



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado
CURSO 2017/18**

Remolcador de altura y salvamento

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 6

**PREDICCIÓN DE POTENCIA Y DISEÑO DE PROPULSORES Y
TIMONES**



ALUMNO:

JOSE RÁBANO CARRETERO

TUTOR:

MARCOS MIGUEZ GONZÁLEZ

MARZO 2018

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

ANTEPROYECTO Y PROYECTO FIN DE CARRERA

CURSO 2017-2018

PROYECTO NÚMERO 18 – 19

TIPO DE BUQUE: REMOLCADOR DE ALTURA Y SALVAMENTO

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTO DE APLICACIÓN: Solas, Marpol, y reglamentación estándar. Lloyd's Register.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Buque remolcador de altura con sistema contra incendios y lucha contra la contaminación. 240 ton. De tracción a punto fijo.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 16 nudos de velocidad de servicio. Autonomía de 9000 millas náuticas a velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA/DESCARGA: Gancho de remolque y chigre hidráulico de remolque.

PROPULSIÓN: Cuatro motores diésel. Cada pareja acciona un propulsor en popa con tobera de paso fijo. Hélice de proa.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 24 miembros de tripulación.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Sistema de lucha contra incendios. Sistema de lucha anti polución. Los correspondientes a este tipo de buques.

ALUMNO: D. Jose Rábano Carretero

Dimensiones principales	
Eslora total	76,2 m
Eslora entre pps	69,3 m
Manga	18 m
Puntal de trazado	8,21 m
Calado de trazado	6,61 m
Desplazamiento máximo	6468 t
Peso muerto	2397 t
Capacidades	
Heavy Fuel Oil (HFO)	1181,5 t
Agua lastre	1145,6 t
Recogida residuos (MUD)	1365,5 t
Espumógeno	43,8 t
Dispersante	30,2 t
Rendimientos	
Bollard pull (TPF)	240 t
Velocidad de servicio	16 kn

Maquinaria principal	
Motores principales	4x4500 kW
	Wärtsilä 9L34DF
Generadores	3x1380 kW
	Wärtsilä 9L20DF
Generador emergencia	1x400 kW
	CAT CG132-8
Propulsores principales	2x4300 mm
	FPP, 3 palas
Propulsión auxiliar	
Trhuster transv proa	1x1050 kW
Trhusters transv popa	2x1050 kW
Trhuster azimutal proa	1x880 kW
Acomodación	
Tripulación	24
Náufragos	29
Posicionamiento dinámico	
Cota	DP II

Índice	Pg
1.- Presentación.....	6
2.- Planteamiento de la planta propulsora.....	7
3.- Cálculo de la resistencia al avance.....	9
Condition.....	9
Hull.....	9
Appendage.....	10
Environment.....	10
Margin.....	11
Método Andersen.....	13
Método Hamburg.....	14
Método Holtrop.....	15
Método Oortmerssen.....	16
Conclusiones.....	17
4.- Estimación de la potencia (navegación libre).....	19
5.- Estimación de la potencia (remolque).....	23
6.- Estudio y elección de las alternativas.....	25
Estudio de las alternativas.....	25
Alternativa más favorable.....	26
7.- Dimensionamiento del motor principal.....	28
8.- Características principales del propulsor.....	33
9.- Cálculo de los timones.....	34
Área y altura de los timones.....	34
Perfil del timón.....	35
Dimensiones finales de los timones.....	36
10.- Cálculo del servomotor.....	37
Cálculo de la fuerza.....	37
Cálculo del par.....	40
11.- Definición del codaste.....	43
12.- Anexo I. Cálculos de la resistencia al avance.....	45
Método de Andersen.....	50
Método de Hamburg.....	52
Método Holtrop.....	54
Método Oortmerssen.....	56
13.- Anexo II. Cálculo de la potencia en aguas libres.....	58
Hélice de 3 palas.....	58

Hélice de 4 palas.....	60
Hélice de 5 palas.....	63
14.- Anexo III. Cálculo de la potencia en remolque.....	66

1.- PRESENTACIÓN

En el presente cuaderno, se calculará y definirá tanto los propulsores como los timones necesarios para la navegación del buque proyecto.

En primer lugar, habrá que calcular la resistencia al avance del buque en función de sus formas, desplazamiento y características de diseño. A continuación, se procederá al cálculo de la potencia necesaria para contrarrestar dicha resistencia al avance (elección de los motores principales).

Para el cálculo de todo lo mencionado anteriormente, se utilizará el programa *Navcad*, utilizado también en el *Cuaderno 1* para la estimación tanto de la resistencia al avance como de la estimación de la planta propulsora.

Una vez realizado el cálculo del propulsor necesario, se procederá a la elección de los motores en función de las alternativas estudiadas según las necesidades del buque, teniendo en cuenta los dos parámetros impuestos en la RPA para dicha elección:

- 240 toneladas de tracción a punto fijo.
- 16 nudos de velocidad de servicio.

Según la RPA, el buque proyecto contará además con cuatro motores principales, los cuáles irán unidos por pares a las dos líneas de ejes. Además, las hélices serán de paso fijo.

2.- PLANTEAMIENTO DE LA PLANTA PROPULSORA

Para este tipo de buque en particular, un remolcador de altura de salvamento, la potencia propulsora requerida depende de la función que esté realizando en cada momento. Requerirá potencias diferentes si está remolcando un buque averiado o si está navegando a su velocidad de servicio. Normalmente requerirá mayor potencia cuando esté en labores de remolque que en navegación libre. Estas condiciones están mostradas en el *Cuaderno 1* en el apartado de la estimación de la potencia propulsora.

En primer lugar, se tiene la potencia máxima, que es la necesaria para realizar el tiro a punto fijo. Esta potencia se obtiene mediante la regresión TPF-Potencia, y el valor obtenido de dicha regresión es de 15865 kW.

Sin embargo, como también se ha calculado, la potencia necesaria para la navegación en aguas libres a la velocidad de servicio es menor, con un valor de 10111 kW.

En este cuaderno se volverán a calcular estos valores para dimensionar de nuevo el propulsor óptimo, ya que ahora se conoce mejor el buque proyecto y se puede optimizar mejor tanto el motor como el propulsor necesario.

Debido a las diferentes situaciones en la que podrá trabajar el buque proyecto, se intenta llegar a un compromiso para las diferentes condiciones de trabajo y conseguir una solución intermedia para hallar el dimensionamiento óptimo.

Para establecer el tipo de planta propulsora a instalar, se ha de tener en cuenta las diferentes misiones a realizar por el buque proyecto. Al tratarse de un remolcador de altura con sistemas contra incendios y anti polución, la opción correcta será aquella que le permita una maniobrabilidad y versatilidad casi total en cualquier situación.

Según la RPA del proyecto, la planta propulsora ha de contar con:

- ❖ Cuatro motores diésel. Cada pareja acciona un propulsor en popa con tobera de paso fijo.

Teniendo en cuenta las necesidades eléctricas del buque, la planta propulsora estará compuesta por:

- ❖ 4 motores diésel con la potencia necesaria para dar la tracción a punto fijo.
- ❖ 3 generadores diésel con potencia suficiente para suministrar la energía eléctrica necesaria en función del trabajo desempeñado en cada momento.

Cada línea de propulsión tendrá un montaje final tal que:

- ❖ Dos motores principales conectados a una reductora.
- ❖ El eje acciona el propulsor de paso fijo.

La opción elegida para el montaje de la planta propulsora viene dada por los siguientes motivos:

- Requerimientos de la RPA.
- Segregación de la potencia total en cuatro motores.
- Posibilidad de navegar con uno o más motores averiados.

- Flexibilidad de la planta propulsora y del sistema eléctrico.
- Seguridad y fiabilidad debida a la redundancia.

A continuación, se muestra un esquema de la planta propulsora del buque proyecto. Será objeto de estudio en el presente cuaderno, la obtención de las potencias de los cuatro motores principales.

En el *Cuaderno 11* se estudiará la potencia necesaria de los generadores eléctricos.

3.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE

Para estimar la potencia propulsora necesaria, el primer paso es calcular la resistencia al avance del buque. Una vez calculada se obtiene la potencia efectiva necesaria para superar dicha resistencia.

En este Cuaderno se utilizará el programa informático *Navcad* utilizado también en el Cuaderno 1 para la estimación de la resistencia al avance y la planta propulsora.

Se introducirán datos calculados en cuadernos anteriores tales como, los coeficientes de forma, apéndices o desplazamiento con el fin de hallar la mayor fiabilidad posible.

A continuación, se procede a cálculo de la resistencia al avance, comenzando por la introducción de los datos necesarios:

Condition

En este apartado se definen los parámetros principales del buque, tales como, eslora, desplazamiento, tipo de casco, número de propulsores, rango de velocidades y propiedades del fluido.

Project		
Project ID:	remolcador 240 TPF	
Description:		
Summary		
Scope:	ITTC-78 (CT)	▼
Configuration:	Monohull	▼
Chine type:	Round/multiple	▼
Length on WL:	69,300	m
Displacement:	5224,00	t
Propulsor type:	Propeller	▼
Count:	2	▼
Water properties		
Water type:	Salt	▼
Density:	1026,00	kg/m ³
Viscosity:	1,18920e-6	m ² /s
Speeds		
Speed [01]	0,50	kt
Speed [02]	2,00	kt
Speed [03]	4,00	kt
Speed [04]	6,00	kt
Speed [05]	8,00	kt
Speed [06]	10,00	kt
Speed [07]	12,00	kt
Speed [08]	14,00	kt
Speed [09]	16,00	kt
Speed [10]	18,00	kt
Design condition		
Design speed:	16,00	kt

Figura 3.1

Hull

Se definen las características geométricas del buque. Manga, calado, superficie mojada, estampa de popa... En este apartado no se tiene en cuenta el área del quillote de popa, ya que se considerará más adelante en el apartado de apéndices.

