



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2019/20**

---

*BULKARRIER PORTACONTENEDORES  
40 000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA**

Marta González García

**TUTOR**

Vicente Díaz Casás

**FECHA**

DICIEMBRE 2019

# TÍTULO Y RESUMEN

## 1.1 Título y Resumen

En este trabajo, se va a desarrollar el anteproyecto de un buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeramente vamos a realizar un dimensionamiento preliminar, así como una predicción de potencia. Cabe destacar que la elección de las dimensiones del buque se ha hecho teniendo en cuenta varias combinaciones posibles, tomando como cifra de mérito el coste del buque.

Posteriormente, se procederá a un cálculo más detallado de los pesos del buque, así como a una definición de las formas del casco.

También detallaremos el compartimentado del buque, el cálculo de estabilidad en las diferentes situaciones de carga, una predicción de potencia más detallada, así como el diseño del timón y el cálculo del servomotor.

Llevaremos a cabo el cálculo estructural básico del buque, según el Bureau Veritas.

Con los datos obtenidos a lo largo del proyecto, elaboraremos los planos de disposición general del buque.

También se hará el cálculo del balance eléctrico del buque en las diferentes situaciones de demanda eléctrica.

Por último, haremos el cálculo del coste del buque, detallando cada partida.

## 1.2 Título e Resumo

Neste traballo, váise desenrolar o anteproxeito dun buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeiramente imos face-lo dimensionamento preliminar, así coma unha predición de potencia. É preciso destacar que a elección das dimensións do buque fíxose tendo en conta varias combinacións posibles, tomando como cifra de mérito o coste do buque.

Posteriormente, procederáse a un cálculo máis detallado dos pesos do buque, así coma a unha definición das formas do casco.

Tamén detallaremos o compartimentado do buque, o cálculo da estabilidade nas diferentes situacións de carga, unha predición de potencia máis detallada, así coma o deseño do timón e o cálculo do servomotor.

Levaremos a cabo o cálculo estrutural básico do buque, según o Bureau Veritas.

Cos datos obtidos ó longo do proxecto, elaboraremos os planos de disposición xeral do buque.

Tamén se fará o cálculo do balance eléctrico do buque nas diferentes situacións de demanda eléctrica.

Por último, faremos o cálculo do coste do buque, detallando cada partida.

### **1.3 Tittle and Abstract**

In this project will be developed the pre-project of a containership bulkcarrier of 40 000 tn. In the first place, it makes a preliminary sizing and power prediction. Its necessary to be noticed that the dimensions were choosen by making several posible combinations taking the minimun building cost as the criteria to minimize.

After that, it makes a more detailed calculation of the ship weights as well as a definition of the hull shapes.

It is also detailed the behaviour of the ship, the stability calculation in all the diferent cargo situations, a more detailed power prediction as well as the rudder design and the servo calculation.

In addition to that, it develops a basic stuctural calculation of the ship according to the Bureau Veritas.

With all the obtained data in the project, it will obtain the drawing of the ship general arrangement.

It also elaborates the electric balance for all the diferent situations of electric demanding.

Finally, it makes the calculation of the cost of the ship, detailing each item.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

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

---

*BULKCARRIER PORTACONTENEDORES  
40 000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 6**

**PREDICCIÓN DE POTENCIA Y SELECCIÓN DE PLANTA  
PROPULSORA**

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

*CURSO 2 019-2 020*

**PROYECTO NÚMERO: 18-14**

**TIPO DE BUQUE:** *Bulkcarrier y Portacontenedores*

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

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** *40 000 TPM. Grano, mineral, carbón. 2 Pilas de contenedores / madera sobre las tapas de escotillas. Madera.*

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** *15 nudos en condiciones de servicio al 85% MCR y 15% de margen de mar. 12 000 millas a la velocidad de servicio.*

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** *Escotillas de accionamiento hidráulico. Con grúas carga-descarga.*

**PROPULSIÓN:** *Motor diésel acoplado a una hélice de paso fijo. LNG para operaciones en puerto.*

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** *20 personas.*

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

Ferrol, 11 de marzo de 2019

ALUMNA: **D<sup>a</sup> Marta González García**

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. CONTENIDO A DESARROLLAR EN EL PRESENTE CUADERNO .....	1
1.2. PRESENTACIÓN.....	1
<b>2. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA.....</b>	<b>2</b>
2.1. MÉTODO DE CÁLCULO .....	2
2.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE Y LA POTENCIA EFECTIVA.....	4
<b>3. ELECCIÓN DEL MOTOR .....</b>	<b>5</b>
3.1. POTENCIA DE FRENO.....	5
3.2. MOTOR .....	6
<b>4. CÁLCULO DEL PROPULSOR .....</b>	<b>9</b>
4.1. ELECCIÓN PROPULSOR.....	10
4.1.1. <i>Propulsor de 4 palas</i> .....	10
4.1.2. <i>Propulsor de 5 palas</i> .....	11
4.1.3. <i>Propulsor de 6 palas</i> .....	12
4.1.4. <i>Propulsor final</i> .....	12
<b>5. CLARAS DE CODASTE .....</b>	<b>14</b>
5.1. BUREAU VERITAS .....	14
5.2. LLOYD'S REGISTER.....	14
5.3. NORSKE VERITAS .....	15
5.4. RESUMEN CÁLCULOS CLARAS DE CODASTE .....	15
<b>6. CÁLCULO DEL TIMÓN .....</b>	<b>17</b>
6.1. PARÁMETROS PRINCIPALES.....	17
6.2. CÁLCULO FUERZAS Y PAR TORSOR .....	18
6.2.1. <i>Fuerzas sobre el timón</i> .....	18
6.2.2. <i>Par torsor</i> .....	20
6.3. SERVOMOTOR .....	22
<b>ANEXO I.....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO III.....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO IV.....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO V.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXO VI.....</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contenido a desarrollar en el presente cuaderno

- Presentación. Introducción al cuaderno. Descripción de las características del buque proyecto.
- Estimación de la potencia propulsora. Realización de los cálculos necesarios para estimar la potencia propulsora del buque en las condiciones requeridas por la RPA, en función de las dimensiones y formas obtenidas en los cuadernos 1 y 3.
- Definición del propulsor. Realización de los cálculos para estimar el propulsor más adecuado al buque proyecto.
- Salidas e informes de todos los cálculos realizado con el software de estimación de resistencia al avance y dimensionado de propulsores utilizado.

### 1.2. Presentación

El objetivo de este cuaderno será calcular la potencia para la propulsión de nuestro buque proyecto, así como el diseño del propulsor y del timón del mismo.

Se tendrá en cuenta que en la especificación de nuestro proyecto se exige que la planta propulsora sea un motor acoplado a una hélice de paso fijo, que sea capaz de desarrollar 15 nudos de velocidad en servicio, a plena carga y con el motor al 85% de la potencia máxima continua (MCR) y un 15% de margen de mar.

A continuación, se presentan las características principales de nuestro buque:

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES		
<b>Eslora total</b>	176,50	m
<b>Eslora entre perpendiculares</b>	170,40	m
<b>Manga</b>	30,17	m
<b>Calado</b>	11,56	m
<b>Puntal</b>	17,14	m
<b>Peso muerto</b>	40 000,00	t
<b>Desplazamiento</b>	50 138,00	t
<b>Velocidad de servicio</b>	15	nudos

## 2. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA

Realizaremos la predicción de potencia necesaria para nuestro buque mediante el *Software NavCAD*. Para esto partiremos de varios datos obtenidos en cuadernos anteriores:

<b>Eslora en la flotación</b>	173,31	m
<b>Desplazamiento</b>	50 138,00	t
<b>Superficie mojada</b>	7 987,79	m <sup>2</sup>
<b>Centro de carena medido desde la estampa</b>	91,07	m
<b>Centro de flotación medido desde la estampa</b>	87,39	m
<b>Sección de la maestra</b>	347,00	m <sup>2</sup>
<b>Área de la flotación</b>	4.587,94	m <sup>2</sup>
<b>Área de la sección del bulbo</b>	30,00	m <sup>2</sup>
<b>Nariz del bulbo bajo la flotación</b>	8,12	m
<b>Nariz del bulbo desde la estampa</b>	179,65	m
<b>Área de inmersión de la estampa</b>	0	m <sup>2</sup>
<b>Semiángulo de entrada</b>	44,00	°

### 2.1. Método de cálculo

En primer lugar, introduciremos las características principales del buque mencionadas anteriormente y a partir de esto, se nos permitirá elegir entre varios métodos de cálculo dependiendo del tipo de buque y de sus características.

<b>Project</b>			<b>Hull</b>		
Project ID:			Configuration:	Monohull	
Description:			Chine type:	Round/multiple	
<b>Summary</b>			<b>General</b>		
Scope:	ITTC-78 (CT)		Length on WL:	173,310	m
Configuration:	Monohull		Max beam on WL:	30,170	m
Chine type:	Round/multiple		Max molded draft:	11,560	m
Length on WL:	173,310	m	Displacement:	50138,00	t
Displacement:	50138,00	t	Wetted surface:	7987,8	m <sup>2</sup>
Propulsor type:	Propeller		Demi-hull spacing:		m
Count:	1		<b>ITTC-78 (CT)</b>		
<b>Water properties</b>			LCB fwd TR:	91,070	m
Water type:	Salt		LCF fwd TR:	87,390	m
Density:	1026,00	kg/m <sup>3</sup>	Max section area:	347,0	m <sup>2</sup>
Viscosity:	1,18920e-6	m <sup>2</sup> /s	Waterplane area:	4587,9	m <sup>2</sup>
<b>Speeds</b>			Bulb section area:	30,0	m <sup>2</sup>
Speed [01]	10,00	kt	Bulb ctr below WL:	8,120	m
Speed [02]	11,00	kt	Bulb nose fwd TR:	179,650	m
Speed [03]	12,00	kt	Imm transom area:	0,0	m <sup>2</sup>
Speed [04]	13,00	kt	Transom beam WL:	0,000	m
Speed [05]	14,00	kt	Transom immersion:	0,000	m
Speed [06]	15,00	kt	Half entrance angle:	44,00	deg
Speed [07]	16,00	kt	Bow shape factor:	1,0	[WL flow]
Speed [08]	17,00	kt	Stern shape factor:	1,0	[WL flow]
Speed [09]	18,00	kt	<b>Planing</b>		
Speed [10]	19,00	kt	Proj chine length:		m
<b>Design condition</b>			Proj bottom area:		m <sup>2</sup>
Design speed:	15,00	kt	LCG fwd TR:		m
			VCG below WL:		m
			Aft station (fwd TR):		m
			Deadrise:		deg



Se tendrá en cuenta para obtener nuestro objetivo, tanto que la rugosidad del casco corresponderá a la característica en un buque nuevo por lo que esto supondrá una resistencia añadida a causa de los apéndices de un 5%, así como que existirá un margen de mar de un 15% para tener en cuenta las posibles condiciones adversas a las que se pueda enfrentar el buque.

Appendage		Margin	
Definition:	Percentage	Design margin:	15 %
Percent of hull drag:	5,00 %	Basis:	Hull + added dr...

Los métodos existentes de cálculo son los que siguen en la imagen, en nuestro buque emplearemos el método “*Holtrop*” por ser uno de los que mejor se adecúa a nuestro buque.

Method Expert ranking

Method	Speed	Hull	Details
Holtrop	OK	OK	OK
Andersen	OK	OK	OK
Fung (CRTS)	OK	Uncertain	OK
Swift	OK	Uncertain	OK
Kostov	OK	Uncertain	OK
Hamburg EWB Series	OK	Uncertain	OK
Fung (HSTS)	OK	Fail	OK
Oortmerssen	OK	Fail	OK
Simple Ship	OK	Uncertain	Uncertain
BSRA Series (Full)	OK	Uncertain	Uncertain

Parameters		
FN [design]	0,06-0,27	0,19
CP	0,55-0,85	0,81
LWL/BWL	3,90-14,90	5,76
BWL/T	2,10-4,00	2,61
Lambda	0,01-1,07	1,00

Ranking: Best ■ Good ■ Fair ■ Poor ■

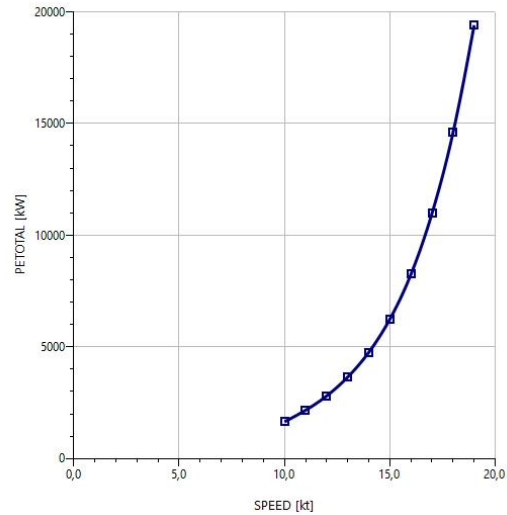
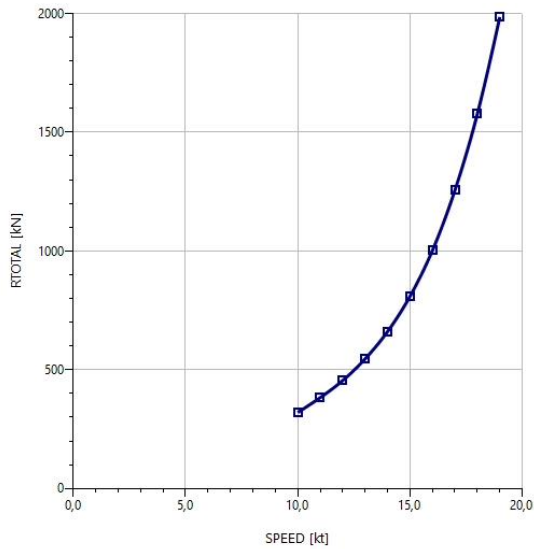
Watch for notes here...

Se empleará además el método predictivo de propulsión *ITTC-78* ya que es el más representativo para buques tipo *bulkcarrier*.

Vessel drag	Calc	ITTC-78 (CT)
Technique:		Prediction
Prediction:		Holtrop
Reference ship:		
Model LWL:	[m]	
<b>Viscous</b>		
Expansion:		Custom
Friction line:		ITTC-57
Hull form factor:	On	1,402
Speed corr:	On	
Spray drag corr:	Off	
Corr allowance:		0,000221
Roughness [mm]:	On	0,15
<b>Catamaran</b>		
Interference:	Off	
<b>Added drag</b>		
Appendage:	Calc	Percentage
Wind:	Off	
Seas:	Off	
Shallow/channel:	Off	
Towed:	Off	
Margin:	Calc	Hull + added drag [15...

## 2.2. Cálculo de la resistencia al avance y la potencia efectiva

Con los datos anteriores introducidos en el *Software* y en el apartado “Resistencia” del mismo, realizaremos los pertinentes cálculos para obtener el valor de la resistencia total ( $R_{total}$ ) que ha de ejercer el buque al avanzar a la velocidad de servicio estipulada de 15 nudos, así como la potencia efectiva (EHP) desarrollada.



