarotes.

A continuación, se presentan el total de pesos de la habitación:

TOTAL		
PESO DE LA SUPERFICIE	169,986	t
PESO CAMAROTES		
CABINA SENCILLA	32,4	t
ASEOS	90	
PESO TOTAL ASEOS	45	t
TOTAL CAMAROTES Y ASEO	77,4	t

Las fórmulas empleadas son las siguientes:

$$\text{Peso Superficie} = (\text{subpavimento} + \text{aislamiento acústico} + \text{pavimento pvc} + \text{moqueta} + \text{techos} + \text{aislamiento}) / 1000 * \text{Superficie}$$

$$\text{Peso Camarotes} = \text{Peso cabina sencilla} + \text{peso aseos}$$

$$\text{Peso Cabina Sencilla} = \text{Peso Cabina Sencilla} * \text{NCI}$$

$$\text{Peso Aseos} = \text{Peso} \frac{\text{Aseo}}{1000} * n^{\circ} \text{Camarotes}$$

Por tanto, tenemos un total de:

$$\text{Peso superficie} = 169,986t$$

$$\text{Peso Cabina Sencilla} = 32,4t$$

$$\text{Peso Aseos} = 45t$$

$$\text{Peso camarotes y aseos} = \text{Peso Cab. s} + \text{Aseos}$$

$$\text{Peso camarotes y aseos} = 77,4t$$

A continuación, se muestran otros espacios a tener en cuenta para la habilitación:

OTROS ESPACIOS	
SALAS DE ESTAR	2
COCINA	1
COMEDOR	2
OTROS ESPACIOS	4
NR(OTROS ESPACIOS)	9
PESORestante	26,70

$$N^{\circ} \text{Salas de estar} = 2$$

$$N^{\circ} \text{ Cocinas} = 1$$

$$N^{\circ} \text{ Comedores} = 2$$

Se han de sumar espacios tales como el gimnasio, sala de reuniones, local de ropa de agua... de manera que se le sumarán un total de 4 espacios extras a los mencionados, habiendo un total de:

$$\text{Total otros espacios} = 9$$

$$\text{Peso otros espacios} = \frac{10,5 * \text{Shabilitación} + 400 * N^{\circ} \text{ otros espacios} + 200 * \frac{\text{Cabina Sencilla}}{1000}}{1000}$$

$$Peso\ otros\ espacios = Peso\ Restante = 26,7t$$

3.3.2.2 Aire Acondicionado

A continuación, se muestra el peso del aire acondicionado:

PESO AIRE ACONDICIONADO		
PAA		43,96 t

Se ha calculado de la siguiente manera:

$$PAA = 0,020 * Sup.\ habilitación$$

$$PAA = 43,96t$$

3.3.2.3 Peso Total Habilitación

$$Total\ Pesos\ Habilitación = Peso\ Superficie + Peso\ camarotes\ y\ aseos + Peso\ otros + PAA$$

$$Total\ Pesos\ Habilitación = 328,29 t$$

TOTAL PESOS HABILITACIÓN		328,29 t
XCG		116,2
ZCG		21,12

Los centros de gravedad han sido medidos en el plano de AutoCad presentado en el Anexo, XCG esta aproximadamente a la mitad de la eslora de la habilitación, y ZCG, a media altura de la habilitación.

3.3.3 Peso de Tuberías y Bombas de Casco

Para este cálculo se ha empleado la siguiente fórmula:

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

Donde:

$$L = Lpp = 129,8m$$

$$B = Manga = 38,7m$$

Por tanto:

$$Ptb = 0,0047 * 129,8 * \sqrt{129,8 * 38,7} = 45t$$

TUBERÍAS Y BOMBAS DE CASCO		
Ptb=0,0047*L*RAIZ(L*B)		
Ptbc(t)	45,00 t	
XCG	64,90	
ZCG	5,79	

Para los centros de gravedad, se ha utilizado la mitad de la eslora entre perpendiculares, y la mitad del puntal.

3.3.4 Peso de instalación Contra Incendios (CI) en Cámara de Máquinas (CM)

Para este cálculo se ha empleado la siguiente formulación:

$$P_{im} = 0,125 * (0,0046 * P_m + 0,0088 * L * B)$$

Donde:

$$P_m = \text{Potencia en CM} = 25200kW$$

$$L = \text{Eslora} = 133,42m$$

$$B = \text{Manga} = 38,7m$$

Por tanto:

$$P_{im} = 0,125 * (0,0046 * 25200 + 0,0088 * 133,42 * 38,7) = 20,2t$$

XCG	79,5
ZCG	4,2

Los centros de gravedad se han supuesto a la mitad de la eslora de CM y se va a suponer a la misma altura que los generadores.

3.3.5 Tuberías y Bombas en Cámara de Máquinas (CM)

Para este cálculo se ha empleado la siguiente formulación:

$$P_{tbn} = 0,00981 * P_m \quad \text{si } P_m > 736kW$$

Donde:

$$P_m = \text{Potencia en CM} = 25200kW$$

$$P_m = 25200 > 736kW$$

Por tanto:

$$P_{tbn} = 0,00981 * 25200 = 247,22t$$

XCG	79,5
ZCG	4,2

Para los centros de gravedad, se han supuesto los mismos que para el apartado anterior.

3.3.6 Peso del Equipo de Amarre y Fondeo

Para este cálculo, se ha de calcular el numeral de equipo con la siguiente fórmula:

$$NE = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 * B * h + \frac{Ap}{10}$$

Donde:

Δ = Desplazamiento

h = Altura de la superestructura desde Fb

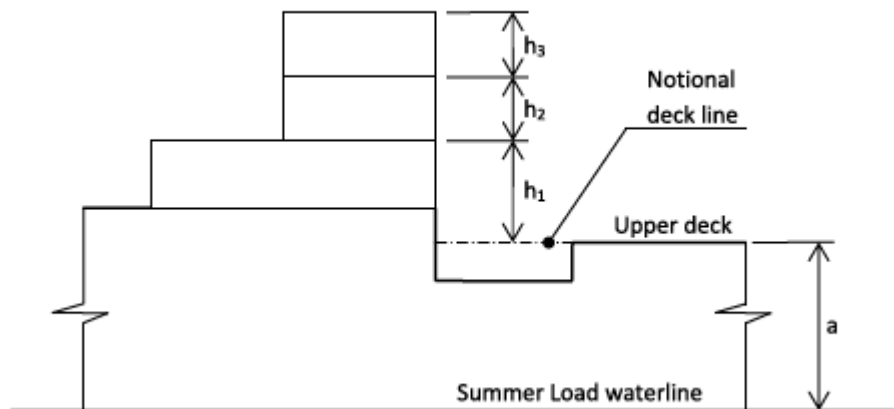
Ap = Áreas Proyectadas

Para calcular el numeral de equipo, se necesitan los siguientes datos:

$$\Delta = 27645 t$$

Para este caso, el desplazamiento utilizado es el que se obtiene en el Maxsurf Modeler al calado de máxima carga (6'215m). Este desplazamiento es algo más elevado al indicado en la tabla de características, puesto que el modeler no tiene en cuenta el hueco non buoyant de las patas $B = 38,7 m$