Hull		
Configuration:	Monohull	▼
Chine type:	Round/multiple	▼
General		
Length on WL:	69,300	m
Max beam on WL:	17,500	m
Max molded draft:	6,610	m
Displacement:	5224,00	t
Wetted surface:	1570,9	m ²
Demi-hull spacing:		m
ITTC-78 (CT)		
LCB fwd TR:	36,036	m
LCF fwd TR:	33,264	m
Max section area:	115,6	m ²
Waterplane area:	925,9	m ²
Bulb section area:	0,0	m ²
Bulb ctr below WL:	0,000	m
Bulb nose fwd TR:	0,000	m
Imm transom area:	0,0	m ²
Transom beam WL:	0,000	m
Transom immersion:	0,000	m
Half entrance angle:	27,66	deg
Bow shape factor:	-1,0	[BTK flow]
Stern shape factor:	1,0	[WL flow]

Figura 3.2

Appendage

Se definen los apéndices del buque. Se pondrá un área aproximada del timón, el área mojada del quillote de popa (*skeg*) y el área de los thrusters.

Appendage		
Definition:	Percentage	▼
Percent of hull drag:	3,00	%
Planing influence		
LCE fwd TR:		m
VCE below WL:		m

Figura 3.3

Environment

Se definen las condiciones meteorológicas. En el caso de este buque proyecto no se tienen en cuenta, ya que en el siguiente apartado se tendrá en cuenta el margen de mar escogido para este proyecto, que suplirá los efectos meteorológicos de este apartado.

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

Figura 3.4

Margin

Se dispondrá en este apartado del margen de mar escogido. En este proyecto será de un 15%, teniendo en cuenta los diferentes proyectos consultados, así como la opinión del profesorado.

Margin		
Design margin:	15	%
Basis:	Hull drag only	

Figura 3.5

A continuación, con todos los datos necesarios introducidos para el cálculo de la resistencia al avance, se especificarán las condiciones, procesos y técnicas de cálculo para el análisis de la resistencia.

Vessel drag	Calc	ITTC-78 (CT)
Technique:		Prediction
Prediction:		Andersen
Reference ship:		
Model LWL:	[m]	
Viscous		
Expansion:		Standard
Friction line:		ITTC-57
Hull form factor:	On	1,326
Speed corr:	On	
Spray drag corr:	Off	
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)
Roughness [mm]:	On	0,15
Catamaran		
Interference:	Off	
Added drag		
Appendage:	Calc	Percentage
Wind:	Off	
Seas:	Off	
Shallow/channel:	Off	
Towed:	Off	
Margin:	Calc	Hull drag only [15%]

Figura 3.6

El propio programa *Navcad* sugiere el método más fiable en función de los parámetros introducidos por lo que se calculará la resistencia con los 4 métodos más fiables y se compararán entre ellos. Los métodos utilizados son:

- Andersen
- Hamburg
- Holtrop
- Oortmerssen

Method	Speed	Hull	Details	Parameters		
Holtrop	OK	OK	OK	FN [design]	0,06-0,40	0,08
Oortmerssen	OK	OK	OK	CP	0,55-0,85	0,64
Hamburg EWB Series	OK	Uncertain	OK	LWL/BWL	3,90-14,90	3,96
Andersen	OK	Uncertain	OK	BWL/T	2,10-4,00	2,65
Roach	Fail	OK	OK	Lambda	0,01-1,07	0,80
Simple Ship	OK	Uncertain	Uncertain			
Fung (HSTS)	Fail	Uncertain	OK			
Delft Series (1/2)	Fail	Uncertain	OK			
Delft Series (1/2/3)	Fail	Uncertain	OK			
Fung (CRTS)	Fail	Uncertain	OK			

Ranking: Best ■ Good ■ Fair ■ Poor ■

Watch for notes here...

OK Cancel Help

Figura 3.7

Para cada método utilizado se muestran las gráficas de *Potencia efectiva total – Velocidad* y *Resistencia total – Velocidad*. Los resultados completos de cada método se muestran en el *Anexo I*.