Obtenemos pues, que a la velocidad estipulada de 15 nudos, será necesaria una potencia efectiva  $PE_{total} = EHP = 6\,244,9\text{ kW}$  para vencer una resistencia total al avance  $R_{total} = 809,28\text{ kN}$ .

Velocidad (nudos)	Rtotal (kN)	EHP (kW)
15	809,28	6 244,9

Se adjunta como *Anexo I* las partidas correspondientes a los cálculos de resistencia total al avance y de la potencia efectiva.

### 3. ELECCIÓN DEL MOTOR

Para elegir el motor idóneo para nuestro buque necesitaremos conocer previamente la potencia de freno del mismo.

#### 3.1. Potencia de freno

Una vez conocemos tanto la resistencia al avance como la potencia efectiva, calcularemos la potencia de freno en el apartado “Propulsión” del *Software NavCAD* la cual hace referencia a la potencia que el motor transmitirá directamente al propulsor ya que la hélice va directamente acoplada.

Existirá la obligación de introducir unos datos estimativos que estarán basados en los buques base (como son el número de palas y las revoluciones por minuto) para realizar el cálculo pertinente.

Propulsor		
Count:	1	
Propulsor type:	Propeller series	
Propeller type:	FPP	
Propeller series:	B Series	
Propeller sizing:	By thrust	
Reference prop:		
Blade count:	4	
Expanded area ratio:	0,5404	
Propeller diameter:	6500,0	mm
Propeller mean pitch:	4921,0	mm
Hub immersion:	8000,0	mm
Engine/gear		
Engine data:	None defined	
Rated RPM:		RPM
Rated power:		kW
Gear efficiency:	1,000	
Load correction:	Off	
Gear ratio:	0,928	
Shaft efficiency:	0,970	
Propeller options		
Oblique angle corr:	Off	
Shaft angle to WL:	0,00	deg
Added rise of run:	0,00	deg
Propeller cup:	0,0	mm
KTKQ corrections:	Custom	
Scale correction:	None	
KT multiplier:	1,000	
KQ multiplier:	1,000	
Blade T/C [0.7R]:	0,00	
Roughness:	0,00	mm

Propeller sizing			
To size			
Gear ratio:	Size	0,928	
Expanded area ratio:	Size	0,540	
Propeller diameter:	Size	6500,0	mm
Propeller mean pitch:	Size	4921,0	mm
Design condition			
Design speed:		15,00	kt
Reference thrust:		1036,05	kN
Design point:		1,000	
Reference RPM:		90,0	
Design point:		1,030	
Max prop diam:		6500,0	mm
Review			
Tip speed:		34,01	m/s

Los resultados obtenidos finalmente son los siguientes:

Velocidad (nudos)	Rt (kN)	EHP (kW)	BHP (kW)
15	809,28	6 244,90	8 974,3

Los BHP que nos proporciona el programa, están calculados con el margen de mar del 15%, mientras que no se incluye el régimen de servicio al 85% y puesto que disponemos de un alternador de cola de 845 kW, como se verá de forma más detallada en cuadernos posteriores, la potencia del motor se calcula de la siguiente forma:

$$Potencia\ motor = \frac{BHP + PTO}{\eta_{servicio}} = \frac{8\ 974,3 + 845}{0,85} = 11\ 553\ kW$$

Velocidad (nudos)	RPM	BHP (kW)
-------------------	-----	----------

15	100	11 553
----	-----	--------

Obtenemos finalmente, que la potencia de freno que debe generar el buque para mover la hélice a unas revoluciones por minuto óptimas de 100 y a una velocidad de servicio de 15 nudos y, además, proporcionar la potencia necesaria en el alternador de cola, será de  $BHP = 11\,553,00\text{ kW}$ .

Se adjuntan como *Anexo II* las partidas correspondientes al programa NavCAD referentes a la potencia de freno final.

### 3.2. Motor

Para llevar a cabo este apartado recurriremos al catálogo de motores de la compañía WinGD para encontrar uno que se ajuste a nuestros requisitos: un motor que mueva una hélice de paso fijo directamente acoplada y que sea capaz de proporcionar una potencia de  $BHP = 11\,553\text{ kW}$  a  $100\text{ rpm}$ .

Escogeremos, entonces, el motor modelo *WinGD RT-flex58T-E* adjunto como *Anexo III*, el cual presentamos a continuación:

Mostramos en este primer caso la gráfica de potencia en función de las rpm óptimas y vemos cómo se ajustan las necesidades del buque al motor escogido.

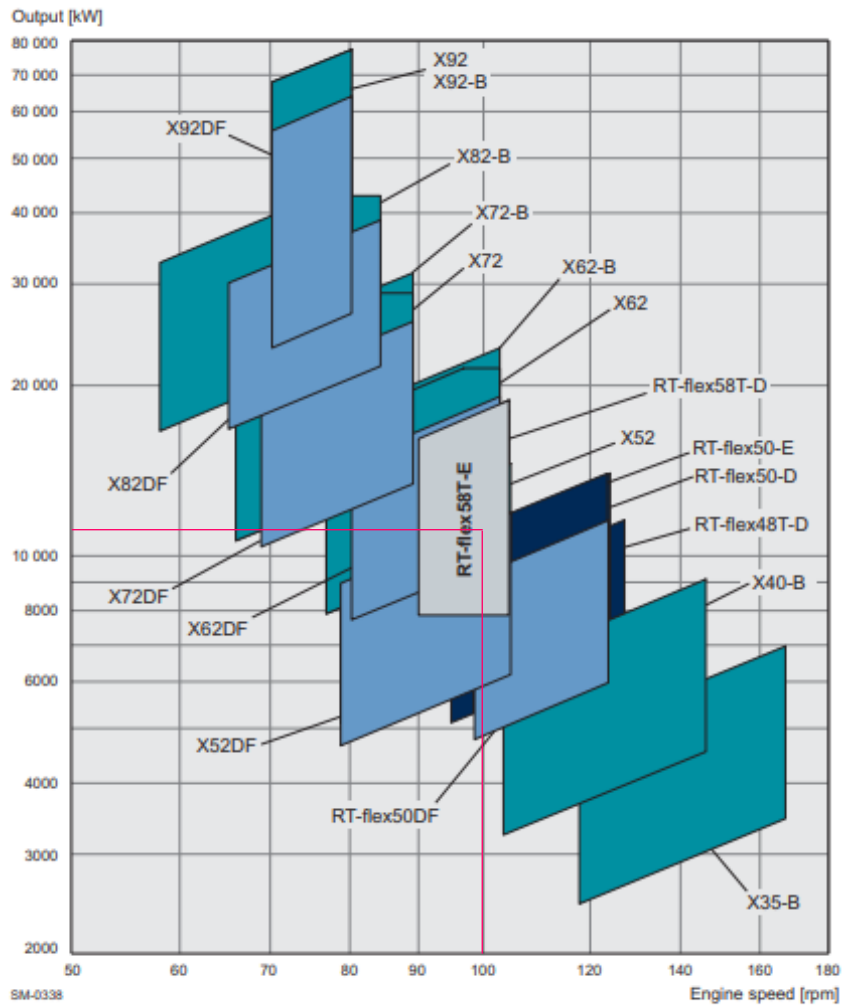


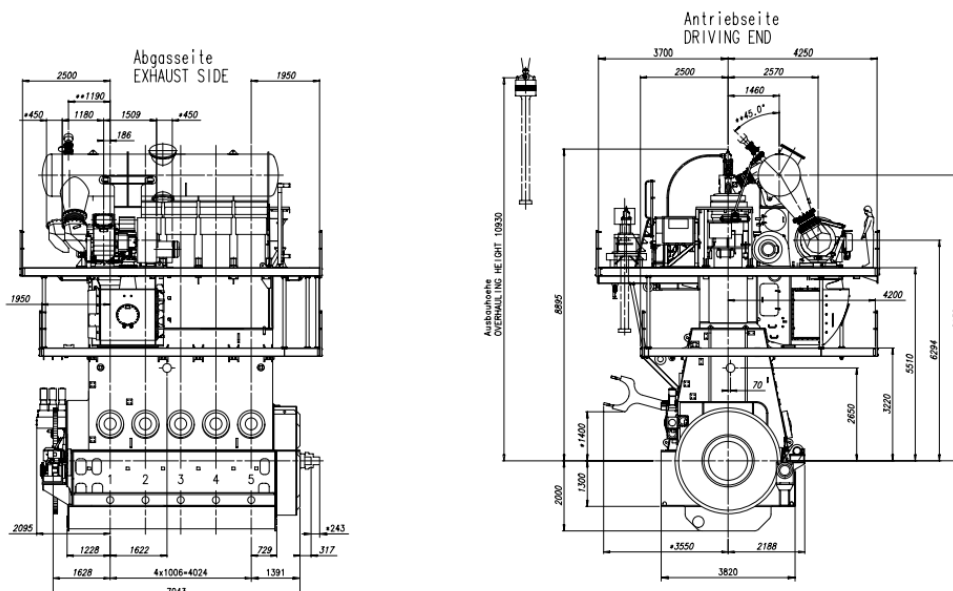
Figure 1-2 Power/speed range of WinGD engines complying with IMO regulations

Table 1-1 Rating points

Bore x stroke: 580 x 2,416 [mm]				
No. of cyl.	R1	R2	R3	R4
	Power [kW]			
5	11,750	7,900	10,075	7,900
6	14,100	9,480	12,090	9,480
7	16,450	11,060	14,105	11,060
8	18,800	12,640	16,120	12,640
<b>Speed [rpm]</b>				
All cyl.	105	105	90	90
<b>Brake specific diesel fuel consumption (BSFC) [g/kWh] 100% power</b>				
All cyl.	167.8	161.8	167.8	161.8
<b>Mean effective pressure (MEP) [bar]</b>				
All cyl.	21.0	14.1	21.0	16.5
<b>Lubricating oil consumption (for fully run-in engines under normal operating conditions)</b>				
System oil	approx. 6 kg/cyl per day			
Cylinder oil	guide feed rate 0.6 g/kWh (for low sulphur content only)			
BSFC data are quoted for fuel of lower calorific value 42.7 MJ/kg. All other reference conditions refer to ISO standard (ISO 3046-1).  For BSFC the following tolerances are to be taken into account: + 5% for 100-85% engine power + 6% for 84-65% engine power + 7% for 64-50% engine power				

Observando las características del motor, nos dispondremos a escoger el modelo de 5 cilindros por ajustarse idóneamente a las exigencias de nuestro buque.

Siguiendo la *Project Guide* del motor escogido tendremos todas las características del mismo que serán empleadas en los cuadernos posteriores. A continuación mostramos únicamente las dimensiones del motor:



## 4. CÁLCULO DEL PROPULSOR

Nuestro buque dispondrá de una hélice de paso fijo la cual debe estar acoplada directamente al motor principal, lo que significa que no hay reductores y por tanto, motor y hélice giran a las mismas revoluciones.

El principal objetivo de este apartado es obtener un propulsor óptimo que se rija por las condiciones de servicio de nuestro buque, como son una velocidad de 15 nudos a la potencia de servicio (85% MCR) y un 15% de margen de mar, que son las especificadas en los requerimientos de este proyecto.

En el estudio de definición del propulsor han de tenerse en cuenta una serie de factores importantes:

- El objetivo fundamental es la consecución del máximo rendimiento posible con objeto de rebajar los costes de construcción y explotación del buque.
- No se deben presentar fenómenos de cavitación en los regímenes de velocidad en los que vaya a operar el propulsor.
- El número de palas es un factor importante que repercute en los fenómenos de cavitación, rendimiento y vibraciones en el eje y en el motor propulsor.
- La resistencia estructural de hélice, eje y demás elementos del sistema propulsivo, debe ser la suficiente para evitar el riesgo de fracturas o deformaciones ante los esfuerzos a los que se vean sometidas las palas del propulsor.
- El diámetro de la hélice debe ser el máximo posible puesto que se da la relación de que a mayor diámetro, mayor rendimiento del propulsor.
- Se deben cumplir ciertas disposiciones de la Sociedad de Clasificación del proyecto referentes a los huelgos entre hélice-casco-timón-línea base.

La gran mayoría de los buques de la base de datos disponen de hélices de 4 o 5 palas, por lo que realizaremos los cálculos para propulsores de 4, 5 y 6 palas para escoger así el que más se adecúe a nuestro buque.

Para realizar este cálculo tendremos que introducir en el *Software NavCAD* una serie de datos del motor elegido anteriormente.

Puesto que no disponemos de reductora, por estar el motor directamente acoplado, dimensionaremos a diámetro óptimo.

Propeller sizing

To size			
Gear ratio:	Keep	1,00	
Expanded area ratio:	Size	0,652	
Propeller diameter:	Size	6469,1	mm
Propeller mean pitch:	Size	4327,9	mm
Design condition			
Design speed:		15,00	kt
Reference power:		11750,0	kW
Design point:		0,850	
Reference RPM:		105,0	
Design RPM:		1,030	
Max prop diam:		6500,0	mm
Review			
Tip speed:		36,63	m/s

Size Save report OK Cancel Help

## 4.1. Elección propulsor

Se realizarán tres pruebas con distinto de palas para nuestro propulsor donde obtenemos los siguientes resultados:

### 4.1.1. Propulsor de 4 palas

Se adjunta como *Anexo IV* la partida completa del programa *NavCAD* y se muestra a continuación una sección de esta.

Prediction results [System]

Prediction results [System]									
HULL-PROPULSOR					ENGINE				
SPEED [kt]	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]	
10,00	1646,5	0,4894	0,2189	1,0163	67	2294,5	---	0,0	
11,00	2166,2	0,4887	0,2189	1,0163	73	3010,7	---	0,0	
12,00	2806,7	0,4880	0,2189	1,0163	80	3900,8	---	0,0	
13,00	3651,5	0,4874	0,2189	1,0163	88	5111,2	---	0,0	
14,00	4760,3	0,4868	0,2189	1,0163	96	6749,8	---	0,0	
+ 15,00 +	6244,9	0,4863	0,2189	1,0163	105	9029,7	---	0,0	
16,00	8251,7	0,4859	0,2189	1,0163	116	12249,2	---	0,0	
17,00	10981,0	0,4854	0,2189	1,0163	128	16849,1	---	0,0	
18,00	14605,9	0,4850	0,2189	1,0163	142	23269,9	---	0,0	
19,00	19407,2	0,4847	0,2189	1,0163	159	32587,0	---	0,0	
POWER DELIVERY									
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	
10,00	67	322,23	322,23	2225,7	2294,5	2294,5	2294,5	---	
11,00	73	385,82	385,82	2920,4	3010,7	3010,7	3010,7	924,2	
12,00	80	458,39	458,39	3783,8	3900,8	3900,8	3900,8	778,1	
13,00	88	549,67	549,67	4957,9	5111,2	5111,2	5111,2	643,3	
14,00	96	663,46	663,46	6547,3	6749,8	6749,8	6749,8	524,6	
+ 15,00 +	105	808,86	808,86	8758,8	9029,7	9029,7	9029,7	420,2	
16,00	116	996,50	996,50	11881,7	12249,2	12249,2	12249,2	330,4	
17,00	128	1240,23	1240,23	16343,6	16849,1	16849,1	16849,1	255,2	
18,00	142	1547,88	1547,88	22571,8	23269,9	23269,9	23269,9	195,7	
19,00	159	1932,79	1932,79	31609,4	32587,0	32587,0	32587,0	147,5	
EFFICIENCY					THRUST				
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
10,00	0,4758	1,0000	0,7176	0,62836	409,73	320,05			
11,00	0,4777	1,0000	0,7195	0,62642	490,07	382,80			
12,00	0,4784	1,0000	0,7195	0,62579	582,04	454,64			
13,00	0,4756	1,0000	0,7144	0,62855	699,00	546,00			
14,00	0,4700	1,0000	0,7052	0,63393	846,16	660,95			
+ 15,00 +	0,4613	1,0000	0,6916	0,64203	1036,05	809,28			
16,00	0,4498	1,0000	0,6736	0,65252	1283,41	1002,50			
17,00	0,4355	1,0000	0,6517	0,66494	1607,45	1255,61			
18,00	0,4197	1,0000	0,6277	0,67789	2019,29	1577,31			
19,00	0,3986	1,0000	0,5955	0,68366	2541,87	1985,50			

Report ID00190517-1902

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.51002.539



#### 4.1.2. Propulsor de 5 palas

Se adjunta como *Anexo V* la partida completa del programa *NavCAD* y se muestra a continuación una sección de la misma.