Donde H tiene el siguiente valor:



H será la suma de las alturas de la superestructura y la altura desde la línea de flotación hasta la cubierta superior. Esta altura será:

$$H = 27 m$$

A será el área lateral del buque desde la línea de flotación, el área se ha calculado con la herramienta de "Medir Área" del software AutoCad, siendo esta:

$$A = 2393,26 m^2$$

Con todos los datos, se calcula el numeral de equipo, siendo, por tanto:

$$EN = 3255$$

Todas las áreas han sido medidas según el Anexo con el plano de perfil del buque, por tanto:

$NE = 29037^{\frac{2}{3}} + 2 * 38,74 * 27 + \frac{\sum Ap}{10} = 3255$ Con este número, se entra en la siguiente tabla del DNV-GL "Part 3 Hull Chapter 11 Hull equipment, supporting structure and appendages-3.1 Equipment Number".

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables			Towline (guidance)		Mooring lines ¹⁾²⁾⁴⁾ (guidance)			
		Number	Mass per anchor kg	Total length m	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
					VL K1 mm	VL K2 mm	VL K3 mm	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
3040 to 3209	N	2	9300	660	97	84	76	280	1471			
3210 to 3399	O	2	9900	660	100	87	78	280	1471			
3400 to 3599	P	2	10500	660	102	90	78	280	1471			

Tabla 2: NE

Por tanto, entrando con el número de equipo obtenido previamente, se entra en esta tabla, se obtiene que:

$$EN = 3210 - 3399$$

$$\text{Letra Equipamiento} = O$$

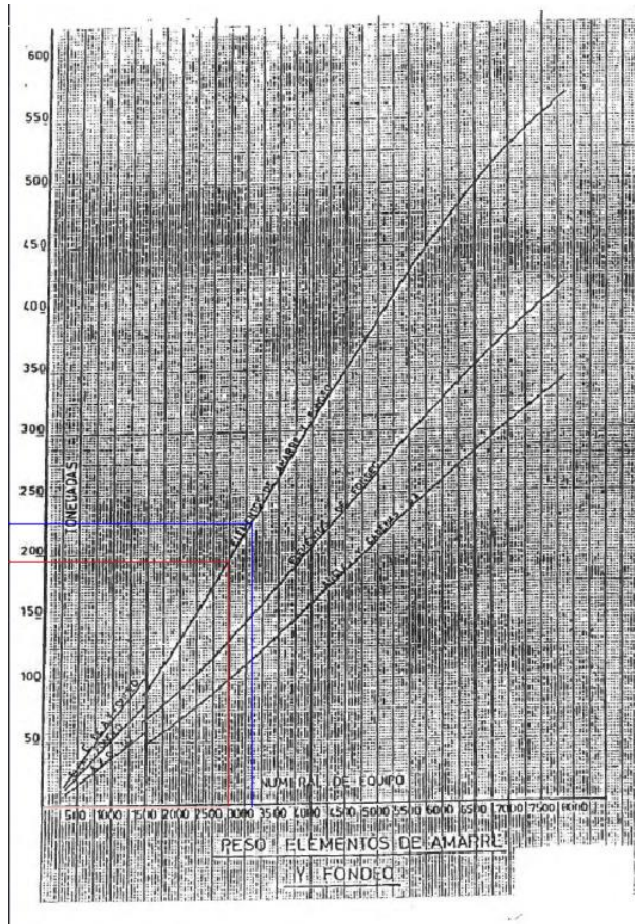
$$N^{\circ} \text{ Anclas} = 2 + 1(\text{RESPETO})$$

$$\text{Masa por Ancla} = 9900 \text{ kg}$$

$$\text{Long. cadena} = 660 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro de cadena} - K2 = 87 \text{ mm}$$

Entrando en la siguiente Gráfica del libro "Cálculo del Desplazamiento" del Profesor Fernando Junco Ocampo", se obtiene el peso de los elementos de amarre y fondeo:



Gráfica 3: Figura 9.5.6 Libro Fernando Junco

Entrando en la gráfica con el NE, obtenemos el peso de los Equipos de Amarre y fondeo (Línea Azul):

$$\text{Peso Amarre y Fondeo} = 225,18t$$

A este peso se le ha de sumar el peso de las anclas, por tanto:

$$\text{Peso Total} = 251,3t$$

XCG		127,00
ZCG		10,99

Los centros de gravedad han sido medidos de forma aproximada en el perfil del buque mostrado en el Anexo, de modo que va a estar situado a proa.

3.3.7 Peso Pintura

Para este cálculo se ha empleado:

$$P_i = k * PS$$

$$PS = \text{Peso de la estructura} = 6610,35t$$

$$k = 0,008 \text{ si } PS < 2000t$$

$$k = 0,006 \text{ si } PS > 12000t$$

$$PS = 6610,35t \rightarrow k = 0,0074599$$

El resultado de k se ha obtenido por interpolación entre los otros valores de k

$$P_i = 0,0074599 * 6610,35 = 43,93t$$

XCG	66,804	m
ZCG	5,78705425	m

El centro de gravedad se ha supuesto a la mitad de la eslora total y a la mitad del puntal.

3.3.8 Peso Protección Catódica

Para este cálculo se ha empleado la siguiente formulación:

$$P_{pc} = 0,0004 * S_m * a * y$$

a=1 por ser Zinc	1
y=2 años de protección	2

$$S_m = \text{Superficie Mojada} = 5554,1 m^2$$

S_m es un dato obtenido mediante el Software Navcad en el Cuaderno 1.

$$P_{pc} = 0,0004 * 5554,1 * 1 * 2 = 4,44t$$

XCG	62,59711
ZCG	3,02440893

El centro de Gravedad se ha supuesto a la mitad de la eslora entre perpendiculares y a la mitad del calado.

3.3.9 Peso Salvamento

El buque estará provisto de dos botes salvavidas, uno a cada banda en la zona de habilitación (proa del buque) sobre la cubierta expuesta. Cada bote salvavidas ha de tener la capacidad del 100% de la tripulación, para que en caso de estar uno inutilizado, se pueda usar el otro como medio de salvamento.