Método Andersen

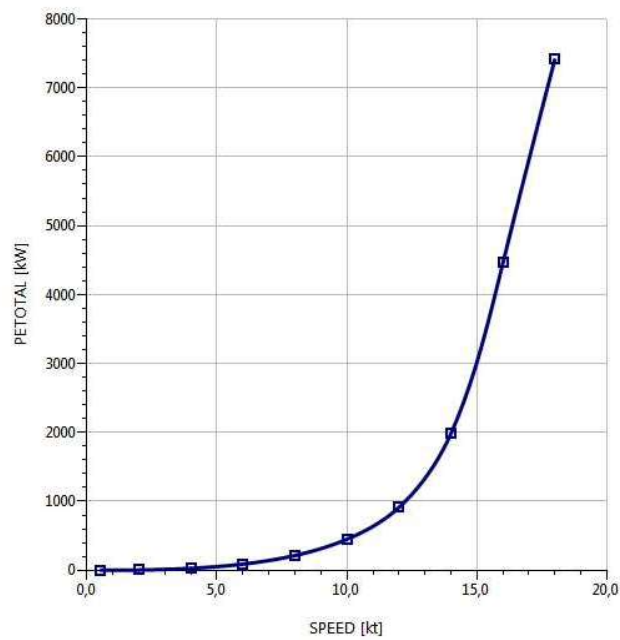


Figura 3.8

- $PE_{total} = 4464 \text{ kW}$

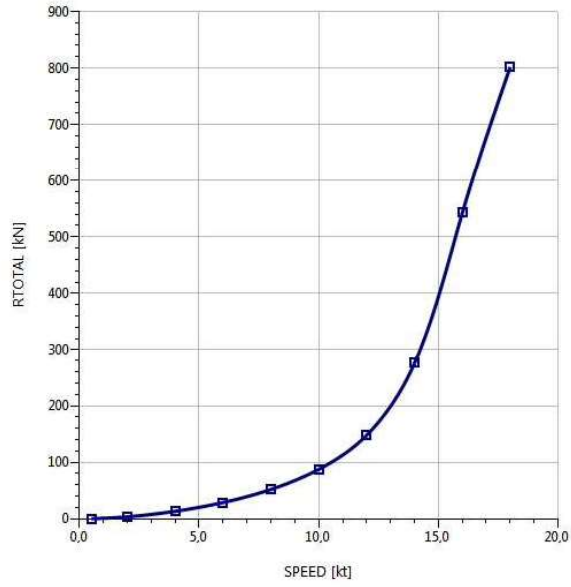


Figura 3.9

- $R_T = 542 \text{ kN}$

Método Hamburg

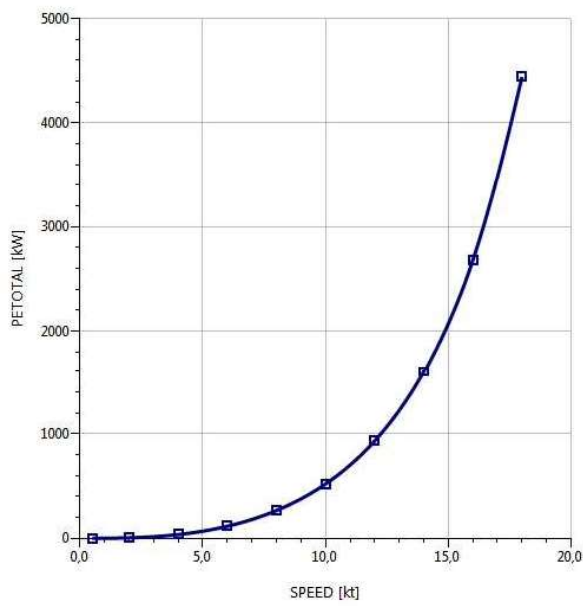


Figura 3.10

- $PE_{total} = 2681 \text{ kW}$

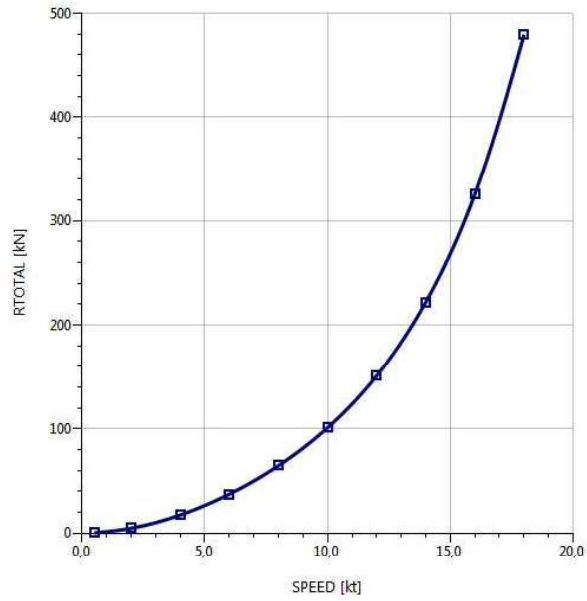


Figura 3.11

- $R_T = 325 \text{ kN}$

Método Holtrop

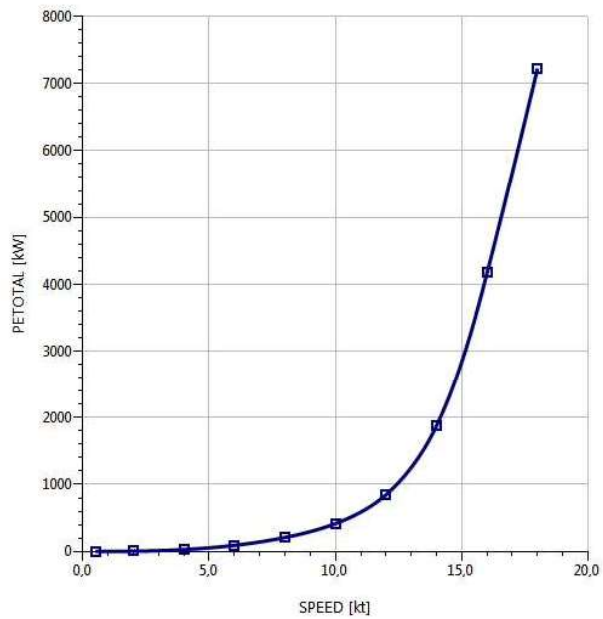


Figura 3.12

- $PE_{total} = 4169 \text{ kW}$

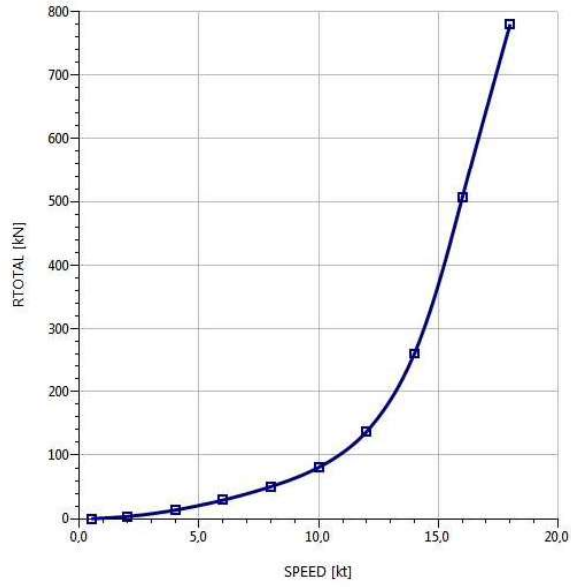


Figura 3.13

- $R_T = 506 \text{ kN}$

Método Oortmerssen

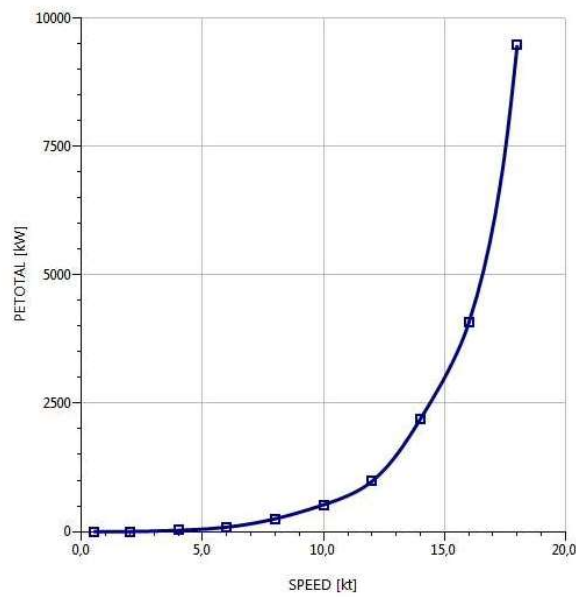


Figura 3.14

- $PE_{total} = 4059 \text{ kW}$

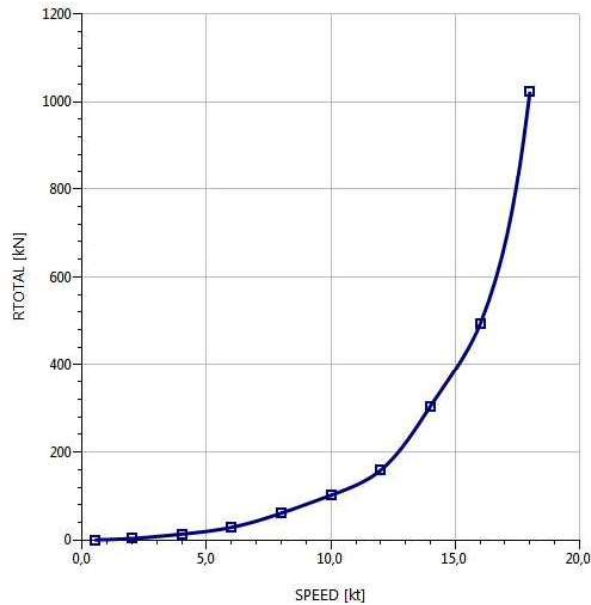


Figura 3.15

- $R_T = 493 \text{ kN}$

Conclusiones

La tabla mostrada a continuación es un resumen de los resultados anteriores.

Método	Resistencia al avance (kN)	Potencia efectiva (kW)
Andersen	542	4464
Hamburg	325	2681
Holtrop	506	4169
Oortmerssen	493	4059

Tabla 3-1

De los métodos utilizados, el primer descarte será el método *Oortmerssen* ya que está programado para el cálculo de la resistencia en buques de menor eslora, por lo que los resultados obtenidos no son del todo fiables.

El segundo método descartado será el método *Hamburg*. Este método se descarta debido a los bajos valores obtenidos, tanto en potencia efectiva total como en resistencia.

De los métodos restantes, el método seleccionado para la estimación de la planta propulsora es el *Holtrop*, debido a que el programa *Navcad* lo considera el más óptimo en función de las características del buque proyecto. Aunque el método *Andersen* de unos valores ligeramente superiores al método *Holtrop*, se consideran más óptimos los obtenidos mediante este método.

La potencia efectiva total calculada en este apartado representa la potencia necesaria para vencer la resistencia total al avance. Sin embargo, la potencia real del motor difiere de la potencia efectiva total por varios motivos. Los rendimientos relativos

al propulsor, a la reductora, o el rendimiento relativo rotativo hacen que la potencia necesaria para el dimensionamiento del motor sea mayor que la potencia efectiva total.

La potencia del motor necesaria será la potencia al freno (PB) que se calculará en el siguiente apartado antes de escoger en el mercado, el motor que cumpla las características necesarias calculadas en este Cuaderno.

4.- ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA (NAVEGACIÓN LIBRE)

Una vez realizado el cálculo de la resistencia al avance del buque proyecto, se puede estimar la potencia necesaria al freno necesaria durante la navegación libre.

En la condición de navegación libre, se debe tener en cuenta la velocidad de servicio del buque proyecto, ya que el dimensionamiento del propulsor se realizará por empuje. En el programa informático *Navcad* esta opción se encuentra en el apartado *Propulsor*, en la casilla *Propeller sizing* la opción a escoger en este primer método será *by thrust*.

Los datos a introducir son los siguientes:

- Nº de propulsores:	2
- Tipo de propulsor:	FPP (hélice de paso fijo)
- Serie del propulsor:	Kaplan 19A
- Dimensionamiento del propulsor:	Por empuje
- Nº de palas:	3, 4, 5
- Ratio del área expandida:	a dimensionar
- Diámetro de la hélice:	4300 mm
- Paso de la hélice:	a dimensionar
- Inmersión del eje:	4500 mm
- No se define un motor en este método.	
- Rendimiento de la reductora:	0,97
- Relación de reducción:	a dimensionar
- Rendimiento del eje:	0,98
- Corrección por propulsor no alineado:	NO
- Correcciones por KT y KQ:	1
- Parámetro L/D:	0,50
- Técnica de predicción:	Holtrop
- Máximo diámetro de la hélice:	4300 mm
- Rugosidad del casco nuevo:	0,15 mm
- Hélice en toberas:	SI
- Criterio de cavitación:	Keller
- Tipo de análisis:	Aguas libres
- RPM de referencia:	Variable

Los demás parámetros estarán establecidos por defecto en función de la opción escogida por el programa.

A continuación, se establecen las características del propulsor:

- Relación de reducción:	Size
- Ratio del área expandida:	Size
- Diámetro del propulsor:	Size
- Paso del propulsor:	Size
- Diámetro máximo:	4300 mm
- Velocidad de diseño:	16 nudos
- Empuje:	Valor obtenido en resistencia
- Punto de diseño:	1
- Revoluciones del motor:	750 rpm

- Ligereza: 3%

El parámetro *size* significa que es el propio programa el que calcula el valor óptimo de ese parámetro en función de las características del buque proyecto.

En función del número de palas seleccionado, el programa *Navcad* calculará tanto los parámetros de la hélice, así como, la eficiencia del propulsor y la potencia al freno. La opción escogida será en función de la opción con mayor eficiencia que coincidirá con la opción con menor potencia al freno (PB).

Los resultados para las hélices con 3, 4 y 5 palas son los siguientes:

Nº PALAS	EFFOA	PB (KW)
3	0,456	6297
4	0,443	6486
5	0,441	6516

Tabla 4-1

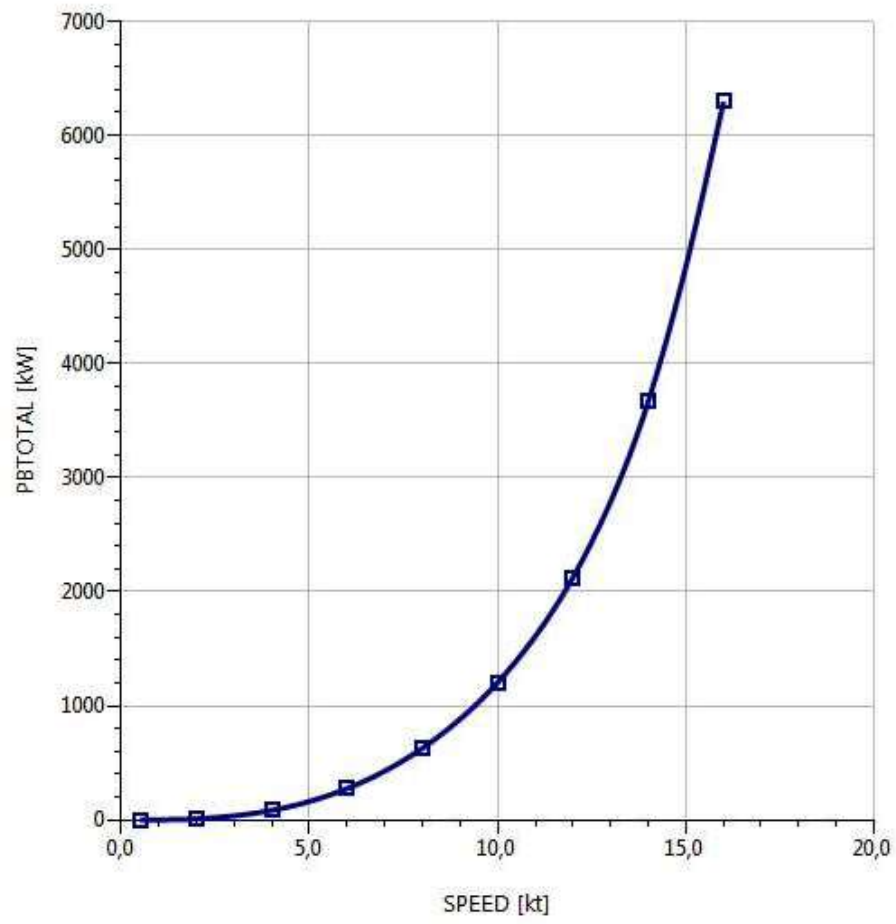
Los resultados completos para las tres opciones se muestran en el *Anexo II*.