Prediction results [System]									
HULL-PROPULSOR					ENGINE				
SPEED [kt]	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]	
10,00	1646,5	0,4894	0,2189	1,0147	67	2309,0	—	0,0	
11,00	2166,2	0,4887	0,2189	1,0147	74	3030,7	—	0,0	
12,00	2806,7	0,4880	0,2189	1,0147	80	3927,1	—	0,0	
13,00	3651,5	0,4874	0,2189	1,0147	88	5143,3	—	0,0	
14,00	4760,3	0,4868	0,2189	1,0147	96	6786,3	—	0,0	
+ 15,00 +	6244,9	0,4863	0,2189	1,0147	105	9066,7	—	0,0	
16,00	8251,7	0,4859	0,2189	1,0147	116	12279,2	—	0,0	
17,00	10981,0	0,4854	0,2189	1,0147	128	16858,0	—	0,0	
18,00	14605,9	0,4850	0,2189	1,0147	141	23232,4	—	0,0	
19,00	19407,2	0,4847	0,2189	1,0147	158	32332,0	—	0,0	
POWER DELIVERY									
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	
10,00	67	323,17	323,17	2239,7	2309,0	2309,0	2309,0	—	
11,00	74	387,03	387,03	2939,8	3030,7	3030,7	3030,7	918,1	
12,00	80	459,85	459,85	3809,2	3927,1	3927,1	3927,1	772,9	
13,00	88	551,25	551,25	4989,0	5143,3	5143,3	5143,3	639,3	
14,00	96	664,96	664,96	6582,7	6786,3	6786,3	6786,3	521,8	
+ 15,00 +	105	809,94	809,94	8794,7	9066,7	9066,7	9066,7	418,5	
16,00	116	996,66	996,66	11910,8	12279,2	12279,2	12279,2	329,6	
17,00	128	1238,72	1238,72	16352,2	16858,0	16858,0	16858,0	255,1	
18,00	141	1543,86	1543,86	22535,5	23232,4	23232,4	23232,4	196,0	
19,00	158	1925,71	1925,71	31362,0	32332,0	32332,0	32332,0	148,6	
EFFICIENCY					THRUST				
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
10,00	0,4735	1,0000	0,7131	0,62541	409,73	320,05			
11,00	0,4754	1,0000	0,7148	0,62328	490,07	382,80			
12,00	0,4759	1,0000	0,7147	0,6226	582,04	454,64			
13,00	0,4733	1,0000	0,7100	0,62562	698,99	546,00			
14,00	0,4682	1,0000	0,7015	0,63152	846,16	660,95			
+ 15,00 +	0,4602	1,0000	0,6888	0,64043	1036,05	809,28			
16,00	0,4494	1,0000	0,6720	0,65197	1283,41	1002,50			
17,00	0,4360	1,0000	0,6514	0,66565	1607,46	1255,61			
18,00	0,4211	1,0000	0,6287	0,68006	2019,29	1577,31			
19,00	0,4023	1,0000	0,6002	0,69015	2541,87	1985,50			

Report ID20190517-1902

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029 51002.539

### 4.1.3. Propulsor de 6 palas

Se adjunta como *Anexo VI* la partida completa del programa *NavCAD* y se muestra a continuación una sección de la misma.

Prediction results [System]

		HULL-PROPULSOR				ENGINE			
SPEED [kt]	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]	
10,00	1646,5	0,4894	0,2189	1,0122	68	2362,5	---	0,0	
11,00	2166,2	0,4887	0,2189	1,0122	74	3101,7	---	0,0	
12,00	2806,7	0,4880	0,2189	1,0122	81	4019,4	---	0,0	
13,00	3651,5	0,4874	0,2189	1,0122	88	5262,2	---	0,0	
14,00	4760,3	0,4868	0,2189	1,0122	97	6938,0	---	0,0	
+ 15,00 +	6244,9	0,4863	0,2189	1,0122	106	9259,0	---	0,0	
16,00	8251,7	0,4859	0,2189	1,0122	116	12521,8	---	0,0	
17,00	10981,0	0,4854	0,2189	1,0122	129	17162,9	---	0,0	
18,00	14605,9	0,4850	0,2189	1,0122	142	23613,2	---	0,0	
19,00	19407,2	0,4847	0,2189	1,0122	158	32744,4	---	0,0	

		POWER DELIVERY						
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
10,00	68	327,62	327,62	2291,6	2362,5	2362,5	2362,5	---
11,00	74	392,43	392,43	3008,7	3101,7	3101,7	3101,7	897,1
12,00	81	466,30	466,30	3898,8	4019,4	4019,4	4019,4	755,2
13,00	88	558,83	558,83	5104,4	5262,2	5262,2	5262,2	624,9
14,00	97	673,77	673,77	6729,8	6938,0	6938,0	6938,0	510,4
+ 15,00 +	106	820,06	820,06	8981,2	9259,0	9259,0	9259,0	409,8
16,00	116	1008,18	1008,18	12146,2	12521,8	12521,8	12521,8	323,2
17,00	129	1251,70	1251,70	16648,1	17162,9	17162,9	17162,9	250,5
18,00	142	1558,34	1558,34	22904,8	23613,2	23613,2	23613,2	192,8
19,00	158	1942,07	1942,07	31762,1	32744,4	32744,4	32744,4	146,8

		EFFICIENCY				THRUST	
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]	
10,00	0,4640	1,0000	0,6969	0,61562	409,73	320,05	
11,00	0,4657	1,0000	0,6984	0,61335	490,07	382,80	
12,00	0,4662	1,0000	0,6983	0,61263	582,04	454,64	
13,00	0,4638	1,0000	0,6939	0,61584	698,99	546,00	
14,00	0,4591	1,0000	0,6861	0,62212	846,16	660,95	
+ 15,00 +	0,4518	1,0000	0,6745	0,63159	1036,05	809,28	
16,00	0,4418	1,0000	0,6590	0,64389	1283,41	1002,50	
17,00	0,4293	1,0000	0,6398	0,65848	1607,46	1255,61	
18,00	0,4153	1,0000	0,6185	0,67387	2019,29	1577,31	
19,00	0,3983	1,0000	0,5927	0,68631	2541,87	1985,50	

Report 1020190517-1903 HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.51002.539

### 4.1.4. Propulsor final

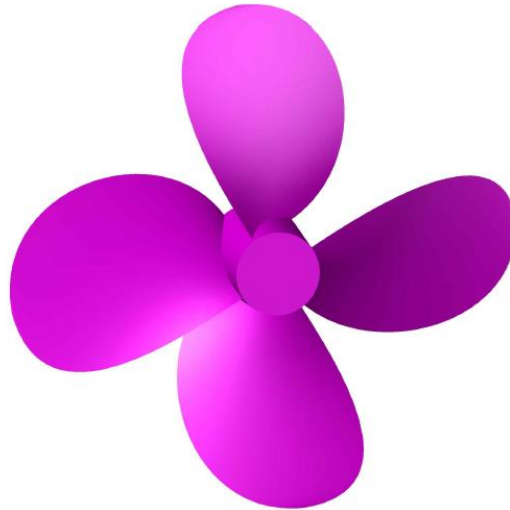
A continuación mostramos una tabla resumen de las tres opciones planteadas anteriormente para ayudarnos a elegir la opción que más se ajusta a las necesidades de nuestro buque.

Nº PALAS	PB (kW)	RPM	EFFO	MERIT
4	9 029,7	105	0,4613	0,64203
5	9 066,7	105	0,4602	0,64043
6	9 259,0	106	0,4518	0,63159

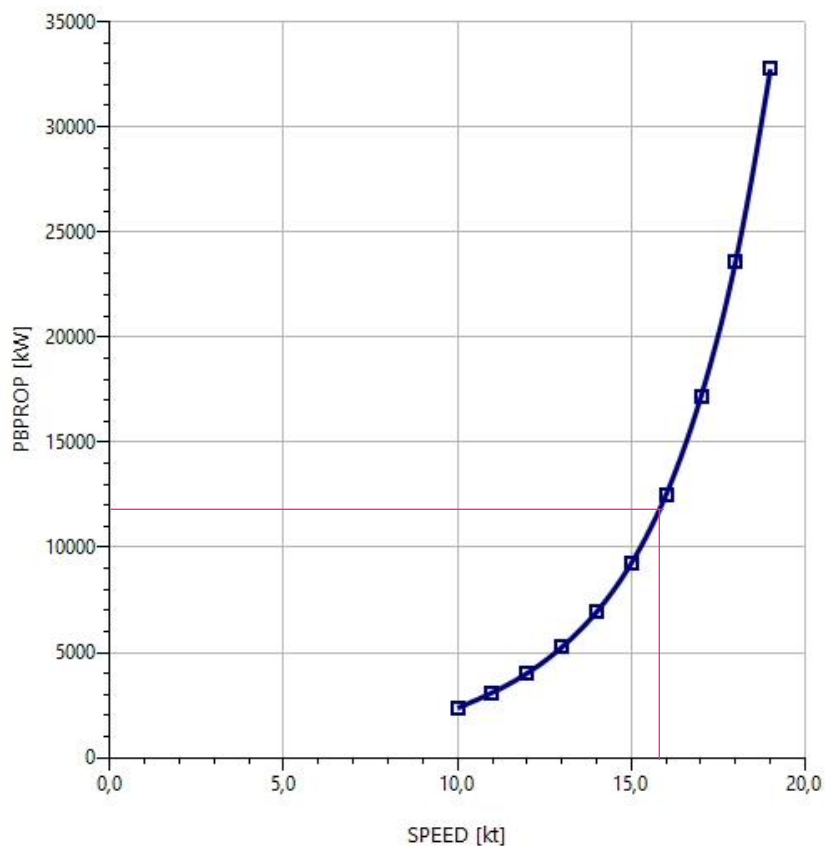
En vista de los resultados obtenidos determinaremos que la hélice óptima para nuestro buque proyecto contará con 4 palas que girarán a 100 rpm a un 85% de régimen de servicio.

Además, se tiene en cuenta que en el caso de ser el propulsor de 5 palas el más idóneo para nuestro buque, tendría que ser este descartado por los efectos de resonancia que se producirían al haber escogido un motor de cinco cilindros.

Se muestra a continuación el diseño 3D de la hélice de 4 palas resultante del software *NavCAD*.



Por todo esto, determinaremos que nuestro motor presentará una velocidad máxima de 15,9 nudos a su potencia máxima de 11 750 kW.



## 5. CLARAS DE CODASTE

El perfil de popa de nuestro buque debe cumplir con unas claras de codaste mínimas exigidas por las *Sociedades de Clasificación* como se mostró en el *Cuaderno 3*.

Para la realización de este apartado nos basaremos en el libro de “*Proyectos y artefactos marinos*” el cual nos hará realizar una comparativa entre tres Sociedades de Clasificación.

En el apartado anterior se define el número de 4 palas como el valor de palas idóneas para nuestro propulsor. Además, un 80% de los buques de nuestra base de datos emplean hélices de 4 palas y se podría añadir que ante un menor número de palas se presentan claras mayores, escogeremos este valor para la realización de los cálculos para presentar al buque ante su situación más restrictiva.

### 5.1. Bureau Veritas

- Clara a

$$a = A \cdot f \cdot D_p = 0,65 \cdot 0,080 \cdot 6,50 = 0,34 \text{ m}$$

Donde:

$$f = \frac{(Cb \cdot POT)^{2/3}}{B \cdot Lpp} = \frac{(0,823 \cdot 13.300)^{2/3}}{30,17 \cdot 170,40} = 0,080$$

Z	A
3	0,8
4	0,65
5	0,55
6	0,5

- Clara b

$$b = 0,15 \cdot a = 0,15 \cdot 0,34 = 0,51 \text{ m}$$

- Clara c

$$c = 0,12 \cdot D_p = 0,12 \cdot 6,50 = 0,78 \text{ m}$$

- Clara d

$$d = 0,03 \cdot D_p = 0,03 \cdot 6,50 = 0,20 \text{ m}$$

### 5.2. Lloyd's Register

- Clara a

$$a = A \cdot K_1 \cdot D_p = 1 \cdot 0,158 \cdot 6,50 = 1,03 \text{ m}$$

Donde:

$$K_1 = \left[ \left( 0,1 + \frac{Lpp}{3050} \right) \cdot \left( 2,56 \cdot Cb \cdot \frac{POT}{Lpp^2} + 0,3 \right) \right]$$

$$= \left[ \left( 0,1 + \frac{170,40}{3050} \right) \cdot \left( 2,56 \cdot 0,823 \cdot \frac{10.300}{170,40^2} + 0,3 \right) \right] = 0,158$$

Z	A
3	1,2
4	1,0
5	0,82
6	0,75

- Clara b

$$b = 1,5 \cdot a = 1,5 \cdot 1,03 = 1,54 \text{ m}$$

- Clara c

$$c = 0,12 \cdot D_p = 0,12 \cdot 6,50 = 0,78 \text{ m}$$

- Clara d

$$d = 0,03 \cdot D_p = 0,03 \cdot 6,50 = 0,20 \text{ m}$$

### 5.3. Norske Veritas

- Clara a

$$a = (0,24 - 0,01 \cdot Z) \cdot D_p = (0,24 - 0,01 \cdot 4) \cdot 6,50 = 1,30 \text{ m}$$

- Clara b

$$b = (0,35 - 0,02 \cdot Z) \cdot D_p = (0,35 - 0,02 \cdot 4) \cdot 6,50 = 1,76 \text{ m}$$