Los botes salvavidas que dispondrán en el buque son los siguientes:

PALFINGER MARINE-KISS 1000T:

Type	L x W x H	Max seating (pers. at 82.5 kg)	Hook distance	Davit load
KISS 700 C KISS 700 T	6.49 x 2.91 x 2.85	50	6.04 m	7352 kg *
KISS 800 C KISS 800 T	8.64 x 2.91 x 2.85 m	70	8.19 m	10 155 kg *
KISS 1000 C KISS 1000 T	10.79 x 2.91 x 2.85 m	90	10.34 m	12 600 kg *

XCG	114,11
ZCG	15,168

El centro de gravedad ha sido medido en el plano de perfil del Anexo, estando situado aproximadamente en la mitad de los botes salvavidas.

3.3.10 Peso de las Patas

Para el peso de las patas, se han utilizado diferentes fuentes de información para la determinación de este peso.

En primer lugar, el peso de las patas se determinó con los siguientes valores de referencia:

Source	Rig type	Environmental design	Leg mass (tons)	Leg length (ft)	Leg density (tons/ft)
Massie and Liu 1990	Generic	Moderate	1400	508	3
Cassidy et al. 2004	Generic	Harsh	3141	558	6
Pers. Comm.	Confidential	Moderate	971	482	2
William et al. 1999	Generic	Harsh	2123	377	6
Yang et al. 2002; PetroProd 2009	CJ70	Harsh	2255	672	3
Global Chimaks 2009	F&G L780	Moderate	585	338	2

Tabla 3: Características de las Patas¹

Las longitudes de las patas de este proyecto son inferiores a las reflejadas en las tablas, por tanto, la densidad empleada para nuestro caso puede ser algo menor, como se puede ver en la tabla, la densidad en uno de los casos de condiciones meteorológicas adversas, es de 3t/ft y en otros casos 6t/ft , por tanto, para el cálculo se utilizará un valor un poco superior al menor:

¹ <https://doi.org/10.1080/17445302.2012.736363>

PESO DE LAS PATAS	
NÚMERO PATAS	6
TIPO PATAS	CILINDROS SIMPLES
DENSIDAD PATAS(t/ft)	3,5
DENSIDAD PATAS(t/m)	11,4829396
LONGITUD PATAS(m)	70,62
PESO DE LAS PATAS APROX.(t)	4865,55118

Se ha supuesto que la densidad aumenta en función de la longitud y el número de patas, según se puede ver en el artículo, de modo que no se ha querido poner muy bajo el peso de las patas, pero de la misma manera, tampoco excederse, y por tanto, se ha seleccionado ese dato de Densidad de Patas.

La longitud de las patas se han supuesto la longitud del barco de referencia.

XCG	66,65
ZCG	33,31

El centro de gravedad del cómputo de las patas se ha medido en el perfil del Anexo a la mitad de las patas intermedias y a una altura un poco inferior de la mitad de la altura, ya que la base de las patas lleva un sistema de perforación que provocará que la altura del centro de gravedad sea algo inferior

Por otra parte, el peso de las patas se comprobó de otra manera distinta, tomando el peso de las patas de otros buques que se han encontrado a posteriori de la creación de la base de datos.

Se utilizarán los siguientes buques, debido a que son los únicos de los cuales se dispone información sobre el peso de sus patas:

BUQUE	PESO PATAS	DIÁMETRO PATAS	LONGITUD	DENSIDAD t/m ³
WIND SERVER	430	3,7	72	0,556 t/m ³
ODIN JACK UP	146,82	2	60	0,779 t/m ³

Del buque Wind Server, solo se obtuvo la información del peso de cada pata, el diámetro y las longitudes de las mismas, mientras que del buque Odin Jack Up, se obtuvo la siguiente información:

LEG DIMENSIONS	
Length	60.00 m
Cross section	2.00m x 2.00m
Spudcans	3.25m x 3.25m

Item	Weight (kg)	Weight (t)	x (m)	y (m)	z (m)
LEG_AFTPS_1	146820	146.82	3.15	12.000	27.913
LEG_AFTSB_3	146820	146.82	3.15	-12.000	27.913
LEG_FWDSB_4	146820	146.82	38.85	-12.000	27.913
LEG_FWDPS_2	146820	146.82	38.85	12.000	27.913
SPUDCAN AFTPS_SP1	12810	12.81	3.15	12.000	-1.399
SPUDCAN AFTSB_SP3	12810	12.81	3.15	-12.000	-1.399
SPUDCAN FWDSB_SP4	12810	12.81	38.85	-12.000	-1.399
SPUDCAN FWDPS_SP2	12810	12.81	38.85	12.000	-1.399

Como se puede ver, esta tabla del buque Odin, proporciona la información de los pesos de las patas, la posición en el buque, las dimensiones y además, proporciona información

sobre los spudcans. Estos spudcans se definen más en detalle (Forma y función) en el Cuaderno 12.

En este cuaderno, a mayores del peso de las patas, se tendrá en cuenta el peso de los spudcans, para ello, se hará una estimación de cuánto pueden pesar en base a las dimensiones y pesos del buque Odín, haciendo una extrapolación para obtener el peso de los del buque proyecto, conociendo el tamaño a partir de hacer una aproximación del tamaño de los spudcans en función del buque base.

Los Spudcans del buque proyecto serán de aproximadamente de 10,1 metros de manera que haciendo una regla de 3 con la dimensión de los spudcans del buque Odin y su peso, se obtiene el siguiente resultado para el buque proyecto:

$$P_{SpudcanOdin} = 12,81t \rightarrow D_{spudcanOdin} = 3,25m$$

$$P_{SpudcanProyecto} = ???t \rightarrow D_{spudcanProyecto} = 10,1m$$

$$P_{SpudcanProyecto} = 40,4 t$$

$$P_{total} = 40,4 t * 6 = 242,4t$$

- Conclusiones

De los dos pesos de las patas, se ha decidido tomar el mayor de los dos, puesto que son valores cercanos entre ellos, y como caso más desfavorable, será el que más peso tenga.

A este peso de las patas, se le añade el peso de los spudcans, de modo que el peso total de las patas será de:

PESO DE LAS PATAS		
NÚMERO PATAS		6
TIPO PATAS	CILINDROS SIMPLES	
DENSIDAD PATAS(t/ft)		3,5
DENSIDAD PATAS(t/m)		11,4829396
LONGITUD PATAS(m)		71,75
PESO DE LAS PATAS APROX.(t)		4943,40551
XCG	66,65	
ZCG	33,875	

PESO SPUDCANS		
NÚMERO		6
DIMENSIONES	10,1X10,1	
PESO UNIDAD	40,4	
PESO TOTAL (t)	242,4	
XCG	66,3	
ZCG	0,7	

PESO TOTAL		
PATA+SPUDCAN	5185,80551	t

3.3.11 Peso Grúa

3.3.11.1 Grúa Principal

Para este cálculo se ha recurrido a utilizar las características de una grúa algo superior en cuanto en términos de capacidad de elevación, ya que los fabricantes de grúas no proporcionan en todos sus productos todas las características, por tanto, se ha recurrido a la utilización de un artículo (se indica a pie de página)² donde se dan características del peso de la grúa.