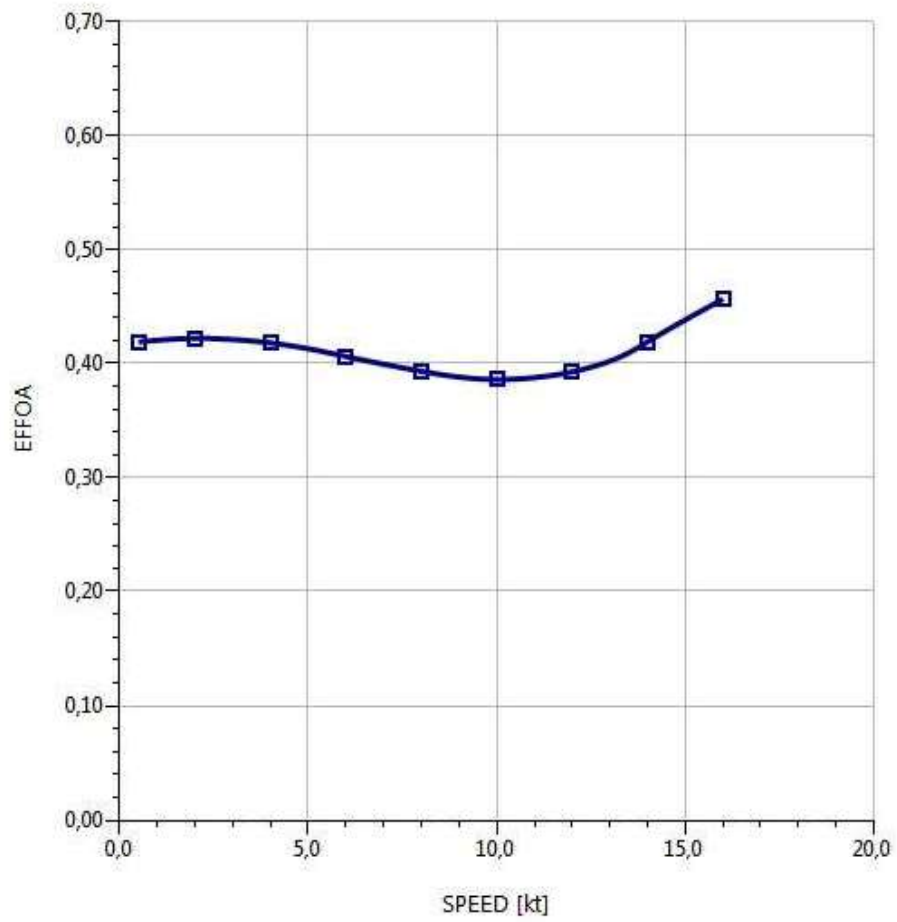
Como se puede comprobar en la tabla 4-1, la opción más eficiente para este buque proyecto es una hélice de 3 palas con una potencia al freno de 6297 kW. La potencia al freno, será la potencia que deba suministrar el motor al 85% de su régimen teniendo en cuenta el margen de motor escogido, por lo que la potencia final en aguas libres del motor será:

$$PB_{final} = \frac{6297 \text{ kW}}{0,85} = 7408 \text{ kW}$$

Las gráficas tanto de EFOA como de PB, ambas respecto a la velocidad del buque y para una hélice de 3 palas, se presentan a continuación:

Figura 4.1



*Figura 4.2*

5.- ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA (REMOLQUE)

Una vez calculada la potencia al freno en aguas libres y la eficiencia de la hélice a la velocidad de diseño, se ha de comparar con la potencia necesaria para ejercer un tiro de 240 TPF como se requiere en la RPA del proyecto. Para ello se cambiará el tipo de análisis a realizar, fijando el número de palas a 3, escogido en el apartado anterior.

Los parámetros de análisis para la estimación de potencia en condición de remolque serán iguales que en el apartado anterior con las diferencias del tipo de análisis que pasará de *free run* a *towing* y las revoluciones del motor que permanecerán constantes en 750 rpm para maximizar la potencia de freno del motor en condición de remolque.

En el apartado del dimensionamiento del propulsor se variará la velocidad de diseño que se fijará en 0,01 nudos para obtener la máxima potencia de tracción a la mínima velocidad. Los parámetros de la hélice se fijarán de acorde con los resultados obtenidos en el apartado anterior de la estimación de la potencia en aguas libres.

La tracción máxima obtenida para la velocidad de diseño de este apartado es de 2392 kN a 0,01 nudos. Para obtener las toneladas de tracción a punto fijo habrá que dividir dicho valor entre la gravedad.

$$TPF = \frac{2392 \text{ kN}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 243,8 \text{ ton}$$

La gráfica entre la tracción obtenida y la velocidad se muestra a continuación:

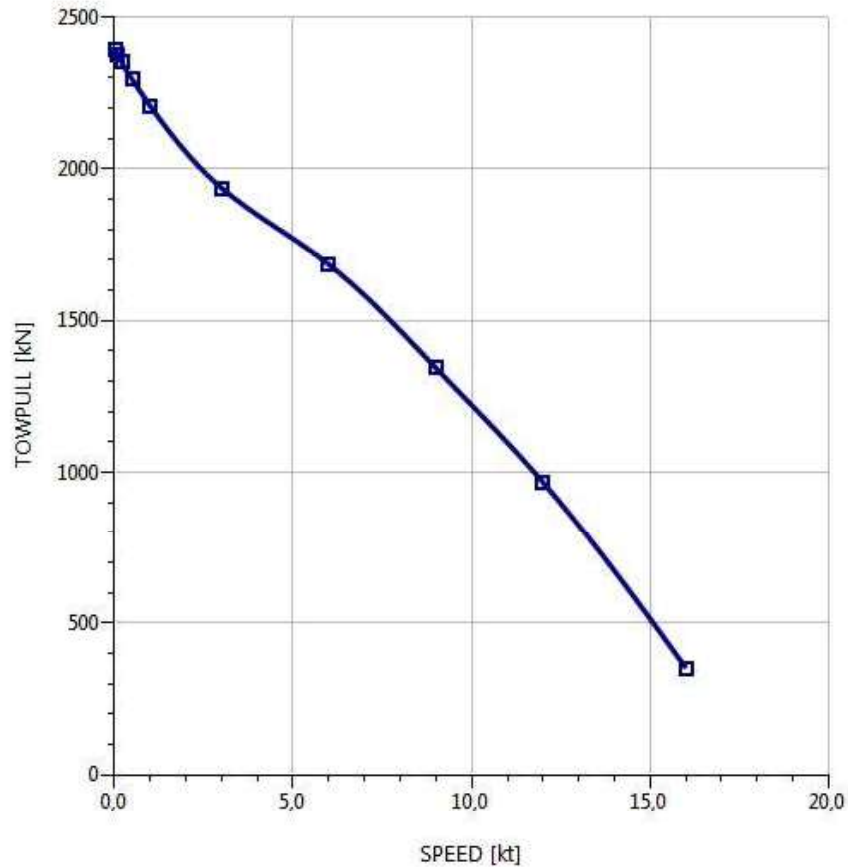


Figura 5.1

Los resultados obtenidos para la estimación de la potencia propulsora en condición de remolque se muestran en el *Anexo III*.

La potencia al freno obtenida en esta condición de navegación mostrada en el *Anexo III* es de 15556,3 kW y la potencia estimada en el Cuaderno 1 para esta misma condición de remolque es de 16000 kW, igual a la potencia instalada en el buque de referencia utilizado en este proyecto, el *Don Inda*. Con esta referencia y teniendo en cuenta que no se puede realizar una prueba real para determinar si la potencia calculada se corresponde con la necesaria para obtener una tracción de 240 TPF se darán por válidos los datos obtenidos mediante el programa *Navcad*.

La potencia total de remolque se establece al 100% MCR por lo que la potencia al freno final será:

$$\text{Potencia al freno final} = \frac{15556,3 \text{ kW}}{1} = 15556,3 \text{ kW}$$

6.- ESTUDIO Y ELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Estudio de las alternativas

Las diferentes alternativas estarán determinadas en función de los cálculos realizados en los apartados anteriores. Dichas alternativas determinarán los motores a escoger, teniendo en cuenta las siguientes condiciones del RPA:

- 4 motores principales que sean capaz de suministrar potencia suficiente al buque para alcanzar una velocidad de diseño de 16 nudos a un régimen del 85% MCR.
- 4 motores principales con potencia suficiente para ejercer una potencia de tracción a punto fijo de 240 toneladas.

Las diferentes potencias para ambas condiciones establecen dos restricciones:

- Potencia para navegación a 16 nudos al 85% MCR: 7408 kW
- Potencia para 240 TPF al 100% MCR: 15556,3kW

Se utilizará, por tanto, la segunda restricción como punto de partida para la elección de los motores a instalar.

A la potencia para 240 TPF al 100% MCR habrá que dividirla entre el número de motores a instalar para conocer la potencia necesaria de cada uno de ellos.

$$\text{Motor principal} = \frac{15556,3 \text{ kW}}{4 \text{ motores}} = 3889,1 \text{ kW}$$

Para la elección del motor se consultará el catálogo de Wärtsila teniendo en cuenta que para este buque proyecto se optará por la instalación de un motor *Dual Fuel*. Estos motores son capaces de quemar combustible estándar como es el fuel pesado y, además, son capaces de quemar también gas natural licuado, el cuál es muy beneficioso en cuanto a emisiones se refiere. Esta opción se elige para dar capacidad al buque de operar en zonas medioambientalmente restrictivas que en la actualidad están en auge, ya que se trata de un buque polivalente de lucha contra la contaminación.