- Clara c

$$c = 0,1 \cdot D_p = 0,1 \cdot 6,50 = 0,65 \text{ m}$$

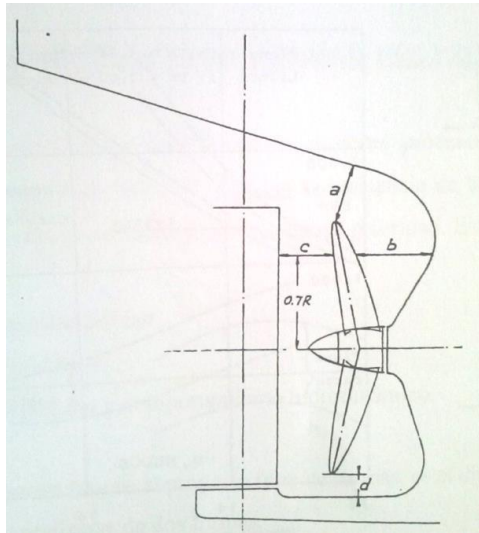
- Clara d

$$d = 0,035 \cdot D_p = 0,035 \cdot 6,50 = 0,23 \text{ m}$$

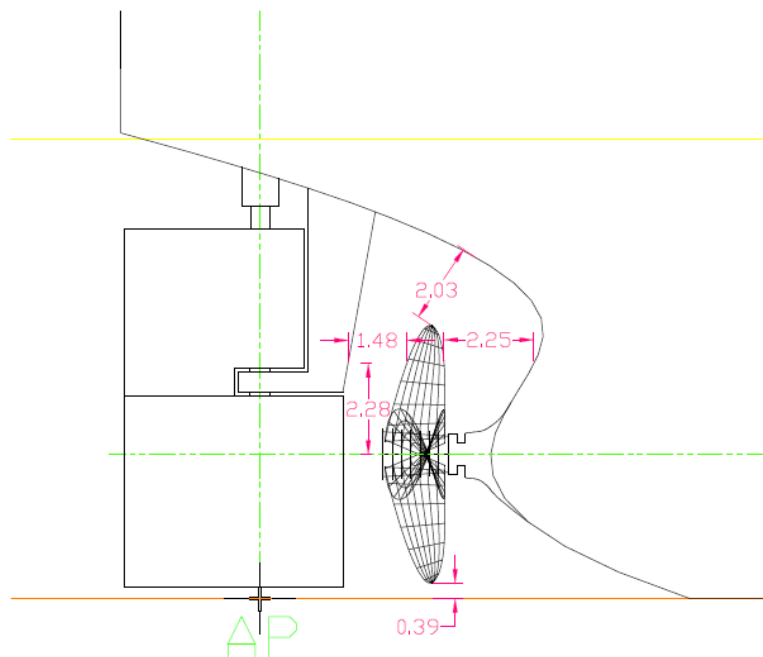
### 5.4. Resumen cálculos claras de codaste

Clara	Bureau Veritas	Lloyd's Register	Norske Veritas	Máximos
a	0,34	1,03	1,30	1,30
b	0,51	1,54	1,76	1,76
c	0,78	0,78	0,65	0,78
d	0,20	0,20	0,23	0,23
<b>0,7·R</b>		2,275		2,28

Las medidas aquí mencionadas corresponden con las incógnitas descritas en el esquema que sigue.



Como se muestra a continuación, en un ejemplo del contorno de popa de nuestro buque, con una hélice de diámetro 6 500 mm y un timón de tipo semisuspendido, las claras de codaste correspondientes cumplen sobradamente con las obtenidas mediante los diversos convenios.



Clara	Convenios	Buque
<b>a</b>	1,30	2,03
<b>b</b>	1,76	2,25
<b>c</b>	0,78	1,48
<b>d</b>	0,23	0,39
<b>0,7·R</b>	2,28	2,28

## 6. CÁLCULO DEL TIMÓN

El número de timones viene dado por el número de propulsores, al tener nuestro buque un solo propulsor, tendremos un único timón.

Además, el timón será de tipo semisuspendido y semicompensado por ser éste modelo uno de los más empleados en buques tipo bulkcarrier.

Para los cálculos relativos al timón, nos basaremos en la Sociedad de Clasificación a la que pertenece el buque, *Bureau Veritas*, y más concretamente en su *Parte B, Capítulo 9, Sección 1*.

### 6.1. Parámetros principales

En un primer lugar habrá que tener en cuenta que el área del timón de un buque no debe ser menor que el dato obtenido de la siguiente fórmula:

$$A_{\min} = \frac{T \cdot L_{pp}}{100} \cdot \left( 1 + 50 \cdot Cb^2 \cdot \left( \frac{B}{L} \right)^2 \right) = \frac{11,56 \cdot 170,40}{100} \cdot \left( 1 + 50 \cdot 0,823^2 \cdot \left( \frac{30,17}{170,40} \right)^2 \right) \\ = 40,61 \text{ m}^2$$

Para calcular el área del timón utilizaremos el área de deriva ( $AD$ ) y el área de nuestro timón ( $AT$ ) debe estar comprendida entre el 1,5 y el 2,5% del área de deriva.

$$AD = L \cdot T = 170,40 \cdot 11,56 = 1.969,82 \text{ m}^2$$

Dado que un valor medio como es un 2% supone un valor inferior al de área mínima calculada anteriormente, se asumirá el valor proporcionado por el área mínima como el valor de área aceptable para nuestro timón.

$$AT = 2\% \cdot AD = 2\% \cdot 1.969,82 = 39,40 \text{ m}^2$$

$$AT < A_{\min}$$

$$AT = 40,61 \text{ m}^2 \approx 40,70 \text{ m}^2$$

La distancia de seguridad de la parte inferior del timón, ya que se trata de un timón semisuspendido, será la distancia comprendida entre la parte más baja de éste y la línea base, dado que existe una distancia mínima entre ésta y la parte inferior de la hélice de 0,23 m, tomaremos 0,30 m como valor mínimo para el caso que nos atañe.

La altura del timón posee una cota máxima que está determinada por el espacio disponible en la mecha del timón dependiente de las formas de popa del buque. En este caso, se tomará como valor mínimo de altura un valor del 110% del diámetro de la hélice. El valor máximo vendrá determinado por los huelgos y claras reglamentarias calculadas anteriormente en el codaste de nuestro buque.

$$H_{\min} = 110\% \cdot D_p = 110\% \cdot 6,50 = 7,15 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 10,70 \text{ m}$$

Por otra parte, la sociedad de clasificación nos dice que el coeficiente  $\lambda = \frac{H^2}{AT}$  no debe ser mayor que 2, por lo que definimos el valor máximo de la altura del timón como sigue:

$$\frac{H^2}{AT} \leq 2 \rightarrow H_{\max} \leq \sqrt{2 \cdot AT} = \sqrt{2 \cdot 40,70} = 9,02 \text{ m}$$

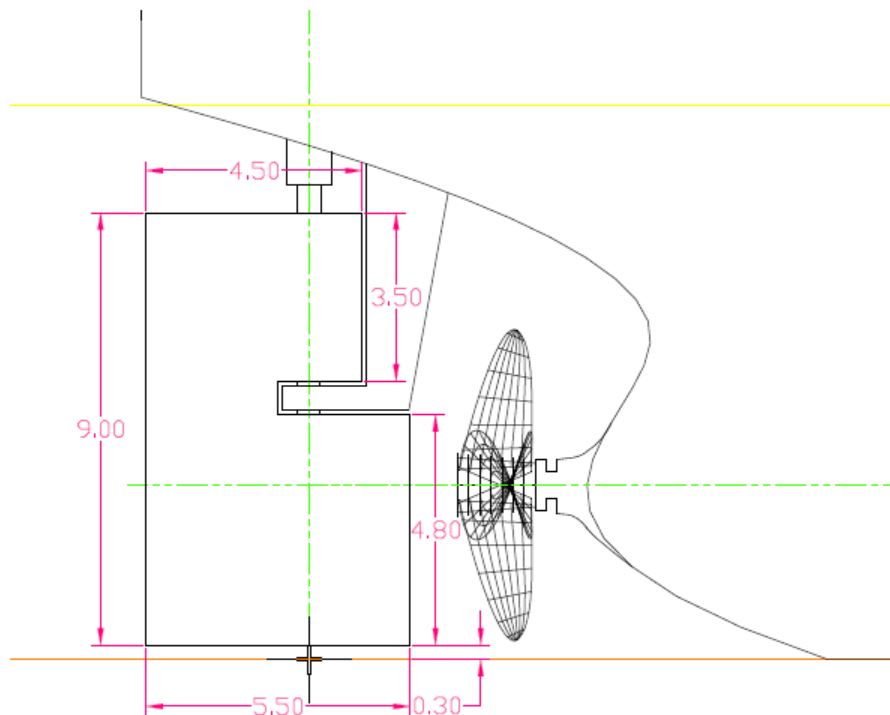
Teniendo en cuenta todos los cálculos previos, definiremos el valor final de la altura de la hélice como:

$$H = 9,00 \text{ m}$$

Por tanto, el valor resultante de la cuerda de timón será:

$$C_{\min} = \frac{AT}{H} = \frac{40,70}{9,00} = 4,50 \text{ m}$$

A partir de todos los datos obtenidos, se procede a bocetar una hélice que cumpla con lo descrito:



Obtendremos mediante el diseño de la hélice que su área real será de:

$$AT = 44,07 \text{ m}^2 > 40,70 \text{ m}^2$$

## 6.2. Cálculo fuerzas y par torsor

### 6.2.1. Fuerzas sobre el timón

$$C_R = 132 \cdot n_R \cdot A \cdot V^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3$$

Donde:







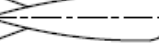
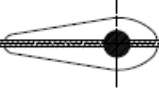
- $n_R = 1 \rightarrow$  *Coficiente de navegaci3n*

**Table 1 : Navigation coefficient**

Navigation notation	Navigation coefficient $n_R$
Unrestricted navigation	1,00
Summer zone	0,95
Tropical zone	0,85
Coastal area	0,85
Sheltered area	0,75

- $A = 44,07 \text{ m}^2 \rightarrow$  *Área de la hélice*
- $V_{AV} = 15,9 \text{ nudos} \rightarrow$  *Velocidad máxima de servicio avanzando*
- $V_{AD} = 0,5 \cdot V_{AV} = 0,5 \cdot 15,9 = 7,95 \text{ nudos} \rightarrow$   
*Velocidad máxima de servicio ciando*
- $r_1 = \frac{\lambda+2}{3} = \frac{1,84+2}{3} = 1,28$ 
  - $\lambda = \frac{H^2}{AT} = \frac{9,00}{44,07} = 1,84$
- $r_2 \rightarrow$  *Coficiente determinado por el tipo de perfil de la hélice. En nuestro caso será una hélice del modelo NACA 00 - Goettingen.*
  - *Avante* = 1,10
  - *Ciando* = 0,80

**Table 2 : Values of coefficient  $r_2$**

Rudder profile type	$r_2$ for ahead condition	$r_2$ for astern condition
NACA 00 - Goettingen 	1,10	0,80
Hollow 	1,35	0,90
Flat side 	1,10	0,90
High lift 	1,70	1,30
Fish tail 	1,40	0,80
Single plate 	1,00	1,00
Mixed profiles (e.g. HSVA)	1,21	0,90

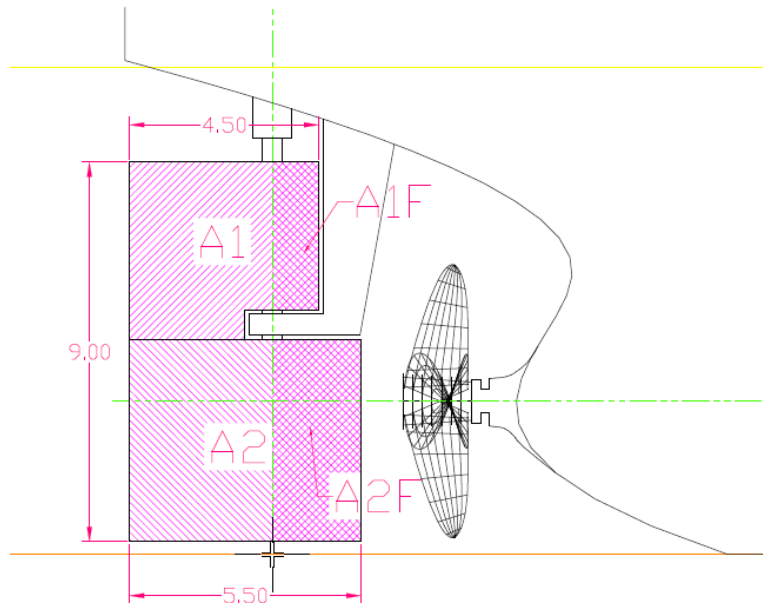
- $r_3 = 1,15 \rightarrow$  *Tim3n vinculado a hélice de paso fijo.*

$$C_{R \text{ avante}} = 132 \cdot n_R \cdot A \cdot V^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 = 132 \cdot 1 \cdot 44,07 \cdot 15,9^2 \cdot 1,28 \cdot 1,10 \cdot 1,15 = 2 \text{ 380,18 kN}$$

$$C_{R \text{ ciando}} = 132 \cdot n_R \cdot A \cdot V^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 = 132 \cdot 1 \cdot 44,07 \cdot 7,95^2 \cdot 1,28 \cdot 0,80 \cdot 1,15 = 432,76 \text{ kN}$$

### 6.2.2. Par torsor

A la hora de realizar el cálculo del par torsor del timón, tendremos que dividir el área total del mismo en dos áreas separadas por tratarse de un timón de tipo semisuspendido.



$$A_1 = 17,67 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 26,40 \text{ m}^2$$

$$A = A_1 + A_2 = 17,67 + 26,40 = 44,07 \text{ m}^2$$

Obtenemos entonces el par torsor de nuestro timón, tanto para la condición en la que el buque vaya adelante como para cuando esté cizando, de la siguiente forma:

$$M_{TR(avante)} = M_{TR1(avante)} + M_{TR2(avante)} = 723\,777,19 \cdot 595\,730,50 \\ = 1\,319\,507,69 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{TR(cizando)} = M_{TR1(cizando)} + M_{TR2(cizando)} = 310\,564,86 \cdot 461\,169,63 = 771\,734,48 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Donde:

Para la sección superior del timón:

- $M_{TR1(avante)} = C_{R1(avante)} \cdot r_{1(avante)} = 954\,501,37 \cdot 0,76 = 723\,777,19 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow$   
*Par torsor avante*
  - $C_{R1(avante)} = C_{R(avante)} \cdot \frac{A_1}{A} = 2\,380\,178,09 \cdot \frac{17,76}{44,07} = 954\,501,37 \text{ N} \rightarrow$   
*Fuerza avante*
  - $r_{1(avante)} = b_1 \cdot \left( \alpha - \frac{A_{1F}}{A} \right) = 3,125 \cdot \left( 0,33 - \frac{3,85}{44,07} \right) = 0,76 \text{ m} \rightarrow$   
*Palanca avante*
    - $b_1 = 3,125 \text{ m} \rightarrow$  *Manga media*
    - $A_{1F} = 3,85 \text{ m}^2 \rightarrow$  *Área compensada*