La grúa es la siguiente:

Liebherr MTC 78000

Con capacidad máxima de 1600 t @ 35m de radio

530t @ 74m de radio

Peso de la grúa- 1420 t

Peso de la base- 300t

A continuación, se muestran los datos de la grúa mencionados, con los centros de gravedad medidos sobre plano de una manera aproximada.

Los datos son los siguientes:

GRÚA	
ALTURA BASE(m)	25 MEDIDO EN A
LONGITUD BRAZO(m)	87
CARGA MÁXIMA(t)	1600
MOMENTO MAX.(tm)	78000
DIÁMETRO	4,5 MEDIDO EN A
PESO BASE	300 t
XCG BASE	21
ZCG BASE	25
PESO GRÚA CON MAQUINARIA	1420
XCG	64
ZCG	25
PESO TOTAL	1720

Como la grúa al ser de dimensiones considerables, se decide calcular el centro de gravedad dividiendo la grúa en dos grandes grupos, el primero será la base de la grúa, y el segundo, el brazo.

A continuación, se muestran los centros de gravedad mencionados:

XCG BASE	21
ZCG BASE	25

El centro de gravedad estará situado aproximadamente a la altura del brazo de la grúa, y en a la mitad de la base.

XCG GRÚA	64
ZCG GRÚA	25

El centro de gravedad del brazo de la grúa se ha supuesto a la mitad del brazo de la grúa de nuestro buque de referencia (medido en AutoCad-6.5) y la altura, a la altura del brazo, que estará a la misma altura que el centro de gravedad de la base aproximadamente.

² <https://www.offshorewind.biz/2010/11/15/further-1-600-t-heavy-lift-offshore-crane-successfully-delivered-by-liebherr-germany/>

3.3.11.2 Grúa Auxiliar

Como se indica en la RPA, se dispone de una grúa auxiliar para el izamiento. Esta grúa, será una grúa más pequeña que la principal, y se utilizará para dar apoyo a la grúa principal en las labores de movimiento de la carga (Aerogeneradores).

Se ha decidido instalar una grúa con las siguientes características:

Liebherr MTC 2600-100

Capacidad-100t@ 32,2m

Como no se dispone del peso total de la grúa, se ha encontrado una grúa similar a la escogida, donde se indica el peso, las características de la grúa son las siguientes:

LIEBHERR OFFSHORE CRANE

DIESEL HYDRAULIC ROPE LUFFING MAST TYPE

MAX. SWL: 100 TON

MODEL: MTC 2600-100

YEAR OF MANUFACTURE: 2009

DESIGN CODE: API2C – 6TH EDITION

MANRIDING FUNCTION

BOOM LENGTH: 30M

CAPACITIES / NUMBER OF FALLS: 100 TON – 4 FALL / 50 TON – 2 FALL

MAIN HOIST MIN. RADIUS: 6.9M

MAIN HOIST MAX. RADIUS: 30.2M

POWER REQUIREMENT: 380 V AC / 50 Hz (3 PH) – 230 V AC / 50 Hz (1 PH)

APPROX. TOTAL CRANE WEIGHT: 140 TON (INCL. PEDESTAL)

OUTFITTING: 2 x 400 W FLOODLIGHTS, 1 x HEAD AIRCRAFT WARNING LIGHT, 1
x TOP GANTRY AIRCRAFT WARNING LIGHT

3.3.12 Total Pesos

DESCRIPCIÓN	HABILITACIÓN Y EQUIPOS				
	PESO(t)	XCG	MOMX	ZCG	MOMZ
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	71,87	60,25	4330,13	5,79	415,89
HABILITACIÓN	328,29	116,20	38147,65	21,12	6933,55
TUBERÍAS Y BOMBAS DE CASCO	45,00	64,90	2920,55	5,79	260,42
CI EN CM	20,17	79,50	1603,49	4,20	84,71
TUBERÍAS Y BOMBAS CM	247,21	79,50	19653,35	4,20	1038,29
PORTECCIÓN CATÓDICA	4,44	64,90	288,37	3,25	14,44
SALVAMENTO	25,20	114,00	2872,80	15,17	382,23
PATAS	4943,41	66,30	327747,79	33,88	167457,86
BASE GRÚA	300,00	21,00	6300,00	25,00	7500,00
PLUMA GRÚA	1420	64	90880,00	25	35500,00
PINTURA	43,36	66,71	2892,35	5,79	250,91
GRÚA AUXILIAR	140	77	10780,00	22,5	3150,00
SPUDCANS	242,4	66,3	16071,12	0,7	169,68
HELIPUERTO	24	129	3096,00	22	528,00
TOTAL	7855,35	67,16	527583,60	28,48	223685,98

Los centros de gravedad totales se han calculado de la siguiente manera:

$$XCGt = \frac{\sum PESOS}{\sum MOMX}$$

$$ZCGt = \frac{\sum PESOS}{\sum MOMZ}$$

Los momentos son calculados multiplicando el centro de gravedad por el peso correspondiente.

3.4 Total Pesos y Centro de Gravedad

A continuación, se muestra una tabla calculando el peso total de todo lo calculado previamente, con su Centro de Gravedad total:

DESCRIPCIÓN	TOTAL				
	PESO(t)	XCG	MOMX	ZCG	MOMZ
ESTRUCTURA	6592,49	60,25	397218,61	7,55	49779,46
MAQUINARIA	2078,54	61,85	128553,14	3,77	7843,96
HABILITACIÓN Y EQUIPOS	7855,35	67,16	527583,60	28,48	223685,98
TOTAL	16527,00	64,00	1053356,00	18,00	281310,00

Este peso total se tiene que sobredimensionar para así, tener en cuenta posibles errores que no se han podido tener en cuenta debido a la fase temprana del diseño, y posibles desviaciones en los pesos calculados por la misma razón, por tanto:

TOTAL SOBRE.	18161,02	65,00		19,00	
--------------	----------	-------	--	-------	--

Se ha sobredimensionado en un 10% el peso "TOTAL" y se ha aumentado el centro de gravedad en 1 metros hacia proa y 1 metros más de altura.