Wärtsilä 34DF		IMO Tier III, EPA T3						
Cylinder bore	340 mm	Fuel specification:						
Piston stroke	400 mm	Fuel oil	700 cSt/50°C					
Cylinder output	500 kW/cyl		7200 sR1/100°F					
Speed	750 rpm	ISO 8217						
Mean effective pressure	22.0 bar	category ISO-F-DMX, DMA & DMB						
Piston speed	10.0 m/s	BSEC 7530 kJ/kWh at ISO cond. BSGC 7440kJ/kWh at ISO cond.						
Dimensions (mm) and weights (tonnes)						Rated power		
Engine type	A	B	C	D	F	Weight	Engine type	kW
6L34DF	5 325	2550	2380	2 345	1 155	35	6L34DF	3 000
8L34DF	5 960	2 550	2 610	2 345	1 155	44	8L34DF	4 000
9L34DF	6 870	2 550	2 610	2 345	1 155	49	9L34DF	4 500
12V34DF	6 885	2 435	2 900	2 120	1 210	61	12V34DF	6 000
16V34DF	7 905	2 570	3 325	2 120	1 210	77	16V34DF	8 000

Alternativa más favorable

Del catálogo mostrado en la Figura 6.1 ha de escogerse un motor con una potencia mayor de 3889,1 kW, por lo que el motor escogido será el de 9 cilindros modelo 9L34DF con una potencia de 4500 kW, ya que la opción de 8 cilindros y potencia de 4000 kW puede resultar un tanto ajustada.

En total se ha obtenido una potencia al freno total calculada de 15556,3 kW y teniendo en cuenta que la suma de los cuatro motores principales con 4500 kW cada uno, es de 18000 kW, la opción de este modelo es la más adecuada.

Se presenta un croquis del motor escogido en el Anexo V.

En la figura 6.3 se muestra la gráfica del rango de operación del motor seleccionado por cilindro. Para introducir estos datos en el programa Navcad habrá que multiplicar la potencia de salida en cada revolución por los 9 cilindros del motor seleccionado.

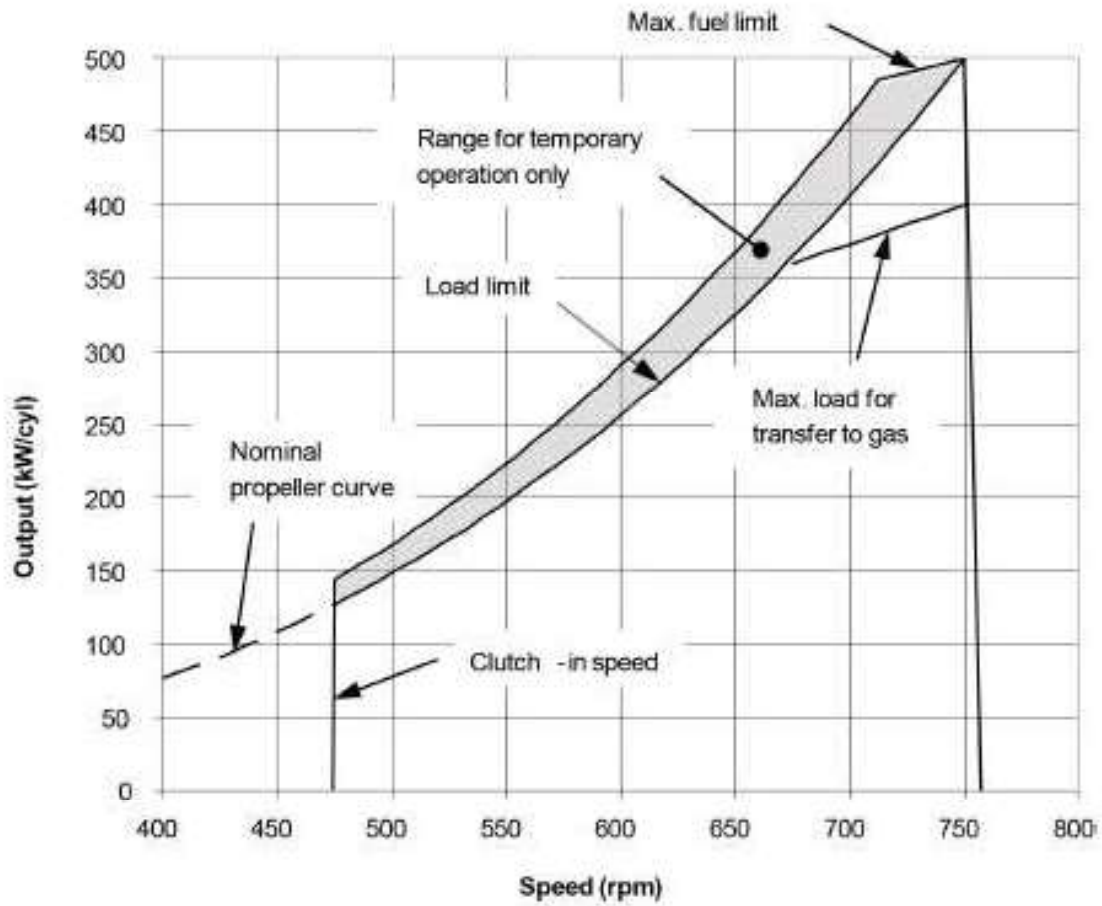


Fig 2-1 Operating field for CP Propeller, rated speed 750 rpm

Figura 6.3

7.-DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR PRINCIPAL

Una vez escogido el propulsor definitivo basado en un modelo comercial, se procede al cálculo de las características finales del propulsor. Para ello se volverá a utilizar el programa *Navcad* calculando los rendimientos del motor tanto en la condición de remolque como en la de navegación en aguas libres.

Primero se hace una prueba de simulación de remolque con la potencia total del motor que a diferencia de en los cálculos anteriores, ahora es conocida.

Para introducir la potencia real en el programa *Navcad* se introduce la curva del motor mediante la potencia de referencia del apartado 6 dividida entre el número de líneas de eje, debido a que cada par de motores va conectada a una línea de eje.

$$Potencia\ total = 4 * motor\ principal * 1$$

$$Potencia\ total = 4 * 4500kW * 1 = 18000\ kW$$

La potencia introducida en el programa será:

$$Potencia\ introducida = \frac{18000\ kW}{2} = 9000\ kW$$

Una vez introducida la curva de potencia del motor escogido en el programa *Navcad*, se procede al cálculo de las toneladas de tracción a punto fijo que el buque es capaz de suministrar.

El cálculo de las toneladas de tracción a punto fijo, se realizarán en primer lugar, utilizando la curva de potencia del motor mientras éste utiliza combustible Diésel y en segundo lugar introduciendo una nueva curva de potencia del motor para las revoluciones más altas, simulando que el motor en este caso estará utilizando gas natural licuado. Este último cálculo se realiza para conocer la potencia de remolque que se puede llegar a alcanzar utilizando únicamente gas natural.

La razón para no hacer el cálculo de la navegación libre a la velocidad de diseño del buque de 16 nudos es que la potencia necesaria en este caso es muy inferior a la potencia necesaria para el remolque como ya se ha comprobado en los *Capítulos 4 y 5*. Además la curva de potencia del motor utilizando gas natural licuado sólo varía a partir de las 650 rpm, como se muestra en la *Figura 6.3* por lo que no afecta a la navegación en aguas libres.

A continuación, se muestra la extrapolación de la potencia en cada línea de eje de 9000 kW.