- $\alpha_{avante} = 0,33$
- $M_{TR1(ciendo)} = C_{R1(ciendo)} \cdot r_{1(ciendo)} = 173\,545,70 \cdot 1,79 = 310\,564,86 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow$   
*Par torsor ciando*
  - $C_{R1(ciendo)} = C_{R(ciendo)} \cdot \frac{A_1}{A} = 432\,759,65 \cdot \frac{17,67}{44,07} = 173\,545,70 \text{ N} \rightarrow$   
*Fuerza ciando*
  - $r_{1(ciendo)} = b_1 \cdot \left( \alpha - \frac{A_{1F}}{A} \right) = 3,125 \cdot \left( 0,66 - \frac{3,85}{44,07} \right) = 1,79 \text{ m} \rightarrow$   
*Palanca ciando*
    - $b_1 = 3,125 \text{ m} \rightarrow$  *Manga media*
    - $A_{1F} = 3,85 \text{ m}^2 \rightarrow$  *Área compensada*
    - $\alpha_{ciando} = 0,66$

De la misma forma, calculamos el par torsor de la sección inferior del timón:

- $M_{TR2(avante)} = C_{R2(avante)} \cdot r_{2(avante)} = 1\,425\,676,72 \cdot 0,42 = 595\,730,50 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow$   
*Par torsor avante*
  - $C_{R2(avante)} = C_{R(avante)} \cdot \frac{A_2}{A} = 2\,380\,178,09 \cdot \frac{26,40}{44,07} = 1\,425\,676,72 \text{ N} \rightarrow$   
*Fuerza avante*
  - $r_{2(avante)} = b_2 \cdot \left( \alpha - \frac{A_{2F}}{A} \right) = 4,125 \cdot \left( 0,33 - \frac{10,08}{44,07} \right) = 0,42 \text{ m} \rightarrow$   
*Palanca avante*
    - $b_2 = 4,125 \text{ m} \rightarrow$  *Manga media*
    - $A_{2F} = 10,08 \text{ m}^2 \rightarrow$  *Área compensada*
    - $\alpha_{avante} = 0,33$
- $M_{TR2(ciendo)} = C_{R2(ciendo)} \cdot r_{2(ciendo)} = 259\,213,95 \cdot 1,78 = 461\,169,63 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow$   
*Par torsor ciando*
  - $C_{R2(ciendo)} = C_{R(ciendo)} \cdot \frac{A_2}{A} = 432.759,65 \cdot \frac{26,40}{44,07} = 259\,213,95 \text{ N} \rightarrow$   
*Fuerza ciando*
  - $r_{2(ciendo)} = b_2 \cdot \left( \alpha - \frac{A_{2F}}{A} \right) = 4,125 \cdot \left( 0,66 - \frac{10,08}{44,07} \right) = 1,78 \text{ m} \rightarrow$   
*Palanca ciando*
    - $b_2 = 4,125 \text{ m} \rightarrow$  *Manga media*
    - $A_{2F} = 10,08 \text{ m}^2 \rightarrow$  *Área compensada*
    - $\alpha_{ciando} = 0,66$

Además, podemos determinar que, únicamente para la condición en la que el barco vaya avante, el valor del par torsor no será inferior al siguiente:

$$M_{TR,\min} = 0,1 \cdot C_{R(avante)} \cdot \frac{A_1 \cdot b_1 + A_2 \cdot b_2}{A}$$

$$= 0,1 \cdot 2\,380\,178,09 \cdot \frac{17,67 \cdot 3,125 + 26,40 \cdot 4,125}{44,07} = 886\,373,32 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Y por tanto, nuestro timón cumple con este criterio:

$$M_{TR(avante)} > M_{TR,\min}$$

$$1\,319\,507,69 \text{ N} \cdot \text{m} > 886\,373,32 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### 6.3. Servomotor

Para realizar el cálculo de la potencia necesaria para el servo tendremos que tener en cuenta que, según el SOLAS Parte C, Regla 29, 3.2, debe permitir el cambio desde una posición de 35° a una banda hasta otra de 35° a la banda opuesta en un tiempo máximo de 28 segundos, hallándose el buque navegando a la velocidad máxima de servicio en marcha avante.

$$Potencia (servo) = \frac{M_{TR} \cdot \omega}{\eta} = \frac{1\,715,36 \cdot 0,0436}{0,8} = 93,56 \text{ kW}$$

Donde:

- $M_{TR} = 1\,319\,507,69 \text{ N} \cdot \text{m} = 1\,319,50 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Se establece un factor de riesgo del 30%:

- $M_{TR} = 1\,319,50 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 1,3 = 1\,715,36 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- $\omega = \frac{|\Sigma \circ| \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{360}\right)}{\text{seg}} = \frac{(35+35) \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{360}\right)}{28} = 0,0436 \text{ rad/s} \rightarrow \text{Velocidad angular}$
- $\eta = 0,8 \rightarrow \text{Rendimiento}$

# ANEXO I

## Reporte Navcad – Resistencia

**Analysis parameters**

<b>Vessel drag</b>		<b>ITTC-78 (CT)</b>	<b>Added drag</b>	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Custom	Towed:	[Off]
Friction line:		ITTC-57	Margin:	[Calc] Hull + added drag [15%]
Hull form factor:	[On]	1,402	<b>Water properties</b>	
Speed corr:	[On]		Water type:	Salt
Spray drag corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		0,000221	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:	[On]	0,15		

**Prediction method check [Holtrop]**

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,19	0,81	5,74	2,61	1,00
Range	0,06--0,27	0,55--0,85	3,90--14,90	2,10--4,00	0,01--1,07

**Prediction results**

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
10,00	0,125	0,272	7,50e8	0,001587	1,400	0,000001	0,000000	0,000221	0,002444
11,00	0,137	0,299	8,25e8	0,001568	1,399	0,000001	0,000000	0,000221	0,002416
12,00	0,150	0,326	9,00e8	0,001551	1,398	0,000022	0,000000	0,000221	0,002411
13,00	0,162	0,353	9,75e8	0,001535	1,396	0,000103	0,000000	0,000221	0,002467
14,00	0,175	0,380	1,05e9	0,001521	1,393	0,000235	0,000000	0,000221	0,002575
+ 15,00 +	0,187	0,408	1,12e9	0,001509	1,389	0,000430	0,000000	0,000221	0,002747
16,00	0,200	0,435	1,20e9	0,001497	1,385	0,000697	0,000000	0,000221	0,002990
17,00	0,212	0,462	1,27e9	0,001486	1,379	0,001048	0,000000	0,000221	0,003318
18,00	0,225	0,489	1,35e9	0,001475	1,372	0,001472	0,000000	0,000221	0,003718
19,00	0,237	0,516	1,42e9	0,001466	1,364	0,001980	0,000000	0,000221	0,004200
<b>RESISTANCE</b>									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
10,00	265,05	13,25	0,00	0,00	0,00	41,75	41,75	320,05	
11,00	317,02	15,85	0,00	0,00	0,00	49,93	49,93	382,80	
12,00	376,52	18,83	0,00	0,00	0,00	59,30	59,30	454,64	
13,00	452,17	22,61	0,00	0,00	0,00	71,22	71,22	546,00	
14,00	547,37	27,37	0,00	0,00	0,00	86,21	86,21	660,95	
+ 15,00 +	670,21	33,51	0,00	0,00	0,00	105,56	105,56	809,28	
16,00	830,22	41,51	0,00	0,00	0,00	130,76	130,76	1002,50	
17,00	1039,85	51,99	0,00	0,00	0,00	163,78	163,78	1255,61	
18,00	1306,26	65,31	0,00	0,00	0,00	205,74	205,74	1577,31	
19,00	1644,31	82,22	0,00	0,00	0,00	258,98	258,98	1985,50	
<b>EFFECTIVE POWER</b>									
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				
10,00	1363,5	1646,5	0,00001	0,03462	0,00054				
11,00	1794,0	2166,2	0,00001	0,03422	0,00064				
12,00	2324,4	2806,7	0,00031	0,03415	0,00077				
13,00	3024,0	3651,5	0,00146	0,03495	0,00092				
14,00	3942,3	4760,3	0,00332	0,03648	0,00111				
+ 15,00 +	5171,8	6244,9	0,00608	0,03891	0,00136				
16,00	6833,7	8251,7	0,00987	0,04236	0,00169				
17,00	9094,0	10981,0	0,01484	0,04699	0,00211				
18,00	12095,9	14605,9	0,02085	0,05266	0,00266				
19,00	16072,2	19407,2	0,02805	0,05949	0,00334				

**Hull data**

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	<i>Proj chine length:</i>	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	<i>Proj bottom area:</i>	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>173,310 m</b>	<i>LCG fwd TR:</i>	<b>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</b>
Max beam on WL: [LWL/BWL 5,744]	<b>30,170 m</b>	<i>VCG below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Max molded draft: [BWL/T 2,610]	<b>11,560 m</b>	<i>Aft station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
Displacement: [CB 0,808]	<b>50138,00 t</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface: [CS 2,745]	<b>7987,8 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,525]	<b>91,070 m</b>	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,504]	<b>87,390 m</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Max section area: [CX 0,995]	<b>347,0 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
Waterplane area: [CWP 0,877]	<b>4587,9 m2</b>	<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>30,0 m2</b>	<i>Propulsor type:</i>	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>8,120 m</b>	<i>Max prop diameter:</i>	<b>6500,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>179,650 m</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area: [ATR/AX 0,000]	<b>0,0 m2</b>	<i>Position fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL: [BTR/BWL 0,000]	<b>0,000 m</b>	<i>Position below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom immersion: [TTR/T 0,000]	<b>0,000 m</b>	<i>Transom lift device:</i>	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>44,00 deg</b>	<i>Device count:</i>	<b>0</b>
Bow shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	<i>Span:</i>	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	<i>Chord length:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Deflection angle:</i>	<b>0,00 deg</b>
		<i>Tow point fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Tow point below WL:</i>	<b>0,000 m</b>

**Appendage data**

<b>General</b>		<b>Skeg/Keel</b>	
Definition:	<b>Percentage</b>	Count:	<b>0</b>
Percent of hull drag:	<b>5,00 %</b>	Type:	<b>Skeg</b>
<b>Planing influence</b>		Mean length:	<b>0,000 m</b>
LCE fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Mean width:	<b>0,000 m</b>
VCE below WL:	<b>0,000 m</b>	Height aft:	<b>0,000 m</b>
<b>Shafting</b>		Height mid:	<b>0,000 m</b>
Count:	<b>1</b>	Height fwd:	<b>0,000 m</b>
Max prop diameter:	<b>6500,0 mm</b>	Projected area:	<b>0,0 m2</b>
Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>	Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>
Exposed shaft length:	<b>0,000 m</b>	<b>Stabilizer</b>	
Shaft diameter:	<b>0,000 m</b>	Count:	<b>0</b>
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>	Root chord:	<b>0,000 m</b>
Strut bossing length:	<b>0,000 m</b>	Tip chord:	<b>0,000 m</b>
Bossing diameter:	<b>0,000 m</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>	T/C ratio:	<b>0,000</b>
Hull bossing length:	<b>0,000 m</b>	LE sweep:	<b>0,00 deg</b>
Bossing diameter:	<b>0,000 m</b>	Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>	Projected area:	<b>0,0 m2</b>
<b>Strut (per shaft line)</b>		Dynamic multiplier:	<b>1,00</b>
Count:	<b>0</b>	<b>Bilge keel</b>	
Root chord:	<b>0,000 m</b>	Count:	<b>0</b>
Tip chord:	<b>0,000 mm</b>	Mean length:	<b>0,000 m</b>
Span:	<b>0,000 m</b>	Mean base width:	<b>0,000 m</b>
T/C ratio:	<b>0,000</b>	Mean projection:	<b>0,000 m</b>
Projected area:	<b>0,0 m2</b>	Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>	<b>Tunnel thruster</b>	
Exposed palm depth:	<b>0,000 m</b>	Count:	<b>0</b>
Exposed palm width:	<b>0,000 m</b>	Diameter:	<b>0,000 m</b>
<b>Rudder</b>		<b>Sonar dome</b>	
Count:	<b>0</b>	Count:	<b>0</b>
Rudder location:	<b>Behind propeller</b>	Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>
Type:	<b>Balanced foil</b>	<b>Miscellaneous</b>	
Root chord:	<b>0,000 m</b>	Count:	<b>0</b>
Tip chord:	<b>0,000 m</b>	Drag area:	<b>0,0 m2</b>
Span:	<b>0,000 m</b>	Drag coef:	<b>0,00</b>
T/C ratio:	<b>0,000</b>		
LE sweep:	<b>0,00 deg</b>		
Projected area:	<b>0,0 m2</b>		
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>		

**Environment data**

<b>Wind</b>		<b>Seas</b>	
Wind speed:	<b>0,00 kt</b>	Significant wave ht:	<b>0,000 m</b>
Angle off bow:	<b>0,00 deg</b>	Modal wave period:	<b>0,0 sec</b>
Gradient correction:	<b>Off</b>	<b>Shallow/channel</b>	
<b>Exposed hull</b>		Water depth:	<b>0,000 m</b>
Transverse area:	<b>0,0 m2</b>	Type:	<b>Shallow water</b>
VCE above WL:	<b>0,000 m</b>	Channel width:	<b>0,000 m</b>
Profile area:	<b>0,0 m2</b>	Channel side slope:	<b>0,00 deg</b>
<b>Superstructure</b>		Hull girth:	<b>0,000 m</b>
Superstructure shape:	<b>Cargo ship</b>		
Transverse area:	<b>0,0 m2</b>		
VCE above WL:	<b>0,000 m</b>		
Profile area:	<b>0,0 m2</b>		



**Symbols and values**

SPEED = Vessel speed  
FN = Froude number [LWL]  
FV = Froude number [VOL]  
  
RN = Reynolds number [LWL]  
CF = Frictional resistance coefficient  
CV/CF = Viscous/frictional resistance coefficient ratio [dynamic form factor]  
CR = Residuary resistance coefficient  
dCF = Added frictional resistance coefficient for roughness  
CA = Correlation allowance [dynamic]  
CT = Total bare-hull resistance coefficient  
  
RBARE = Bare-hull resistance  
RAPP = Additional appendage resistance  
RWIND = Additional wind resistance  
RSEAS = Additional sea-state resistance  
RCHAN = Additional shallow/channel resistance  
RTOWED = Additional towed object resistance  
RMARGIN = Resistance margin  
RTOTAL = Total vessel resistance  
  
PEBARE = Bare-hull effective power  
PETOTAL = Total effective power  
  
CTLR = Telfer residuary resistance coefficient  
CTLT = Telfer total bare-hull resistance coefficient  
RBARE/W = Bare-hull resistance to weight ratio  
  
+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds parameter limit

# ANEXO II

## Reporte Navcad – Propulsión

**Analysis parameters**

<b>Hull-propulsor interaction</b>		<b>System analysis</b>	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	6500,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

**Prediction method check [Holtrop]**

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,19	0,81	5,74	2,61
Range	0,06--0,80	0,55--0,85	3,90--14,90	2,10--4,00