4 COMPROBACIÓN DEL PESO MUERTO

En primer lugar, se va a calcular el desplazamiento a partir de las dimensiones principales de nuestro buque:

$$\Delta = Cb * L * B * T * \rho$$
$$\Delta = 0,84 * 133,42 * 38,7 * 6,5 * 1,028 = 29119t$$

A continuación, se comprueba que, a partir del desplazamiento calculado y el peso en rosca total sobredimensionado del apartado anterior, cumple con la condición preestablecida en la RPA de 8000DWT:

$$PM = \Delta - PR$$
$$PM = 29119 - 18180 = 10939t$$

Como se puede comprobar, la condición de la RPA de 8000DWT se cumple con mucho margen, lo que no sería óptimo para el buque buscado con la RPA.

Este desplazamiento tan grande del buque es debido a que se ha trabajado con un calado de 6'5 metros en lugar del calculado en el Cuaderno 1 de 6'05 metros. Se ha utilizado el calado de 6'5 metros puesto que al realizar las formas del buque en el Software de Maxsurf, se ha tomado el hueco de las patas como NON-BUOYANT, es decir, que no aportan flotación, de manera que el buque para la condición de 6'5 metros, tendrá un desplazamiento muy aproximado al que tendría en la condición de calado de 6'05 metros de no tener las patas.

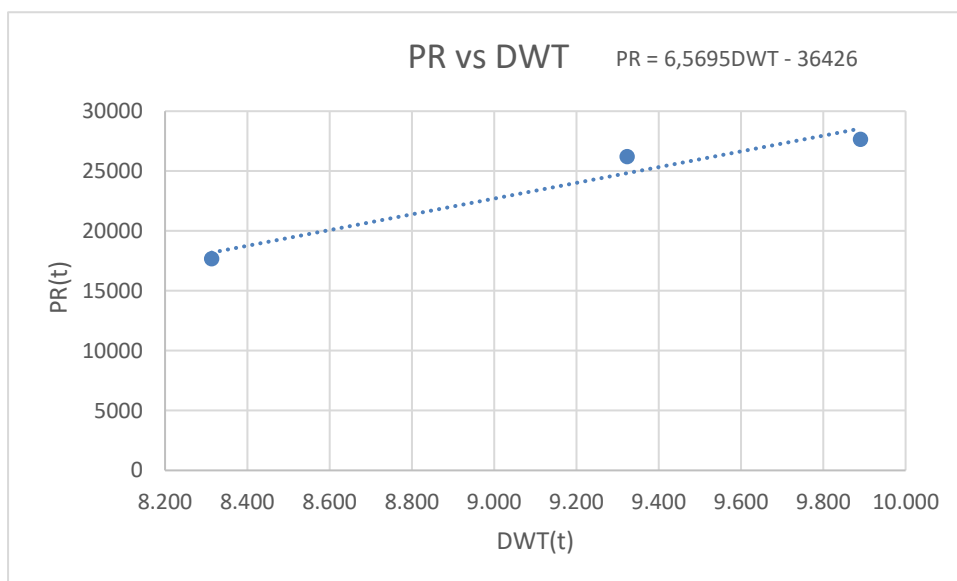
Para este caso, se recurre al Software de Maxsurf para comparar los desplazamientos de 6'05 metros (Sin NON-BUOYANT) con el de 6'5 metros (con NON-Buoyant)

En el Cuaderno 5, se explica más en detalle la variación de desplazamientos y calados debidos al hueco de las patas.

4.1 PR vs DWT

Se muestra a continuación, la comprobación del Peso en Rosca en función del Peso Muerto.

Los buques a utilizar para este cálculo son aquellos de los que se tiene el peso en rosca y el peso muerto en la base de datos, por eso se trabaja con muy pocos buques:



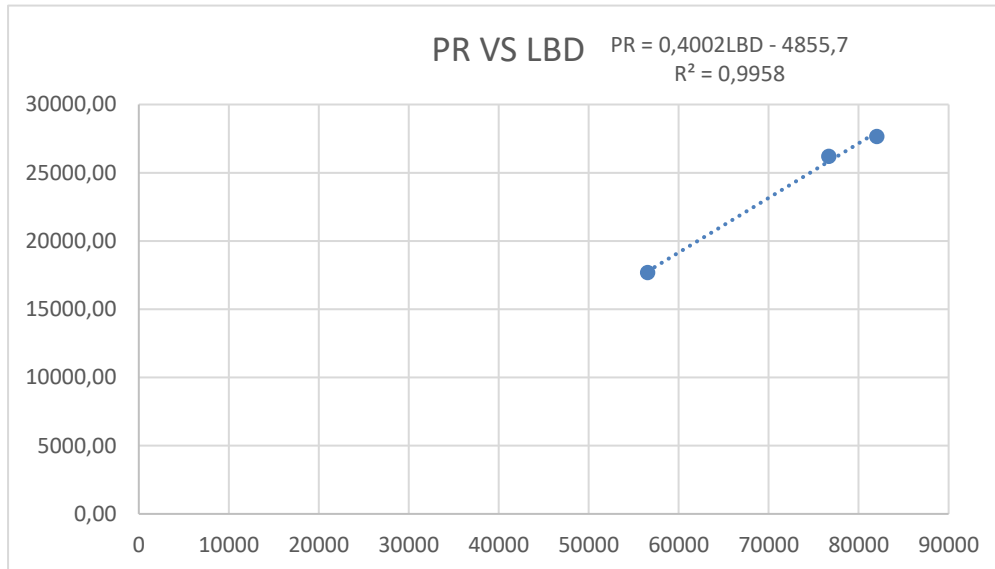
$$PR = 6,5695DWT - 36426 = 6,5695 * 8000 - 36426 = 16130t$$

El peso en rosca calculado por este método es algo inferior al calculado por desglose de pesos (con la sobredimensión indicada del 10%) a lo largo de este Cuaderno.

4.2 PR vs LBD

Se muestra a continuación, la comprobación del Peso en Rosca en función de L*B*D.

Al igual que para el cálculo previo, se utilizarán los buques que en la base de datos del C1 se posee la información del peso en rosca, y por ello, se trabajará con los mismos buques que para el apartado anterior:



$$PR = 0,4002LBD - 4855,7 \quad 0,4002 * 133,61 * 38,74 * 11,57 - 4855,7 = 19117,77t$$

Este peso en Rosca es superior al que se ha calculado por desglose de pesos a lo largo de este Cuaderno.