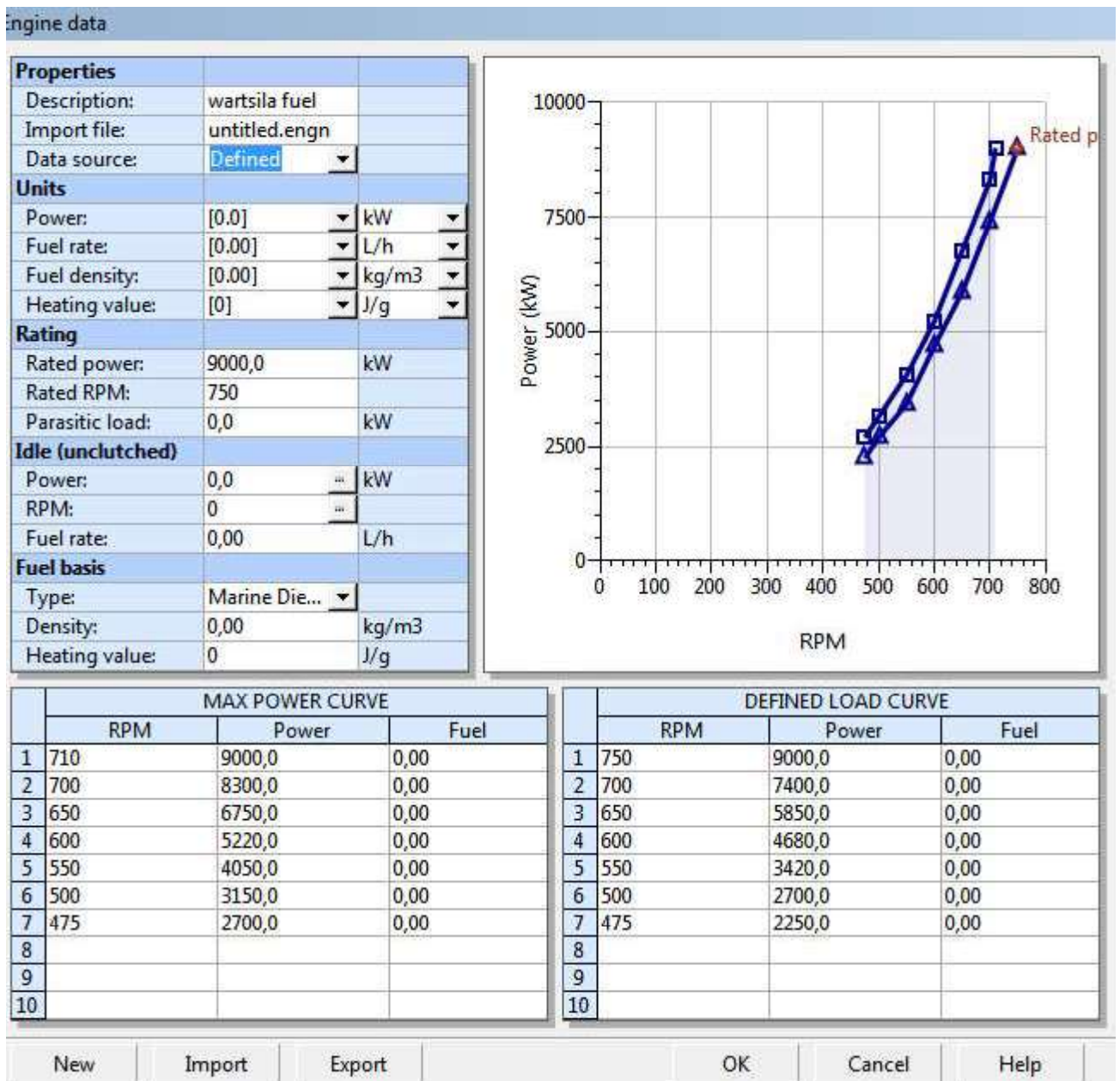


Figura 7.1

Las opciones y variables introducidas en el programa *Navcad* para el cálculo de estas condiciones son los siguientes:

- Nº de propulsores: 2
- Tipo de propulsor: FPP (hélice de paso fijo)
- Serie del propulsor: Kaplan 19A
- Dimensionamiento del propulsor: Por potencia
- Nº de palas: 3
- Ratio del área expandida: 0,65
- Diámetro de la hélice: 4300 mm
- Paso de la hélice: 5435,1 mm
- Inmersión del eje: 4500 mm
- Se define el motor escogido introduciendo la curva de potencia

- Rendimiento de la reductora:	0,97
- Relación de reducción:	5,265
- Rendimiento del eje:	0,98
- Corrección por propulsor no alineado:	NO
- Correcciones por KT y KQ:	1
- Parámetro L/D:	0,50
- Técnica de predicción:	Holtrop
- Máximo diámetro de la hélice:	4300 mm
- Rugosidad del casco nuevo:	0,15 mm
- Hélice en toberas:	SI
- Criterio de cavitación:	Keller
- Tipo de análisis:	Towing
- RPM de referencia:	Variable

Los demás parámetros estarán establecidos por defecto en función de la opción escogida por el programa.

A continuación, se establecen las características del propulsor:

- Relación de reducción:	Keep
- Ratio del área expandida:	Keep
- Diámetro del propulsor:	Keep
- Paso del propulsor:	Keep
- Diámetro máximo:	4300 mm
- Velocidad de diseño:	16 nudos
- Empuje:	Valor obtenido en resistencia
- Punto de diseño:	1
- Revoluciones del motor:	750 rpm
- Ligereza:	3%

Los parámetros de la hélice utilizados son los obtenidos en el cálculo de la estimación de potencia para la condición de navegación libre que a su vez también fueron utilizados para la estimación de la potencia en la condición de remolque. Por ello en las características del propulsor se utiliza la opción *keep* para que el programa mantenga fijos dichos valores.

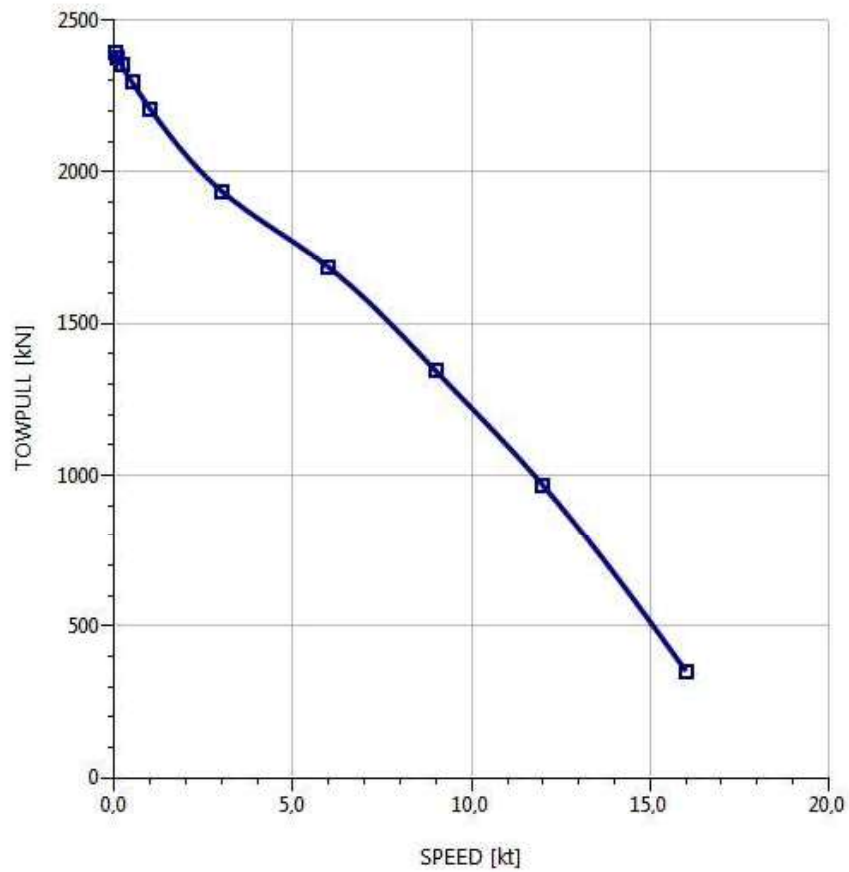


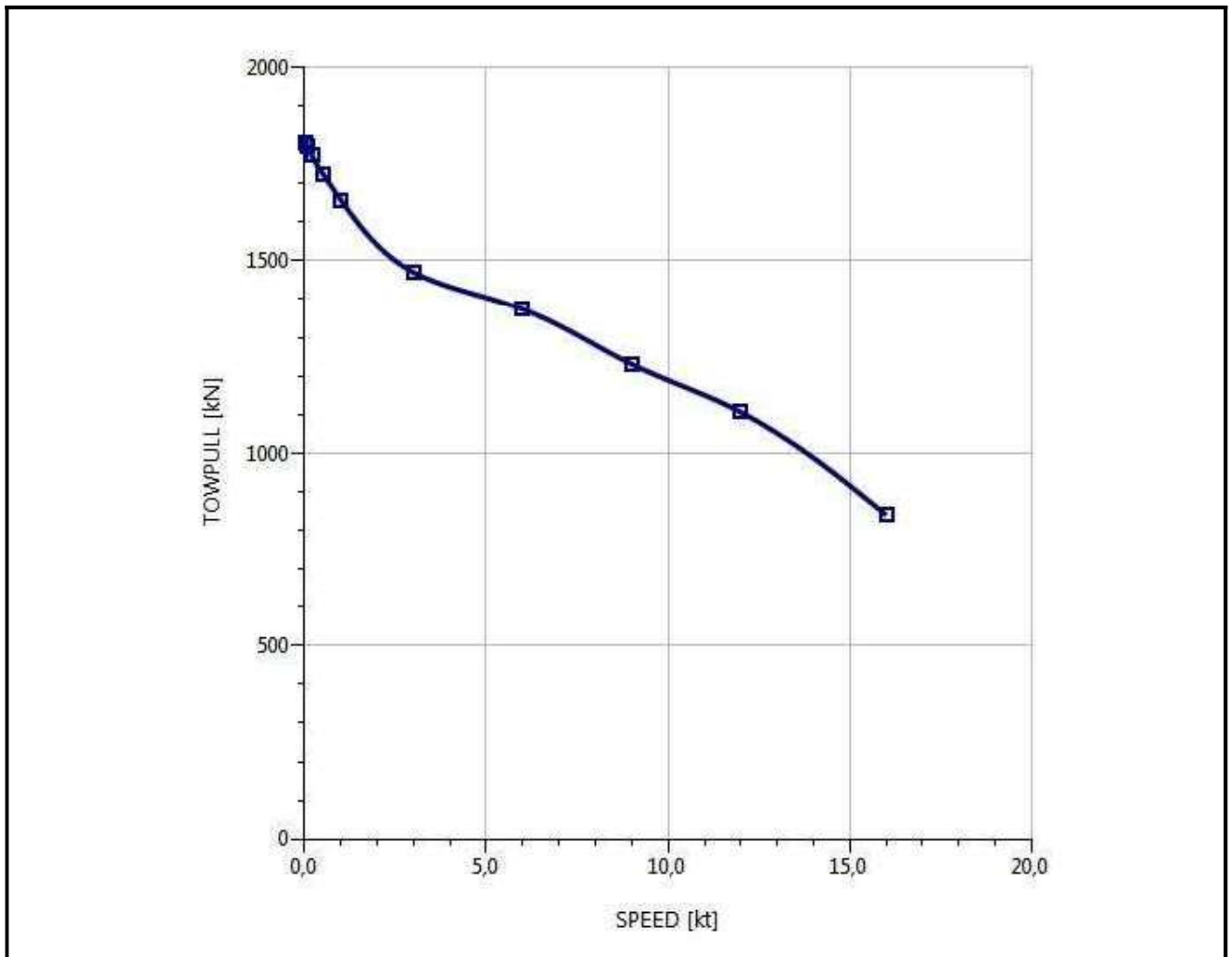
Figura 7.2

De la *Figura 7.2* se pueden sacar las toneladas de tracción a punto fijo, dividiendo el valor obtenido en [kN] del *Towpull* entre el valor de la gravedad.

$$\text{Tracción a punto fijo final} = \frac{2396,29 \text{ kN}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 244,27 \text{ TPF}$$

Para el cálculo de las toneladas de tracción a punto fijo mientras el motor utiliza combustible LNG (gas natural licuado) se utiliza la gráfica mostrada a continuación.