**Prediction results [System]**

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE				
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]	
10,00	1646,5	0,4894	0,2189	1,0163	59	2278,0	---	0,0	
11,00	2166,2	0,4887	0,2189	1,0163	65	2988,7	---	0,0	
12,00	2806,7	0,4880	0,2189	1,0163	71	3872,0	---	0,0	
13,00	3651,5	0,4874	0,2189	1,0163	77	5074,6	---	0,0	
14,00	4760,3	0,4868	0,2189	1,0163	84	6704,3	---	0,0	
+ 15,00 +	6244,9	0,4863	0,2189	1,0163	93	8974,3	---	0,0	
16,00	8251,7	0,4859	0,2189	1,0163	102	12183,8	---	0,0	
17,00	10981,0	0,4854	0,2189	1,0163	113	16774,7	---	0,0	
18,00	14605,9	0,4850	0,2189	1,0163	125	23265,1	---	0,0	
19,00	19407,2	0,4847	0,2189	1,0163	141	33081,0	---	0,0	
SPEED [kt]	POWER DELIVERY								
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	
10,00	64	336,68	362,91	2209,7	2278,0	2278,0	2278,0	---	
11,00	70	403,10	434,49	2899,0	2988,7	2988,7	2988,7	931,0	
12,00	76	478,90	516,20	3755,8	3872,0	3872,0	3872,0	783,9	
13,00	83	574,32	619,06	4922,4	5074,6	5074,6	5074,6	648,0	
14,00	91	693,35	747,36	6503,1	6704,3	6704,3	6704,3	528,2	
+ 15,00 +	100	845,54	911,39	8705,1	8974,3	8974,3	8974,3	422,8	
16,00	110	1042,05	1123,21	11818,3	12183,8	12183,8	12183,8	332,2	
17,00	122	1297,42	1398,47	16271,4	16774,7	16774,7	16774,7	256,3	
18,00	135	1623,23	1749,66	22567,2	23265,1	23265,1	23265,1	195,7	
19,00	152	2042,53	2201,62	32088,6	33081,0	33081,0	33081,0	145,3	
SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST				
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
10,00	0,4792	1,0000	0,7228	0,6329	409,73	320,05			
11,00	0,4813	1,0000	0,7248	0,63104	490,07	382,80			
12,00	0,4819	1,0000	0,7249	0,63045	582,04	454,64			
13,00	0,4790	1,0000	0,7196	0,63309	698,99	546,00			
14,00	0,4732	1,0000	0,7100	0,63824	846,16	660,95			
+ 15,00 +	0,4642	1,0000	0,6959	0,64599	1036,05	809,28			
16,00	0,4522	1,0000	0,6773	0,65602	1283,41	1002,50			
17,00	0,4374	1,0000	0,6546	0,6679	1607,46	1255,61			
18,00	0,4198	1,0000	0,6278	0,67803	2019,29	1577,31			
19,00	0,3926	1,0000	0,5867	0,67345	2541,87	1985,51			

**Prediction results [Propulsor]**

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
10,00	0,3806	0,1985	0,02509	1,37	0,45502	3,4887	7,1632	2,63e7	
11,00	0,3827	0,1977	0,02502	1,3503	0,44652	3,4384	7,0294	2,88e7	
12,00	0,3833	0,1975	0,02500	1,344	0,44383	3,4224	6,9871	3,14e7	
13,00	0,3804	0,1986	0,02510	1,372	0,45588	3,4938	7,1767	3,43e7	
14,00	0,3748	0,2007	0,02530	1,429	0,48066	3,6389	7,5669	3,75e7	
+ 15,00 +	0,3662	0,2040	0,02561	1,5212	0,52157	3,8736	8,2109	4,12e7	
16,00	0,3549	0,2082	0,02601	1,6532	0,58187	4,2097	9,1602	4,53e7	
17,00	0,3413	0,2133	0,02648	1,8311	0,66622	4,6627	10,488	5,01e7	
18,00	0,3262	0,2180	0,02696	2,0485	0,77657	5,2165	12,225	5,55e7	
19,00	0,3050	0,2149	0,02657	2,311	0,93683	5,8849	14,748	6,26e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
10,00	50,89	7,37	1,48	21,68	0,335	22,85	2,0	2,0	3858,0
11,00	41,94	6,14	1,23	23,76	0,361	27,33	2,0	2,0	3863,7
12,00	35,14	5,16	1,04	25,91	0,391	32,46	2,0	2,0	3865,6
13,00	29,87	4,32	0,87	28,31	0,430	38,98	2,3	2,3	3857,4
14,00	25,70	3,61	0,73	30,98	0,478	47,19	3,1	3,1	3841,5
+ 15,00 +	22,35	3,00	0,60	34,01	0,540	57,78 !	4,5	4,5	3817,4
16,00	19,61	2,47	0,50	37,46	0,622	71,58 !!	6,7	6,7	3786,0
17,00	17,34	2,02	0,41	41,43	0,728	89,65 !!	10,4	10,4	3748,6
18,00	15,44	1,64	0,33	45,92	0,863	112,62 !!	16,4	16,4	3703,7
19,00	13,84	1,29	0,26	51,89	1,035	141,76 !!	28,9 !!	28,9	3591,7

**Hull data**

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	<i>Proj chine length:</i>	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	<i>Proj bottom area:</i>	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>173,310 m</b>	<i>LCG fwd TR:</i>	<b>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</b>
Max beam on WL: [LWL/BWL 5,744]	<b>30,170 m</b>	<i>VCG below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Max molded draft: [BWL/T 2,610]	<b>11,560 m</b>	<i>Aft station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
Displacement: [CB 0,808]	<b>50138,00 t</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface: [CS 2,745]	<b>7987,8 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,525]	<b>91,070 m</b>	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,504]	<b>87,390 m</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Max section area: [CX 0,995]	<b>347,0 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
Waterplane area: [CWP 0,877]	<b>4587,9 m2</b>	<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>30,0 m2</b>	<i>Propulsor type:</i>	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>8,120 m</b>	<i>Max prop diameter:</i>	<b>6500,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>179,650 m</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area: [ATR/AX 0,000]	<b>0,0 m2</b>	<i>Position fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL: [BTR/BWL 0,000]	<b>0,000 m</b>	<i>Position below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom immersion: [TTR/T 0,000]	<b>0,000 m</b>	<i>Transom lift device:</i>	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>44,00 deg</b>	<i>Device count:</i>	<b>0</b>
Bow shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	<i>Span:</i>	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	<i>Chord length:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Deflection angle:</i>	<b>0,00 deg</b>
		<i>Tow point fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Tow point below WL:</i>	<b>0,000 m</b>

**Propulsor data**

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By thrust</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>4</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,5404</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>6500,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch: [P/D 0,7571]	<b>4921,0 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>8000,0 mm</b>	Cav breakdown:	<b>On</b>
Engine/gear		Design condition	
Engine data:	<b>58T-E</b>	Max prop diam:	<b>6500,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>15,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>11750,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>90,0</b>
Gear ratio:	<b>0,928</b> [Size]	Design point:	<b>1,030</b>
Shaft efficiency:	<b>0,970</b>		

**Symbols and values**

SPEED = Vessel speed  
PETOTAL = Total vessel effective power  
WFT = Taylor wake fraction coefficient  
THD = Thrust deduction coefficient  
EFFR = Relative-rotative efficiency  
RPMENG = Engine RPM  
PBPROP = Brake power per propulsor  
FUEL = Fuel rate per engine  
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM  
RPMPROP = Propulsor RPM  
QPROP = Propulsor open water torque  
QENG = Engine torque  
PDPROP = Delivered power per propulsor  
PSPROP = Shaft power per propulsor  
PSTOTAL = Total vessel shaft power  
PBTOTAL = Total vessel brake power  
TRANSP = Transport factor  
EFFO = Propulsor open-water efficiency  
EFFG = Gear efficiency (load corrected)  
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]  
MERIT = Propulsor merit coefficient  
THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust  
J = Propulsor advance coefficient  
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]  
KQ = Propulsor torque coefficient  
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
CP = Propulsor thrust loading coefficient  
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R  
SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria  
PRESS = Average propeller loading pressure  
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation  
+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds recommended parameter limit  
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
--- = Insignificant or not applicable

# ANEXO III

## Especificación motor principal

# Marine Installation Manual

# RT-flex58T-E

Issue **2019-01**



# 1 Engine Description

The WinGD RT-flex58T-E engine is a camshaftless low-speed, reversible and rigidly direct-coupled two-stroke engine featuring common-rail injection.

Bore:	580 mm
Stroke:	2,416 mm
Number of cylinders:	5 to 8
Power (MCR):	2,350 kW/cyl
Speed (MCR):	90-105 rpm
Mean effective pressure:	21.0 bar
Stroke/bore ratio:	4.17

This engine type is designed for running on a wide range of fuels, from marine diesel oil (MGO) to heavy fuel oils (HFO) of different qualities.

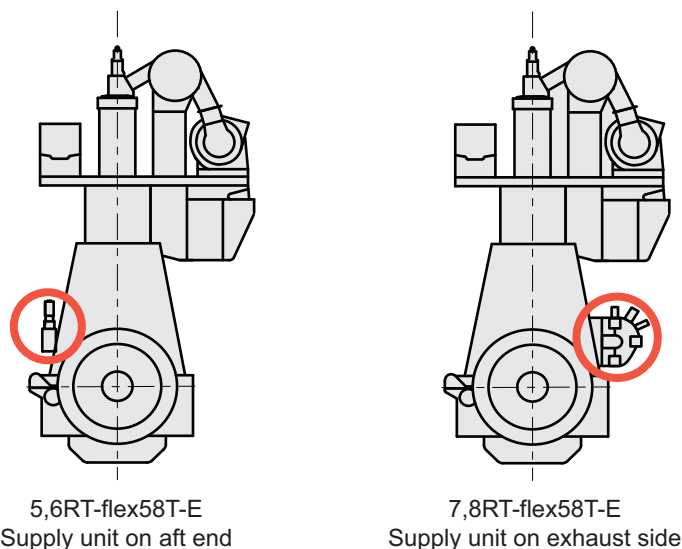
## WECS-9520 Engine Control System

Electronic control of the key engine functions such as exhaust valve drives, engine starting and cylinder lubrication are managed by the WECS-9520 Engine Control System. WECS-9520 also ensures volumetric control of the fuel injection.

## Position of supply unit

With the RT-flex58T-E engine, the position of the supply unit depends on the number of cylinders (see [Figure 1-1](#)):

- 5 and 6 cylinders: supply unit on aft end
- 7 and 8 cylinders: supply unit on exhaust side



SM-0442

Figure 1-1 Positions of supply unit on RT-flex58T-E

Engine performance data are the same, irrespective of the supply unit position.