Haciendo las comprobaciones de las dos opciones citadas:

4.3 Conclusión

Haciendo las comprobaciones de las dos opciones calculadas en función del desplazamiento calculado previamente por dimensiones principales:

$$PM = \Delta - PR$$

$$PM1 = \Delta - PR1 = 26142 - 16130 = 10012t$$

$$PM2 = \Delta - PR2 = 26142,07 - 19117,77 = 7024,23t$$

Según lo calculado a lo largo de este cuaderno (con la sobredimensión), el Peso en Rosca del buque está situado en un valor intermedio de las dos estimaciones indicadas previamente por rectas de regresión, por tanto, se puede afirmar que el valor sobredimensionado del peso en Rosca del buque es válido, ya que está dentro del rango que se ha calculado:

	PR	DWT
PR ESTIMADO recta 1	16130,00	12989,00
PR ESTIAMMADO recta 2	19060,92	10058,08
PR desglose	16527,00	12592,00
PR desglose sobredimensión	18161,02	10957,98

Como se puede comprobar en los diferentes pesos muertos, el buque se pasa con el peso muerto para el calado establecido, pero en el Cuaderno 5, este desplazamiento y por tanto, peso muerto, se ajustará más al peso muerto que se busca. Esto se explicará más en detalle en el Cuaderno 5.

5 CARGA ÚTIL

Para este cálculo se va a seguir el mismo procedimiento que el usado en el Cuaderno 1, pero ahora ya se conocen más datos, para el cálculo de la carga útil, se va a seguir el Libro "Proyectos de Buques y Artefactos" del Profesor Fernando Junco Ocampo, tal y como se hizo en el Cuaderno 1.

Como se sabe:

$$\Delta = PR + PM$$

$$PR = \text{Peso en Rosca} = PS + PER + PQ$$

$$PM = \text{Peso Muerto} = \text{Consumos} + \text{Carga útil} + \text{Tripulación} + \text{Pertrechos}$$

$$PM = 8000DWT \text{ (DATO RPA)}$$

5.1 Peso Muerto

Como se ha marcado anteriormente, nuestro dato principal es el peso muerto, de 8000DWT, por tanto, a partir de este dato, se calcularán las componentes de dicho peso muerto, ya indicadas:

$$PM = \text{Peso Muerto} = \text{Consumos} + \text{Carga útil} + \text{Tripulación} + \text{Pertrechos}$$

5.1.1 Consumos

5.1.1.1 Combustibles

La potencia de calcula en cuadernos posteriores, pero para este cálculo, el consumo de potencia medio durante los 30 días de operación se ha estimado en aproximadamente unos 10400 kW, de manera que el consumo de combustible se calculará para esa potencia media. Este consumo de combustible puede variar en cuadernos posteriores.

$$\text{Consumo del generador} = 177 \frac{g}{KW \cdot h}$$

$$\text{Autonomía} = 30 \text{ días} \cdot 24h = 720h$$

$$P = 10400kW$$

$$\text{Peso Comb.} = \text{Consumo motor} \cdot \text{Autonomía} \cdot BHP \cdot \frac{1}{10^6} = 177 \cdot 720 \cdot 10400 \cdot \frac{1}{10^6} = 1326 t$$

5.1.1.2 Aceite

En este caso, se utilizará el mismo razonamiento para este consumo. Se utilizará el consumo de aceite del motor que se da en la tabla de características del motor.

$$\text{Consumo del Generador} = 0,5 \frac{g}{KW \cdot h}$$

$$\text{Autonomía} = 30 \text{ días} \cdot 24h = 720h$$

$$P = 10400kW$$

$$\text{Peso Aceite} = \text{Consumo motor} \cdot \text{Autonomía} \cdot BHP \cdot \frac{1}{10^6} = 0,5 \cdot 720 \cdot 10400 \cdot \frac{1}{10^6} = 3,75t$$

Este dato en comparación con el obtenido en el cuaderno 1, es notablemente inferior, ya que en el cuaderno 1, se realizó una estimación, y para este caso hemos utilizado la misma fórmula que para el combustible, ya que la tabla del generador nos proporciona el dato del consumo de aceite del generador, por tanto, se puede utilizar la misma formulación.

5.1.1.3 Agua Dulce

Para este apartado se va a tener en cuenta que Según la UNE-EN ISO 15748-2.” Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas. Parte 2: Método de cálculo “. Y considerando el buque como carguero se toma un consumo de 175 l/persona al día, y dado que el buque está como máximo 30 días en la mar y que la densidad del agua es de 1 kg/l se tiene que:

$$\text{Peso Agua Dulce} = n^{\circ} \text{ Tripulantes} * \text{Días} * 175 \frac{l}{\text{Persona} * \text{día}} * 10^{-3} \frac{t}{l}$$

Siendo:

$n^{\circ} \text{ Tripulantes} = 90$, dato reflejado en la RPA

$$\text{Peso Agua Dulce} = 90 * 175 * 30 * 10^{-3} = 472,5 t$$

En este apartado, se utilizan los datos de los tanques del Cuaderno 12, como se puede comprobar, el consumo de agua dulce es la mitad del calculado en el cuaderno 1.

5.1.1.4 Víveres

Para este cálculo se estimarán 5kg por tripulante al día

$$\begin{aligned} \text{Peso Víveres} &= n^{\circ} \text{ Tripulantes} * 5 \frac{kg}{\text{Tripulante} * \text{Día}} * \text{Días} * 10^{-3} \frac{kg}{t} = \\ &= 90 * 5 * 30 * 10^{-3} = 13,5 t \end{aligned}$$

5.1.1.5 Total Consumos

$$\begin{aligned} \text{Peso Consumos} &= \text{Peso Combustible} + \text{Peso Aceite} + \text{Peso Agua Dulce} + \text{Peso Víveres} = \\ &= 1326 + 3,75 + 472,5 + 13,5 = 1815,75t \\ \text{Peso Consumos} &\approx 1816 t \end{aligned}$$

5.1.2 Tripulación

En este apartado, se supondrá un peso por tripulante de 125kg

$$\begin{aligned} \text{Peso Tripulación} &= n^{\circ} \text{ Tripulantes} * \text{Peso Por Tripulante} = \\ &= 90 * 125 = 11250kg = 11,25 t \end{aligned}$$

5.1.3 Pertrechos

Para este apartado, se tiene en cuenta que el peso de los pertrechos varía en función del tamaño del buque, entre 10-100 t, y para este caso se tomará el valor de 100 t como caso más desfavorable.

$$\text{Peso Pertrechos} = 100 t$$

5.1.4 Carga Útil

Como se ha mencionado anteriormente, se tiene que:

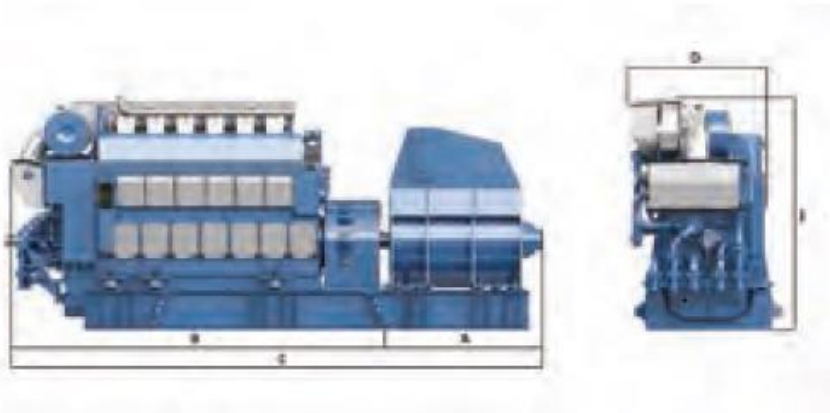
$$PM = \text{Peso Muerto} = \text{Consumos} + \text{Carga útil} + \text{Tripulación} + \text{Pertrechos}$$

De modo que:

$$\begin{aligned} \text{Carga útil} &= PM - \text{Consumos} - \text{Tripulación} - \text{Pertrechos} = \\ &8000 - 1816 - 11,25 - 100 = 6073 \text{ t} \end{aligned}$$

6 ANEXO

6.1 Tabla y Dimensiones Generador



Principal dimensions

Cylinder diameter 330mm. Piston stroke 450mm.

Engine type	A	B	C	D	E	Weights dry		
						Engine**	Alternator	Total
B33:45L6A	3410	5870	9280	2431	4100	46000 kg	18200 kg	64200 kg
B33:45L7A	3410	6405	9815	2431	4100	53100 kg	19600 kg	72700 kg
B33:45L8A	3505	6940	10445	2488	4250	60100 kg	21000 kg	81100 kg
B33:45L9A	3505	7475	10980	2488	4250	67100 kg	22300 kg	89400 kg
B33:45V12A*	4033	6870	10900	3140	4800	85000 kg	25000 kg	110000 kg

Technical data

Engine type		B33:45L6A	B33:45L7A	B33:45L8A	B33:45L9A	B33:45V12A*
Number of cylinders		6	7	8	9	12
Engine speed	r/min	720/750	720/750	720/750	720/750	720/750
Mean piston speed	m/s	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2
Max. cont. rating (MCR)	kW	3600	4200	4800	5400	7200
Max. cont. rating altern, ($\eta=0.97$)	kW	3492	4074	4656	5238	6950
Max. cont. rating altern, ($\text{Cos}\phi=0.8$)	kVA	4365	5093	5820	6548	8690
Max. cont. rating altern, ($\text{Cos}\phi=0.9$)	kVA	3880	4526	5173	5820	7722
Mean effective pressure (BMEP)	bar	26/25	26/25	26/25	26/25	26/25
Specific fuel consumption	g/kWh	177	177	177	177	176
Specific lub. oil consumption	g/kWh	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8
Cooling water temp. engine outlet	°C	90	90	90	90	90

*Preliminary data. Engine ** Engine and foundation

Dimensions given apply for resiliently mounted engines. Choice of alternator will effect the given dimensions and weights.


Tabla sacada del catálogo de Kongsberg

6.2 Tabla Thuster y Propulsor

RUDDERPROPELLER SRP

Type	Input power				Input speed [min ⁻¹]	Propeller ducted Ø [m]	Weight* [t]	PTI hybrid	Drive variants	
	A	B	C	D					Z	L
SRP 100	-	190	200	225	1800 / 2300	0.80	1.50	-	S	-
SRP 130	-	260	280	315	1800 / 2000	1.05	1.65	-	S	-
SRP 150	-	310	330	370	1800 / 2100	1.10	2.10	-	S	0
SRP 210	500	530	560	640	1800 / 2100	1.45	4.50	0	S	0
SRP 240	660	700	750	850	1600 / 1800 / 2100	1.60	8.00	0	S	0
SRP 260	700	770	820	920	1000 / 1200 / 1500 / 1800	1.75	9.60	-	S	0
SRP 340	1090	1170	1250	1400	750 / 900 / 1000 / 1200 / 1600 / 1800	2.10	15.00	0	S	0
SRP 360	1190	1280	1360	1530	750 / 900 / 1000 / 1200 / 1600 / 1800	2.20	15.50	0	S	0
SRP 400	1280	1410	1530	1700	750 / 900 / 1000 / 1200 / 1600 / 1800	2.30	20.00	0	S	0
SRP 430	1450	1560	1660	2000	750 / 900 / 1000 / 1200 / 1600 / 1800	2.40	21.50	0	S	0
SRP 460	1830	1960	2090	2350	750 / 900 / 1000 / 1200 / 1600 / 1800	2.60	27.50	0	S	0
SRP 490	2000	2125	2270	2550	1800	2.80	28.50	0	S	0
SRP 510	2030	2170	2320	2600	750 / 900 / 1000 / 1200 / 1600 / 1800	2.80	31.00	-	S	-
SRP 560	2190	2350	2500	2800	750 / 900 / 1000 / 1200 / 1600 / 1800	3.00	35.00	-	S	-
SRP 610	2490	2670	2850	3200	600 / 750 / 900 / 1000 / 1200 / 1800	3.20	42.00	-	S	-
SRP 630	2520	2700	3000	3300	600 / 750 / 900 / 1000	3.40	53.00	-	S	-
SRP 730	3270	3500	3730	4200	750 / 900 / 1000	3.80	80.00	-	S	-
SRP 750	4100	4390	4680	5270	720 / 750	3.80	62.00	-	S	-
SRP 800	4810	5160	5500	6190	720 / 750	4.10	70.00	-	S	-

*Weight only SRP, well installation, with propeller and oil at PAL min. (from SRP 260 upwards with nozzle)
 Gewicht nur SRP, Brunneneinbau, mit Propeller und ÖLNÜGUNG bei PAL min. (ab SRP 260 mit Düse)
 S = Standard, 0 = Option



The SCHOTTEL Rudderpropeller is a universal multi-talent that is suitable for all conceivable applications and vessel designs.

- The unique combination of the new SCHOTTEL high performance nozzle with streamlined lower gearbox housing for maximum bollard pull and DP performance; for high efficiency and course stability at free-running
- FP propeller

Optional

- LEACON sealing system to protect the environment from oil spills and avoid water intake in the gear
- CP propeller (SRP 340 – 800)
- Special variants, e.g. for ice classes

Der SCHOTTEL Ruderpropeller ist das universell einsetzbare Multi-Talent, passend für alle denkbaren Anwendungen und Schiffdesigns.