Predicted



Report

HydroComp

NavCad

Los resultados completos se muestran en el *Anexo IV*. Las toneladas de tracción a punto fijo serán, por tanto:

$$\text{Tracción a punto fijo con LNG} = \frac{1807,01 \text{ kN}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 184,2 \text{ TPF}$$

8.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROPULSOR

Con todos los datos obtenidos anteriormente, se pueden establecer unas medidas finales para el propulsor del buque proyecto.

Relación área desarrollo/área de disco $[A_D/A_0]$	0,65
Diámetro de la hélice	4300 mm
Paso de la hélice	5435,1 mm
Relación paso diámetro $[H/D]$	1,264
Inmersión de la hélice	4500 mm

Tabla 8-1

9.- CÁLCULO DE LOS TIMONES

Los timones serán los aparatos destinados a dotar al buque de la maniobrabilidad necesaria para cada situación. Ambos timones se instalarán a popa de las toberas.

Teniendo en cuenta los buques de referencia utilizados anteriormente, se optará por la instalación de timones suspendidos con un contorno rectangular, ya que son la opción más utilizada en buques remolcadores de altura.

Además, se instalarán dichos timones con un suplemento llamado *flap*. Este suplemento consta de una pala o aleta más pequeña con capacidad mayor de giro que los timones, situada en el extremo más a popa de los propios timones. Este suplemento ayudará en la maniobrabilidad del buque a bajas velocidades, ya que en la situación de carga de remolque las velocidades suelen ser bastante bajas.

Área y altura de los timones

- Según el *Proyecto Básico del Buque Mercante*, la formulación a seguir para el cálculo de los timones es la siguiente:
Se considerará el 1,25% del área de deriva para buques con dos líneas de ejes.

$$\text{Área del timón} = 1,25\% * L_{pp} * T = 1,25\% * 69,3 * 6,61 = 5,73 \text{ m}^2$$

- Según la sociedad de clasificación *Lloyd's Register*, el área de cada timón afecta a la fuerza ejercida al eje del timón que es importante para el diseño de la estructura, pero no ofrece fórmula para el cálculo del área, por lo que en este caso se utilizará la formulación de la sociedad de clasificación *DNV*:

$$\text{Área del timón} = 0,01 * L_{pp} * T * \frac{1 + 50 * C_b^2 * \left(\frac{B}{L_{pp}}\right)^2}{2}$$

$$\text{Área del timón} = 0,01 * 69,3 * 6,61 * \frac{1 + 50 * 0,633^2 * \left(\frac{17,5}{69,3}\right)^2}{2}$$

$$\text{Área del timón} = 5,22 \text{ m}^2$$

Se tomará el mayor valor entre ambas opciones para asegurar un margen de error a la hora de la formulación, por lo que el valor final del área de cada timón será:

$$\text{Área de cada timón} = 5,73 \text{ m}^2$$

A continuación, se procede al cálculo de la altura del timón, cuyo valor será superior al del diámetro del propulsor. Este valor se puede medir de forma aproximada en el perfil longitudinal a la altura de la cuaderna 0 pero desplazado de crujía.

$$\text{Altura de cada timón} = 4400 \text{ mm}$$

Con los dos datos calculados, se puede obtener el valor de la longitud de cada timón, cuyo valor será:

$$\text{Longitud de cada timón} = \frac{\text{Área del timón}}{\text{Altura del timón}} = \frac{5,73}{4,4} * 1000 = 1302 \text{ mm}$$

Perfil del timón

Para este buque proyecto, el perfil de timón escogido será el *NACA 20* con una anchura máxima del 20% de la cuerda o longitud de cada timón. La geometría de la pala vendrá dada por la longitud y altura calculadas anteriormente y por los factores del perfil *NACA 20* mostrados en la siguiente tabla. Multiplicando cada valor por su correspondiente sección tanto en el sentido de la semimanga (y) como en el sentido de la eslora (x), se obtendrán los valores del trazado del perfil:

Perfil NACA 20

Factor x	Factor y	x (mm)	y (mm)
0	0	0	0
0,125	0,316	15,55	39,31
0,250	0,436	31,10	54,24
0,500	0,592	62,20	73,64
0,750	0,700	93,30	87,08
1,000	0,780	124,40	97,03
1,500	0,891	186,60	110,84
2,000	0,956	248,80	118,93
2,500	0,990	311,00	123,16
3,000	1,000	373,20	124,40
4,000	0,967	497,60	120,29
5,000	0,882	622,00	109,72
6,000	0,760	746,40	94,54
7,000	0,611	870,80	76,01
8,000	0,437	995,20	54,36
9,000	0,241	1119,60	29,98
9,500	0,134	1181,80	16,67
10,000	0,021	1244,00	2,61

Tabla 9-1

A continuación, se procederá al cálculo de la situación del eje del timón. La opción escogida es instalar un timón de tipo compensado, ya que de este modo los esfuerzos a los que se somete el eje de giro son menores a igual área de timón.

Las características geométricas de este tipo de timones, limita el porcentaje del área del timón situada a proa del eje de giro, siendo dicho porcentaje un valor situado entre el 10 y el 20% del área total del timón.

De este modo si se sitúa el eje de giro a 20 cm a popa del borde de proa del timón, el porcentaje de timón compensado será:

$$\text{Área de timón compensado} = 0,2m * 4,4m = 0,92 \text{ m}^2$$

$$\text{Porcentaje de compensación} = \frac{0,92m^2}{5,73m^2} * 100 = 16,06\%$$

Dimensiones finales de los timones

Los datos obtenidos anteriormente sobre la dimensión de los timones, han de verificarse en el plano del codaste. Este procedimiento se realiza a través del software *Autocad (Anexo VI)*. Las dimensiones finales de lo timones son:

- Cuerda del timón (incluidos los flaps) 1500 mm
- Altura del timón 4400 mm
- Área de cada timón 6,60 m²
- Eje situado a 200 mm a popa del borde de proa
- Área de compensación 0,92 m²
- Porcentaje de compensación 16,06 %

10.- CÁLCULO DEL SERVOMOTOR

Cálculo de la fuerza

Para el cálculo de la potencia necesaria del servomotor, se utiliza como guía el reglamento de la sociedad de clasificación *Lloyd's Register* especificada en el RPA del proyecto. Según el Volume1, Part3, Ch3, Section 2, el cálculo del servomotor será:

$$F_R = 0,132 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 A_R V^2 \text{ kN}$$

Dónde:

- F_R = fuerza del timón en kN
- K_1 = coeficiente del área
- K_2 = coeficiente del perfil
- K_3 = coeficiente del ángulo del timón
- K_4 = coeficiente de la posición del timón
- K_5 = coeficiente de la velocidad
- A_R = área del timón
- V = velocidad máxima del buque entre 2

Cálculo de K_1

$$K_1 = \frac{\gamma+2}{3} \quad \text{siendo:} \quad \gamma = \frac{h_R^2}{A_R}$$

$$h_R = 4,6 \text{ metros}$$

$$A_R = 6,44 \text{ m}^2$$

$$\gamma = \frac{4,6^2}{6,44} = 3,285$$

$$K_1 = \frac{2+2}{3} = 1,33$$

Y debe ser menor o igual que 2 según la SSCC por lo que en la fórmula de K_1 se utilizará el valor 2 en vez del valor 3,285.

Cálculo de K_2

Design criteria (see Figure 3.2.2 Rudder profiles)	K_2 ahead condition	K_2 astern condition
Normal profile	1,0	0,97
Hollow profile	1,25	1,12
High lift profile	1,7	To be specifically considered
Symbols		
K_2 = rudder profile coefficient for use in Vol 1, Pt 3, Ch 3, 2.11 Rudder force, FR 2.11.1		
Note Where a rudder is behind a fixed nozzle, the value of K_2 , given above, is to be multiplied by 1,3.		

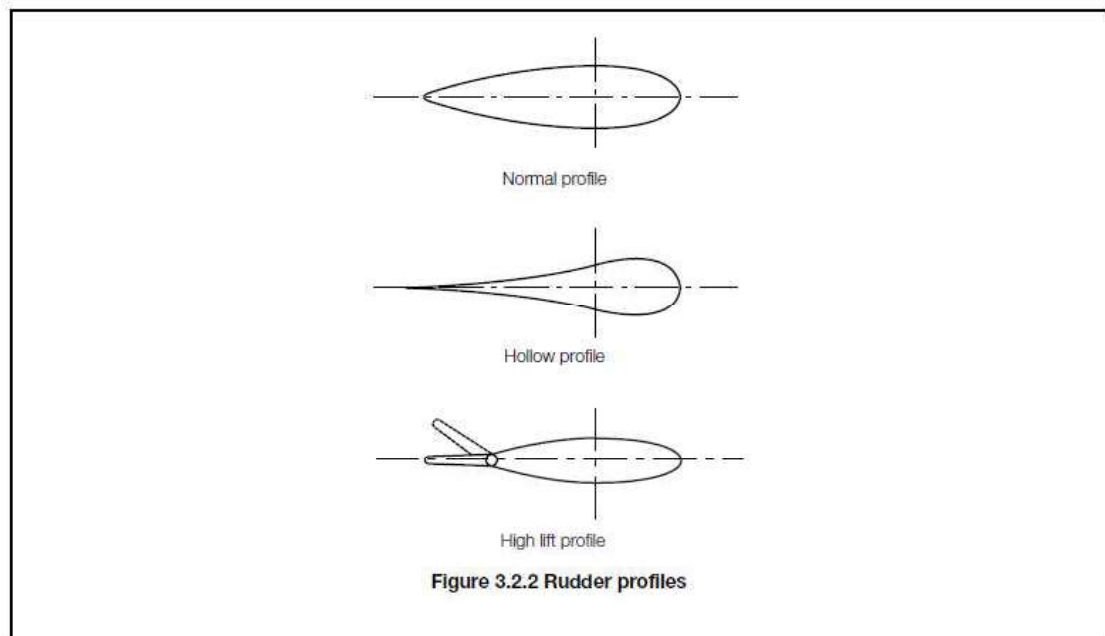


Figura 10.1

Este coeficiente dependerá del tipo de perfil que se haya escogido para el timón. En este caso se trata del *High lift profile*. Al estar el timón a popa de una tobera fija, el valor escogido deberá ser multiplicado por 1,3. Dicho coeficiente ha de ser calculado mediante consideración específica debido a su singularidad por lo que se seleccionará el coeficiente para *Hollow profile* en la condición a popa, y se multiplicará por 1,3.