## 1.1 Power/speed range

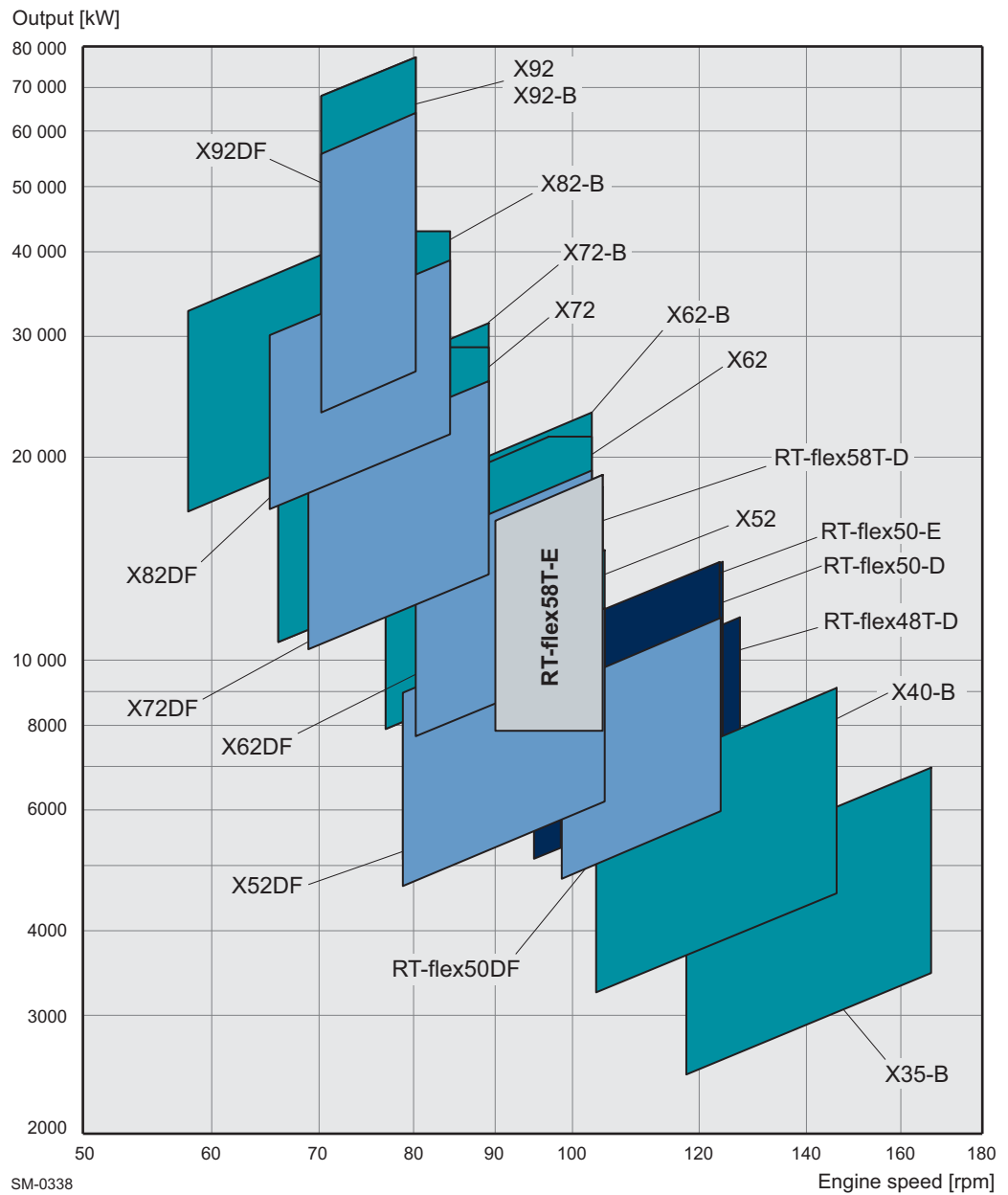


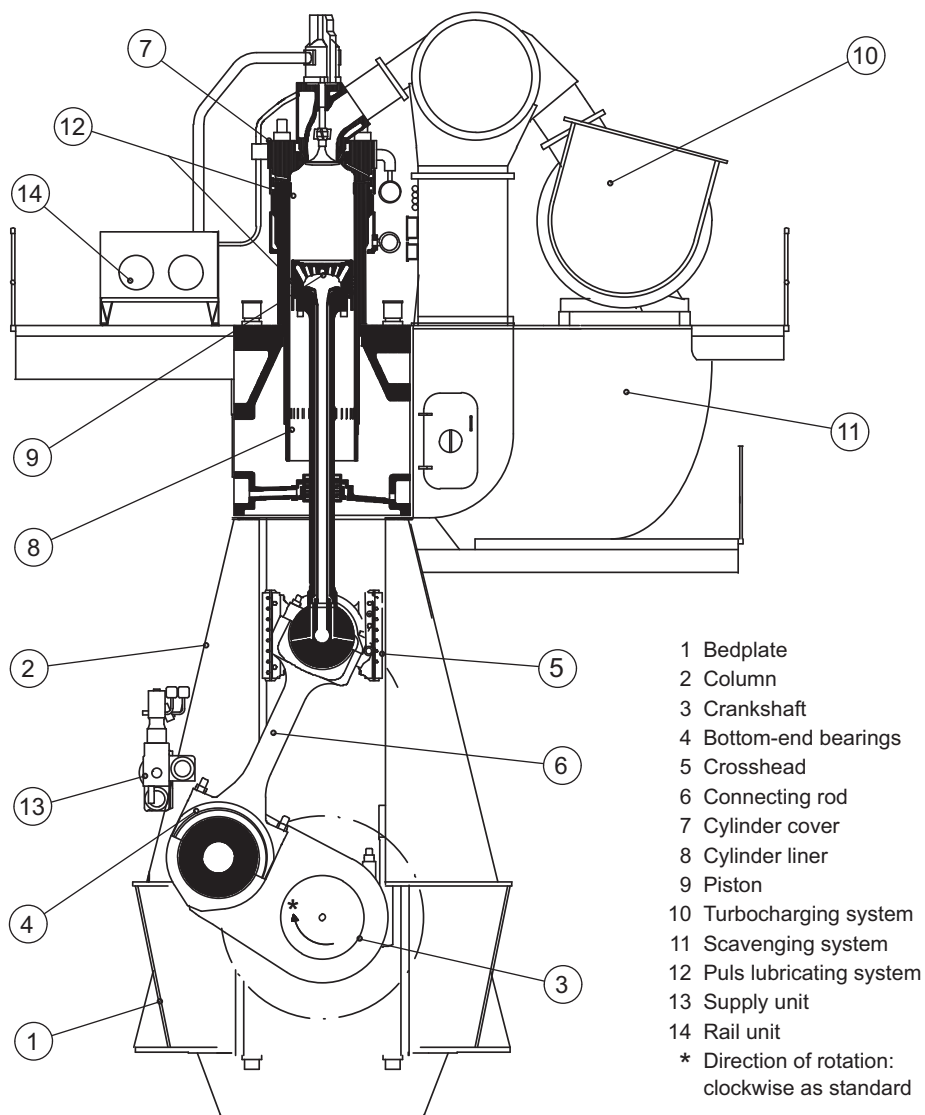
Figure 1-2 Power/speed range of WinGD engines complying with IMO regulations

## 1.2 Primary engine data

Table 1-1 Rating points

Bore x stroke: 580 x 2,416 [mm]				
No. of cyl.	R1	R2	R3	R4
	Power [kW]			
5	11,750	7,900	10,075	7,900
6	14,100	9,480	12,090	9,480
7	16,450	11,060	14,105	11,060
8	18,800	12,640	16,120	12,640
Speed [rpm]				
All cyl.	105	105	90	90
Brake specific diesel fuel consumption (BSFC) [g/kWh] 100 % power				
All cyl.	167.8	161.8	167.8	161.8
Mean effective pressure (MEP) [bar]				
All cyl.	21.0	14.1	21.0	16.5
Lubricating oil consumption (for fully run-in engines under normal operating conditions)				
System oil	approx. 6 kg/cyl per day			
Cylinder oil	guide feed rate 0.6 g/kWh (for low sulphur content only)			
<p>BSFC data are quoted for fuel of lower calorific value 42.7 MJ/kg. All other reference conditions refer to ISO standard (ISO 3046-1).</p> <p>For BSFC the following tolerances are to be taken into account:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+5 % for 100-85% engine power</li> <li>+6 % for 84-65% engine power</li> <li>+7 % for 64-50% engine power</li> </ul>				

### 1.3 Components and sizes of the engine



- 1 Bedplate
- 2 Column
- 3 Crankshaft
- 4 Bottom-end bearings
- 5 Crosshead
- 6 Connecting rod
- 7 Cylinder cover
- 8 Cylinder liner
- 9 Piston
- 10 Turbocharging system
- 11 Scavenging system
- 12 Puls lubricating system
- 13 Supply unit
- 14 Rail unit
- \* Direction of rotation:  
clockwise as standard

SM-0001

This cross section is considered as general information only.

Figure 1-3 Cross section

Table 1-2 Overall sizes and masses

No. of cyl.	Length [mm]	Piston dismantling height F1 <sup>a)</sup> (crank centre - crane hook) [mm]	Dry weight [t]
5	6,381	10,960	281
6	7,387		322
7	8,393		377
8	9,399		418

a) For F2 and F3 (piston removal with double-jib crane) see [Table 3-1](#), [Fig 3-1](#).

### Design features

- Welded bedplate with integrated thrust bearing and main bearings designed as thin-shell white metal bearings
- Sturdy engine structure with stiff thin-wall box type columns and cast iron cylinder blocks attached to the bedplate by pre-tensioned vertical tie rods
- Semi-built crankshaft
- Thin-shell aluminium bottom-end bearings
- Crosshead with crosshead pin and single-piece large white-metal surface bearings
- Rigid cast iron cylinder monoblock
- Special grey-cast iron cylinder liners, water cooled
- Pulse Jet Lubricating System for high-efficiency cylinder lubrication
- Cylinder cover of high-grade material with a bolted exhaust valve cage containing a Nimonic 80A exhaust valve
- Piston with crown, cooled by combined jetshaker oil cooling
- Constant-pressure turbocharging system comprising high-efficiency turbochargers and auxiliary blowers for low-load operation
- Latest piston running concept for excellent piston running and extended TBO up to 5 years
- Supply unit: high-efficiency fuel pumps feeding the 1,000 bar fuel rail
- Rail unit (common rail): common rail injection and exhaust valve actuation controlled by quick-acting solenoid valves

# ANEXO IV

## Reporte Navcad – Hélice 4 palas

**Analysis parameters**

<b>Hull-propulsor interaction</b>		<b>System analysis</b>	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	6500,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

**Prediction method check [Holtrop]**

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,19	0,81	5,74	2,61
Range	0,06--0,80	0,55--0,85	3,90--14,90	2,10--4,00

**Prediction results [System]**

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
10,00	1646,5	0,4894	0,2189	1,0163	67	2294,5	---	0,0
11,00	2166,2	0,4887	0,2189	1,0163	73	3010,7	---	0,0
12,00	2806,7	0,4880	0,2189	1,0163	80	3900,8	---	0,0
13,00	3651,5	0,4874	0,2189	1,0163	88	5111,2	---	0,0
14,00	4760,3	0,4868	0,2189	1,0163	96	6749,8	---	0,0
+ 15,00 +	6244,9	0,4863	0,2189	1,0163	105	9029,7	---	0,0
16,00	8251,7	0,4859	0,2189	1,0163	116	12249,2	---	0,0
17,00	10981,0	0,4854	0,2189	1,0163	128	16849,1	---	0,0
18,00	14605,9	0,4850	0,2189	1,0163	142	23269,9	---	0,0
19,00	19407,2	0,4847	0,2189	1,0163	159	32587,0	---	0,0
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
10,00	67	322,23	322,23	2225,7	2294,5	2294,5	2294,5	---
11,00	73	385,82	385,82	2920,4	3010,7	3010,7	3010,7	924,2
12,00	80	458,39	458,39	3783,8	3900,8	3900,8	3900,8	778,1
13,00	88	549,67	549,67	4957,9	5111,2	5111,2	5111,2	643,3
14,00	96	663,46	663,46	6547,3	6749,8	6749,8	6749,8	524,6
+ 15,00 +	105	808,86	808,86	8758,8	9029,7	9029,7	9029,7	420,2
16,00	116	996,50	996,50	11881,7	12249,2	12249,2	12249,2	330,4
17,00	128	1240,23	1240,23	16343,6	16849,1	16849,1	16849,1	255,2
18,00	142	1547,88	1547,88	22571,8	23269,9	23269,9	23269,9	195,7
19,00	159	1932,79	1932,79	31609,4	32587,0	32587,0	32587,0	147,5
SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST			
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
10,00	0,4758	1,0000	0,7176	0,62836	409,73	320,05		
11,00	0,4777	1,0000	0,7195	0,62642	490,07	382,80		
12,00	0,4784	1,0000	0,7195	0,62579	582,04	454,64		
13,00	0,4756	1,0000	0,7144	0,62855	699,00	546,00		
14,00	0,4700	1,0000	0,7052	0,63393	846,16	660,95		
+ 15,00 +	0,4613	1,0000	0,6916	0,64203	1036,05	809,28		
16,00	0,4498	1,0000	0,6736	0,65252	1283,41	1002,50		
17,00	0,4355	1,0000	0,6517	0,66494	1607,45	1255,61		
18,00	0,4197	1,0000	0,6277	0,67789	2019,29	1577,31		
19,00	0,3986	1,0000	0,5955	0,68366	2541,87	1985,50		

**Prediction results [Propulsor]**

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
10,00	0,3617	0,1792	0,02168	1,37	0,45831	3,4887	7,2151	2,90e7	
11,00	0,3636	0,1785	0,02162	1,3503	0,44982	3,4384	7,0813	3,18e7	
12,00	0,3642	0,1783	0,02160	1,344	0,44713	3,4224	7,039	3,47e7	
13,00	0,3615	0,1793	0,02169	1,372	0,45917	3,4938	7,2285	3,79e7	
14,00	0,3562	0,1813	0,02187	1,429	0,48393	3,6389	7,6183	4,14e7	
+ 15,00 +	0,3482	0,1844	0,02215	1,5212	0,52479	3,8736	8,2616	4,54e7	
16,00	0,3376	0,1884	0,02250	1,6532	0,58499	4,2097	9,2094	5,00e7	
17,00	0,3248	0,1932	0,02293	1,8311	0,66918	4,6627	10,535	5,52e7	
18,00	0,3110	0,1982	0,02337	2,0485	0,77673	5,2165	12,228	6,11e7	
19,00	0,2929	0,1983	0,02320	2,311	0,92284	5,8849	14,528	6,84e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
10,00	50,89	6,66	1,34	22,82	0,335	21,75	2,0	2,0	3665,9
11,00	41,94	5,54	1,12	25,00	0,361	26,02	2,0	2,0	3671,0
12,00	35,14	4,66	0,94	27,27	0,391	30,90	2,0	2,0	3672,7
13,00	29,87	3,90	0,79	29,79	0,430	37,11	2,0	2,0	3665,4
14,00	25,70	3,26	0,66	32,60	0,478	44,92	2,3	2,3	3651,1
+ 15,00 +	22,35	2,71	0,55	35,77	0,540	55,00 !	3,3	3,3	3629,4
16,00	19,61	2,23	0,45	39,38	0,622	68,13 !!	5,0	5,0	3601,2
17,00	17,34	1,83	0,37	43,53	0,728	85,33 !!	8,1	8,1	3567,5
18,00	15,44	1,49	0,30	48,17	0,863	107,19 !!	13,1	13,1	3531,1
19,00	13,84	1,19	0,24	54,02 !	1,035	134,94 !!	23,3 !!	23,3	3450,2



**Hull data**

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	Proj bottom area:	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>173,310 m</b>	LCG fwd TR: [XCG/LP 0,000]	<b>0,000 m</b>
Max beam on WL: [LWL/BWL 5,744]	<b>30,170 m</b>	VCG below WL:	<b>0,000 m</b>
Max molded draft: [BWL/T 2,610]	<b>11,560 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement: [CB 0,808]	<b>50138,00 t</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface: [CS 2,745]	<b>7987,8 m2</b>	Chine beam:	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,525]	<b>91,070 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,504]	<b>87,390 m</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Max section area: [CX 0,995]	<b>347,0 m2</b>	Chine beam:	<b>0,000 m</b>
Waterplane area: [CWP 0,877]	<b>4587,9 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>30,0 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>8,120 m</b>	Max prop diameter:	<b>6500,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>179,650 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area: [ATR/AX 0,000]	<b>0,0 m2</b>	Position fwd TR:	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL: [BTR/BWL 0,000]	<b>0,000 m</b>	Position below WL:	<b>0,000 m</b>
Transom immersion: [TTR/T 0,000]	<b>0,000 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>44,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

**Propulsor data**

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>4</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,5677</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>6500,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch: [P/D 0,7013]	<b>4558,4 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>8000,0 mm</b>	Cav breakdown:	<b>On</b>
Engine/gear		Design condition	
Engine data:	<b>58T-E</b>	Max prop diam:	<b>6500,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>15,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>11750,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>105,0</b>
Gear ratio:	<b>1,000</b> [Keep]	Design point:	<b>1,030</b>
Shaft efficiency:	<b>0,970</b>		

**Symbols and values**

SPEED = Vessel speed  
PETOTAL = Total vessel effective power  
WFT = Taylor wake fraction coefficient  
THD = Thrust deduction coefficient  
EFFR = Relative-rotative efficiency  
RPMENG = Engine RPM  
PBPROP = Brake power per propulsor  
FUEL = Fuel rate per engine  
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM  
RPMPROP = Propulsor RPM  
QPROP = Propulsor open water torque  
QENG = Engine torque  
PDPROP = Delivered power per propulsor  
PSPROP = Shaft power per propulsor  
PSTOTAL = Total vessel shaft power  
PBTOTAL = Total vessel brake power  
TRANSP = Transport factor  
EFFO = Propulsor open-water efficiency  
EFFG = Gear efficiency (load corrected)  
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]  
MERIT = Propulsor merit coefficient  
THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust  
J = Propulsor advance coefficient  
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]  
KQ = Propulsor torque coefficient  
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
CP = Propulsor thrust loading coefficient  
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R  
SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria  
PRESS = Average propeller loading pressure  
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation  
+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds recommended parameter limit  
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
--- = Insignificant or not applicable

# ANEXO V

## Reporte Navcad – Hélice 5 palas

**Analysis parameters**

<b>Hull-propulsor interaction</b>		<b>System analysis</b>	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	6500,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

**Prediction method check [Holtrop]**

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,19	0,81	5,74	2,61
Range	0,06--0,80	0,55--0,85	3,90--14,90	2,10--4,00