- Einzigartige Kombination der neuen SCHOTTEL Hochleistungs-Düse mit stromlinienförmigem Unterwassergehäuse für höchsten Pfahzug und DP-Leistung; für guten Wirkungsgrad und Kursstabilität bei Freifahrt
- FP-Propeller

Optional

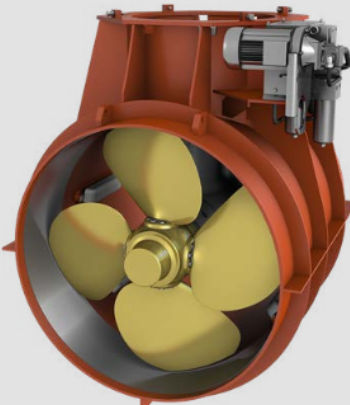
- Umweltfreundliches SCHOTTEL LEACON-Dichtungssystem schützt Gewässer vor Ölverschmutzung und verhindert einen Wassereintritt in das Getriebe
- CP-Propeller (SRP 340 – 800)
- Spezielle Varianten z. B. für Eisklassen

Tabla sacada de Schottel

6.3 Bow Tunnel Thruster

WÄRTSILÄ TRANSVERSE THRUSTERS DIMENSIONS

Thruster type	Maximum Power ¹ Manoeuvring AUX (kW)	Dynamic Positioning DP (kW)	Propeller Diameter (D) (mm)	Length (L) (mm)	Weight ² (kg)
CT/FT 125 H	614	603	1250	1550	2820
CT/FT 150 H	880	789	1500	1800	4200
WTT-11	1100	1000	1750	1970	5672
WTT-14	1450	1300	2000	2195	8050
WTT-16	1650	1475	2200	2115	11300
WTT-18	1850	1825	2200	2275	12250
WTT-21	2100	1825	2400	2275	12975
WTT-24	2400	2150	2600	2390	13775
WTT-28	2800	2400	2800	2970	20029
WTT-32	3200	2800	3000	3150	25142
WTT-36	3600	3200	3200	3350	29530
WTT-40	4000	3600	3400	3520	30500
WTT-45 ³	4500	4050	3600	3950 ⁴	35350 ⁴
WTT-55 ³	5500	4900	4000	4300 ⁴	47650 ⁴



¹ Maximum power level is valid for uni-directional rotation (CPP).
 Depending on propeller type, net frequency and class society, different power levels may apply.

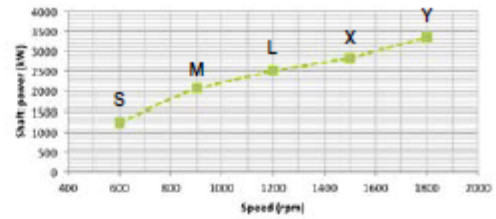
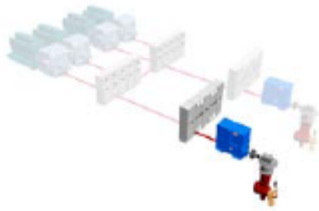
² Version with CP propeller including a standard tunnel with E-motor support, excluding E-motor.

³ Available on request.

⁴ Preliminary values.

Características obtenidas del catálogo de Wärtsilä.

6.4 Motor Propulsor



High Speed Drive 500 - Single Drive (AFE)						
		S	M	L	X	Y
	Drive Stop	S	M	L	X	Y
	Motor Speed (rpm)	≥600	≥900	≥1200	≥1500	≥1800
	Maximum Power (kW)	1250	2050	2500	2900	3350
	Maximum Torque (kNm)	19,9	21,7	19,9	17,8	17,8
	Drive (kVA)	1840	3620	3620	3620	4630
	Transformer (kVA)	-	-	-	-	-
	Networking Braking	Limited	Limited	Limited	Limited	Limited
Drivetrain Efficiency (%)	Motor	95,2	96	96,1	96,1	96,3
	Frequency Converter	97	97	97	97	97
	Transformer	-	-	-	-	-
	Total Electrical Efficiency	92,3	93,1	93,2	93,2	93,4
Main Connection	Input Voltage (VAC)	690	690	690	690	690
	Frequency (Hz)	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
	Power factor	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
	Input power (kVA)	1367	2224	2709	3034	3623
	Input Current (A)	1144	1861	2267	2539	3031
Footprint (m²)	Motor	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
	Frequency Converter	3,1	4,8	4,8	4,8	6,2
	Braking Resistor	-	-	-	-	-
	Transformer	-	-	-	-	-
	Excitation Transformer	-	-	-	-	-
	Harmonic Filter	-	-	-	-	-
	Total	7,7	9,4	9,4	9,4	10,8
Dimensions (L x W x H)	Motor	2595 x 1780 x 2070	2595 x 1780 x 2070	2595 x 1780 x 2070	2595 x 1780 x 2070	2595 x 1780 x 2070
	Frequency Converter	4330 x 718 x 2088	6630 x 718 x 2088	6630 x 718 x 2088	6630 x 718 x 2088	6630 x 718 x 2088
	Braking Resistor	-	-	-	-	-
	Transformer	-	-	-	-	-
	Excitation Transformer	-	-	-	-	-
	Harmonic Filter	-	-	-	-	-
Weight (kg)	Motor	6190	6150	6000	6060	6040
	Frequency Converter	3350	5315	5315	5315	7495
	Braking Resistor	-	-	-	-	-
	Transformer	-	-	-	-	-
	Excitation Transformer	-	-	-	-	-
	Harmonic Filter	-	-	-	-	-
Total	9540	11465	11315	11365	13535	
LT-waterflow (m³/h)	Motor	9,1	12,4	14,5	16,1	16,9
	Frequency Converter	7,0	13,4	13,4	13,4	17,5
	Braking Resistor	-	-	-	-	-
	Transformer	-	-	-	-	-
	Excitation Transformer	-	-	-	-	-
	Harmonic Filter	-	-	-	-	-
Losses to water (kW)	Motor	56,1	74,1	82,7	86,7	94,8
	Frequency Converter	56,2	111	111	111	146,5
	Braking Resistor	-	-	-	-	-
	Transformer	-	-	-	-	-
	Excitation Transformer	-	-	-	-	-
	Harmonic Filter	-	-	-	-	-
Total	112,3	185,1	193,7	197,7	241,3	
Losses to ambient (kW)	Motor	4,7	6,4	6,9	8,4	9,2
	Frequency Converter	2,5	4,1	5,0	5,6	6,7
	Braking Resistor	-	-	-	-	-
	Transformer	-	-	-	-	-
	Excitation Transformer	-	-	-	-	-
	Harmonic Filter	-	-	-	-	-
Total	7,2	10,5	11,9	14,0	15,9	

6.5 Planos