**Prediction results [System]**

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
10,00	1646,5	0,4894	0,2189	1,0147	67	2309,0	---	0,0
11,00	2166,2	0,4887	0,2189	1,0147	74	3030,7	---	0,0
12,00	2806,7	0,4880	0,2189	1,0147	80	3927,1	---	0,0
13,00	3651,5	0,4874	0,2189	1,0147	88	5143,3	---	0,0
14,00	4760,3	0,4868	0,2189	1,0147	96	6786,3	---	0,0
+ 15,00 +	6244,9	0,4863	0,2189	1,0147	105	9066,7	---	0,0
16,00	8251,7	0,4859	0,2189	1,0147	116	12279,2	---	0,0
17,00	10981,0	0,4854	0,2189	1,0147	128	16858,0	---	0,0
18,00	14605,9	0,4850	0,2189	1,0147	141	23232,4	---	0,0
19,00	19407,2	0,4847	0,2189	1,0147	158	32332,0	---	0,0
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
10,00	67	323,17	323,17	2239,7	2309,0	2309,0	2309,0	---
11,00	74	387,03	387,03	2939,8	3030,7	3030,7	3030,7	918,1
12,00	80	459,85	459,85	3809,2	3927,1	3927,1	3927,1	772,9
13,00	88	551,25	551,25	4989,0	5143,3	5143,3	5143,3	639,3
14,00	96	664,96	664,96	6582,7	6786,3	6786,3	6786,3	521,8
+ 15,00 +	105	809,94	809,94	8794,7	9066,7	9066,7	9066,7	418,5
16,00	116	996,66	996,66	11910,8	12279,2	12279,2	12279,2	329,6
17,00	128	1238,72	1238,72	16352,2	16858,0	16858,0	16858,0	255,1
18,00	141	1543,86	1543,86	22535,5	23232,4	23232,4	23232,4	196,0
19,00	158	1925,71	1925,71	31362,0	32332,0	32332,0	32332,0	148,6
SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST			
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
10,00	0,4735	1,0000	0,7131	0,62541	409,73	320,05		
11,00	0,4754	1,0000	0,7148	0,62328	490,07	382,80		
12,00	0,4759	1,0000	0,7147	0,6226	582,04	454,64		
13,00	0,4733	1,0000	0,7100	0,62562	698,99	546,00		
14,00	0,4682	1,0000	0,7015	0,63152	846,16	660,95		
+ 15,00 +	0,4602	1,0000	0,6888	0,64043	1036,05	809,28		
16,00	0,4494	1,0000	0,6720	0,65197	1283,41	1002,50		
17,00	0,4360	1,0000	0,6514	0,66565	1607,46	1255,61		
18,00	0,4211	1,0000	0,6287	0,68006	2019,29	1577,31		
19,00	0,4023	1,0000	0,6002	0,69015	2541,87	1985,50		

**Prediction results [Propulsor]**

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
10,00	0,3610	0,1786	0,02167	1,37	0,46047	3,4887	7,2606	2,50e7	
11,00	0,3629	0,1778	0,02160	1,3503	0,45208	3,4384	7,1283	2,74e7	
12,00	0,3635	0,1776	0,02158	1,344	0,44942	3,4224	7,0864	2,99e7	
13,00	0,3608	0,1786	0,02168	1,372	0,46132	3,4938	7,2739	3,27e7	
14,00	0,3557	0,1808	0,02185	1,429	0,48577	3,6389	7,6594	3,57e7	
+ 15,00 +	0,3477	0,1840	0,02212	1,5212	0,5261	3,8736	8,2954	3,92e7	
16,00	0,3373	0,1881	0,02247	1,6532	0,58549	4,2097	9,2319	4,31e7	
17,00	0,3247	0,1931	0,02289	1,8311	0,66846	4,6627	10,54	4,76e7	
18,00	0,3112	0,1984	0,02334	2,0485	0,77425	5,2165	12,208	5,25e7	
19,00	0,2946	0,2006	0,02338	2,311	0,91417	5,8849	14,414	5,86e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
10,00	50,89	6,63	1,34	22,86	0,351	20,21	2,0	2,0	3659,3
11,00	41,94	5,52	1,11	25,05	0,380	24,17	2,0	2,0	3664,1
12,00	35,14	4,64	0,93	27,32	0,414	28,71	2,0	2,0	3665,6
13,00	29,87	3,89	0,78	29,85	0,457	34,48	2,0	2,0	3658,8
14,00	25,70	3,25	0,66	32,65	0,511	41,73	2,0	2,0	3645,4
+ 15,00 +	22,35	2,70	0,55	35,81	0,581	51,10	2,5	2,5	3625,2
16,00	19,61	2,23	0,45	39,41	0,672	63,30 !!	3,9	3,9	3598,7
17,00	17,34	1,83	0,37	43,53	0,791	79,28 !!	6,3	6,3	3567,0
18,00	15,44	1,50	0,30	48,14 !	0,943	99,60 !!	10,4	10,4	3533,2
19,00	13,84	1,20	0,24	53,71 !!	1,135	125,37 !!	18,4	18,4	3470,2

**Hull data**

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	Proj bottom area:	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>173,310 m</b>	LCG fwd TR: [XCG/LP 0,000]	<b>0,000 m</b>
Max beam on WL: [LWL/BWL 5,744]	<b>30,170 m</b>	VCG below WL:	<b>0,000 m</b>
Max molded draft: [BWL/T 2,610]	<b>11,560 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement: [CB 0,808]	<b>50138,00 t</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface: [CS 2,745]	<b>7987,8 m2</b>	Chine beam:	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,525]	<b>91,070 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,504]	<b>87,390 m</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Max section area: [CX 0,995]	<b>347,0 m2</b>	Chine beam:	<b>0,000 m</b>
Waterplane area: [CWP 0,877]	<b>4587,9 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>30,0 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>8,120 m</b>	Max prop diameter:	<b>6500,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>179,650 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area: [ATR/AX 0,000]	<b>0,0 m2</b>	Position fwd TR:	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL: [BTR/BWL 0,000]	<b>0,000 m</b>	Position below WL:	<b>0,000 m</b>
Transom immersion: [TTR/T 0,000]	<b>0,000 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>44,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

**Propulsor data**

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>5</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,6110</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>6500,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch: [P/D 0,6799]	<b>4419,1 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>8000,0 mm</b>	Cav breakdown:	<b>On</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>58T-E</b>	Max prop diam:	<b>6500,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>15,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>11750,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>105,0</b>
Gear ratio:	<b>1,000</b> [Keep]	Design point:	<b>1,030</b>
Shaft efficiency:	<b>0,970</b>		

**Symbols and values**

SPEED = Vessel speed  
PETOTAL = Total vessel effective power  
WFT = Taylor wake fraction coefficient  
THD = Thrust deduction coefficient  
EFFR = Relative-rotative efficiency  
RPMENG = Engine RPM  
PBPROP = Brake power per propulsor  
FUEL = Fuel rate per engine  
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM  
RPMPROP = Propulsor RPM  
QPROP = Propulsor open water torque  
QENG = Engine torque  
PDPROP = Delivered power per propulsor  
PSPROP = Shaft power per propulsor  
PSTOTAL = Total vessel shaft power  
PBTOTAL = Total vessel brake power  
TRANSP = Transport factor  
EFFO = Propulsor open-water efficiency  
EFFG = Gear efficiency (load corrected)  
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]  
MERIT = Propulsor merit coefficient  
THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust  
J = Propulsor advance coefficient  
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]  
KQ = Propulsor torque coefficient  
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
CP = Propulsor thrust loading coefficient  
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R  
SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria  
PRESS = Average propeller loading pressure  
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation  
+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds recommended parameter limit  
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
--- = Insignificant or not applicable

# ANEXO VI

## Reporte Navcad – Hélice 6 palas



**Analysis parameters**

<b>Hull-propulsor interaction</b>		<b>System analysis</b>	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	6500,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

**Prediction method check [Holtrop]**

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,19	0,81	5,74	2,61
Range	0,06--0,80	0,55--0,85	3,90--14,90	2,10--4,00

**Prediction results [System]**

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
10,00	1646,5	0,4894	0,2189	1,0122	68	2362,5	---	0,0
11,00	2166,2	0,4887	0,2189	1,0122	74	3101,7	---	0,0
12,00	2806,7	0,4880	0,2189	1,0122	81	4019,4	---	0,0
13,00	3651,5	0,4874	0,2189	1,0122	88	5262,2	---	0,0
14,00	4760,3	0,4868	0,2189	1,0122	97	6938,0	---	0,0
+ 15,00 +	6244,9	0,4863	0,2189	1,0122	106	9259,0	---	0,0
16,00	8251,7	0,4859	0,2189	1,0122	116	12521,8	---	0,0
17,00	10981,0	0,4854	0,2189	1,0122	129	17162,9	---	0,0
18,00	14605,9	0,4850	0,2189	1,0122	142	23613,2	---	0,0
19,00	19407,2	0,4847	0,2189	1,0122	158	32744,4	---	0,0
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
10,00	68	327,62	327,62	2291,6	2362,5	2362,5	2362,5	---
11,00	74	392,43	392,43	3008,7	3101,7	3101,7	3101,7	897,1
12,00	81	466,30	466,30	3898,8	4019,4	4019,4	4019,4	755,2
13,00	88	558,83	558,83	5104,4	5262,2	5262,2	5262,2	624,9
14,00	97	673,77	673,77	6729,8	6938,0	6938,0	6938,0	510,4
+ 15,00 +	106	820,06	820,06	8981,2	9259,0	9259,0	9259,0	409,8
16,00	116	1008,18	1008,18	12146,2	12521,8	12521,8	12521,8	323,2
17,00	129	1251,70	1251,70	16648,1	17162,9	17162,9	17162,9	250,5
18,00	142	1558,34	1558,34	22904,8	23613,2	23613,2	23613,2	192,8
19,00	158	1942,07	1942,07	31762,1	32744,4	32744,4	32744,4	146,8
SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST			
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
10,00	0,4640	1,0000	0,6969	0,61562	409,73	320,05		
11,00	0,4657	1,0000	0,6984	0,61335	490,07	382,80		
12,00	0,4662	1,0000	0,6983	0,61263	582,04	454,64		
13,00	0,4638	1,0000	0,6939	0,61584	698,99	546,00		
14,00	0,4591	1,0000	0,6861	0,62212	846,16	660,95		
+ 15,00 +	0,4518	1,0000	0,6745	0,63159	1036,05	809,28		
16,00	0,4418	1,0000	0,6590	0,64389	1283,41	1002,50		
17,00	0,4293	1,0000	0,6398	0,65848	1607,46	1255,61		
18,00	0,4153	1,0000	0,6185	0,67387	2019,29	1577,31		
19,00	0,3983	1,0000	0,5927	0,68631	2541,87	1985,50		

**Prediction results [Propulsor]**

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
10,00	0,3603	0,1795	0,02218	1,3826	0,47426	3,5208	7,497	2,22e7	
11,00	0,3621	0,1787	0,02211	1,3627	0,46575	3,47	7,3624	2,43e7	
12,00	0,3627	0,1784	0,02209	1,3563	0,46305	3,4539	7,3198	2,65e7	
13,00	0,3601	0,1795	0,02218	1,3846	0,47512	3,5259	7,5105	2,90e7	
14,00	0,3550	0,1817	0,02237	1,4421	0,49993	3,6724	7,9027	3,17e7	
+ 15,00 +	0,3472	0,1851	0,02264	1,5352	0,54083	3,9092	8,5493	3,47e7	
16,00	0,3370	0,1895	0,02300	1,6684	0,60103	4,2484	9,5009	3,82e7	
17,00	0,3246	0,1947	0,02343	1,8479	0,68508	4,7056	10,829	4,21e7	
18,00	0,3113	0,2003	0,02389	2,0673	0,79217	5,2644	12,522	4,65e7	
19,00	0,2955	0,2036	0,02405	2,3322	0,93199	5,939	14,732	5,17e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
10,00	50,89	6,61	1,33	22,90	0,368	19,11	2,0	2,0	3643,7
11,00	41,94	5,50	1,11	25,11	0,401	22,85	2,0	2,0	3648,1
12,00	35,14	4,62	0,93	27,38	0,439	27,14	2,0	2,0	3649,5
13,00	29,87	3,87	0,78	29,91	0,487	32,60	2,0	2,0	3643,3
14,00	25,70	3,24	0,65	32,71	0,548	39,46	2,0	2,0	3631,0
+ 15,00 +	22,35	2,69	0,54	35,86	0,626	48,32	2,1	2,1	3612,4
16,00	19,61	2,23	0,45	39,45	0,728	59,85 !	3,2	3,2	3588,0
17,00	17,34	1,83	0,37	43,55	0,861	74,96 !!	5,2	5,2	3558,7
18,00	15,44	1,50	0,30	48,13 !	1,030	94,17 !!	8,7	8,7	3527,4
19,00	13,84	1,21	0,25	53,55 !!	1,245	118,54 !!	15,5	15,5	3474,2

**Hull data**

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	<i>Proj chine length:</i>	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	<i>Proj bottom area:</i>	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>173,310 m</b>	<i>LCG fwd TR:</i>	<b>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</b>
Max beam on WL: [LWL/BWL 5,744]	<b>30,170 m</b>	<i>VCG below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Max molded draft: [BWL/T 2,610]	<b>11,560 m</b>	<i>Aft station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
Displacement: [CB 0,808]	<b>50138,00 t</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface: [CS 2,745]	<b>7987,8 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,525]	<b>91,070 m</b>	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,504]	<b>87,390 m</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Max section area: [CX 0,995]	<b>347,0 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
Waterplane area: [CWP 0,877]	<b>4587,9 m2</b>	<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>30,0 m2</b>	<i>Propulsor type:</i>	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>8,120 m</b>	<i>Max prop diameter:</i>	<b>6500,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>179,650 m</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area: [ATR/AX 0,000]	<b>0,0 m2</b>	<i>Position fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL: [BTR/BWL 0,000]	<b>0,000 m</b>	<i>Position below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom immersion: [TTR/T 0,000]	<b>0,000 m</b>	<i>Transom lift device:</i>	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>44,00 deg</b>	<i>Device count:</i>	<b>0</b>
Bow shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	<i>Span:</i>	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor: [WL flow]	<b>1,0</b>	<i>Chord length:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Deflection angle:</i>	<b>0,00 deg</b>
		<i>Tow point fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Tow point below WL:</i>	<b>0,000 m</b>

**Propulsor data**

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>6</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,6522</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>6470,3 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch: [P/D 0,6684]	<b>4324,6 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>8000,0 mm</b>	Cav breakdown:	<b>On</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>58T-E</b>	Max prop diam:	<b>6500,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>15,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>11750,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>105,0</b>
Gear ratio:	<b>1,000</b> [Keep]	Design point:	<b>1,030</b>
Shaft efficiency:	<b>0,970</b>		

**Symbols and values**

SPEED = Vessel speed  
PETOTAL = Total vessel effective power  
WFT = Taylor wake fraction coefficient  
THD = Thrust deduction coefficient  
EFFR = Relative-rotative efficiency  
RPMENG = Engine RPM  
PBPROP = Brake power per propulsor  
FUEL = Fuel rate per engine  
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM  
RPMPROP = Propulsor RPM  
QPROP = Propulsor open water torque  
QENG = Engine torque  
PDPROP = Delivered power per propulsor  
PSPROP = Shaft power per propulsor  
PSTOTAL = Total vessel shaft power  
PBTOTAL = Total vessel brake power  
TRANSP = Transport factor  
EFFO = Propulsor open-water efficiency  
EFFG = Gear efficiency (load corrected)  
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]  
MERIT = Propulsor merit coefficient  
THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust  
J = Propulsor advance coefficient  
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]  
KQ = Propulsor torque coefficient  
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
CP = Propulsor thrust loading coefficient  
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R  
SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria  
PRESS = Average propeller loading pressure  
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation  
+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds recommended parameter limit  
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
--- = Insignificant or not applicable