El valor de K_2 será, por tanto:

$$K_2 = 1,12 * 1,3 = 1,456$$

Cálculo de K_3

El coeficiente K_3 depende del ángulo de giro permitido por el timón. Al ser un buque remolcador con una necesidad especialmente alta de buena maniobrabilidad, el ángulo de giro será de 45° por lo que el valor de K_3 será:

$$K_3 = 1,23$$

Rudder angle	2 x 35°	2 x 45°
K_3	1,0	1,23
Symbols		
K_3 = rudder coefficient. Intermediate values may be obtained by interpolation.		

Figura 10.2

Cálculo de K_4

El timón está situado a popa de los propulsores con tobera fija así que el valor de K_4 será:

$$K_4 = 1,15$$

Design criteria		K_4
Ahead condition	Rudder out of propeller slipstream	0,8
	Rudder in propeller slipstream	1,0
	Rudder behind fixed propeller nozzle	1,15
Symbols		
K_4 = rudder position coefficient for use in <i>Vol 1, Pt 3, Ch 3, 2.11 Rudder force, FR 2.11.1</i>		

Figura 10.3

Cálculo de K_5

Este coeficiente depende del número de Froude, el cual depende de la eslora entre perpendiculares y la velocidad máxima del buque proyecto dividida entre 2. En la fórmula utilizada en este reglamento, no se utiliza el valor de la gravedad.

Figura 10.4

$$\frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} = \frac{8}{\sqrt{69,3}} = 1,08 < 3$$

Design Criteria	K_5
Ships with $\frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} < 3,0$	1,00
Ships with $\frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} \geq 3,0$	$(1,12 - 0,005V)^3$
Symbols	
L_{WL} = as defined in Vol 1, Pt 3, Ch 1, 5.2 Principal particulars 5.2.1 V = as defined in Vol 1, Pt 3, Ch 3, 2.11 Rudder force, FR K_5 = rudder speed coefficient for use in Vol 1, Pt 3, Ch 3, 2.11 Rudder force, FR 2.11.1	

Al ser este valor menor que 3, el valor del coeficiente K_5 será:

$$K_5 = 1,00$$

Con todos los datos recopilados, se puede proceder al cálculo de la fuerza ejercida en los timones.

$$F_R = 0,132K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 A_R V^2$$

$$F_R = 0,132 * 1,33 * 1,456 * 1,23 * 1,15 * 1 * 6,44 * 9^2 = 149,4 \text{ kN}$$

Cálculo del par

Una vez calculada la fuerza ejercida en el timón, se procede al cálculo del par necesario para mover el timón en las diferentes condiciones.

$$Q_R = Q_1 + Q_2 \text{ kN} * m$$

$$Q_1 = F_{R1} * x_{PA1}$$

$$Q_2 = F_{R2} * x_{PA2}$$

$$F_{R1} = F_R * \frac{A_1}{A_R}$$

$$F_{R2} = F_R * \frac{A_2}{A_R}$$

$$x_{PA} = b_R(\alpha - k)$$

Al ser un timón colgante sólo se utiliza Q_2 para el cálculo del par.

$$k = \frac{A_2 f}{A_2} = \frac{0,92}{6,44} = 0,143$$

$$b_R = 1,4 \text{ metros}$$

$$\alpha = 0,66 \text{ (figura 10.5)}$$

$$x_{PA} = 1,4(0,66 - 0,143) = 0,724$$

$$Q_2 = Fr * 0,724 = 108,16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Condition	Behind fixed structure (see Note)	Not behind a fixed structure
Ahead	0,25	0,33
Astern	0,55	0,66
Note For rudder parts behind a fixed structure such as a rudder horn.		

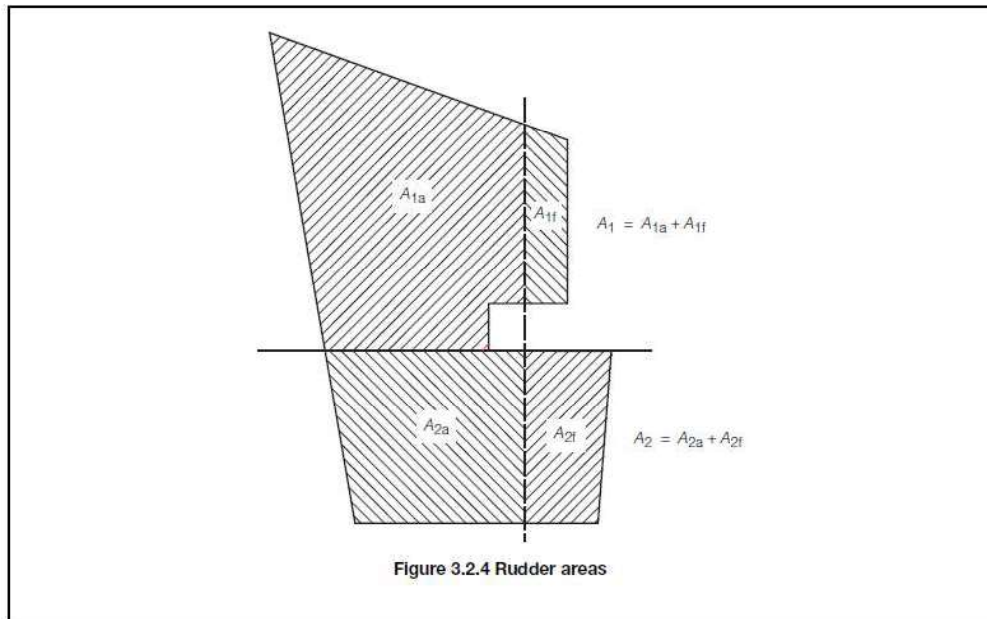


Figura 10.5

Por lo tanto, el par necesario para el dimensionamiento del servomotor será el valor hallado anteriormente multiplicado por los dos timones y añadiendo un 20% de margen de seguridad.

$$Par\ del\ servomotor = 2 * Qr * 1,20 = 259,6\ kN \cdot m$$

11.- DEFINICIÓN DEL CODASTE

El codaste fue definido en el *Cuaderno 3* aunque se volverá a recordar dicha definición en este apartado añadiendo las acotaciones pertinentes.

Number of blades	Hull clearances for twin screw, in metres, see Figure 3.4.4 Propeller clearance	
	e	f
3	1,20K dp	1,20K dp
4	1,00K dp	1,20K dp
5	0,85K dp	0,85K dp
6	0,75K dp	0,75K dp
Minimum value	3 and 4 blades, 0,20dp 5 and 6 blades, 0,16dp	0,15d
Symbols		
<p>L_R and C_B are as defined in Vol 1, Pt 3, Ch 1, 5.2 Principal particulars</p> $K = \left(0,1 + \frac{L_R}{3050} \right) \left(\frac{3,48C_B P_s}{L_R^2} + 0,3 \right)$ <p>t_R = thickness of rudder, in metres measured at 0,7Rp above the shaft centreline</p> <p>P_s = designed power on one shaft, in kW</p> <p>R_p = propeller radius, in metres</p> <p>dp = propeller diameter, in metres</p>		
<p>Note The above recommended minimum clearances also apply to semi-spade type rudders.</p>		

Figura 11.1

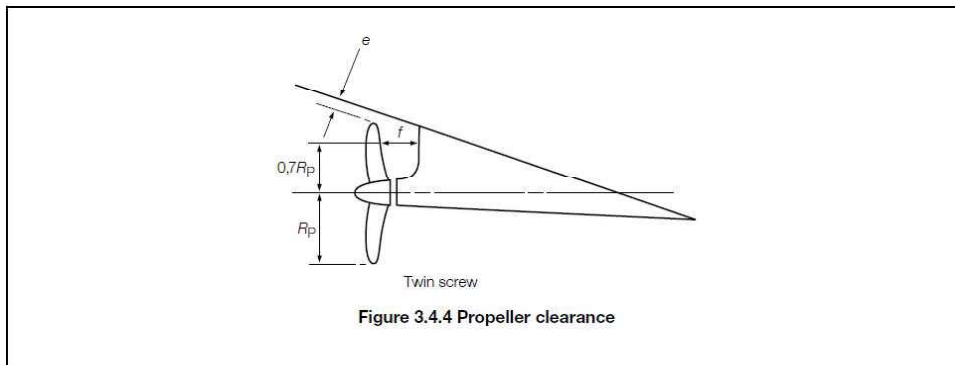


Figura 11.2

Según el Lloyd's Register:

El valor mínimo para “e” será $0,20 dp$ que en este caso tendrá un valor de:

$$e_{min} = 0,20dp = 0,20 * 4,3m = 0,86 m$$

$$e_{min} = 0,86 \text{ metros}$$

$$f = 2,494 \text{ metros}$$

El valor de “f” se ha de tomar a una distancia de $0,7 * Rp$ por encima del eje del propulsor.

$$0,7 * Rp = 0,7 * 2,125 \text{ metros} = 1,505 \text{ metros}$$

Para el buque proyecto las medidas son:

$$e = 0,868 \text{ metros} > 0,86 \text{ metros}$$

$$f = 6,877 \text{ metros} > 2,494 \text{ metros}$$

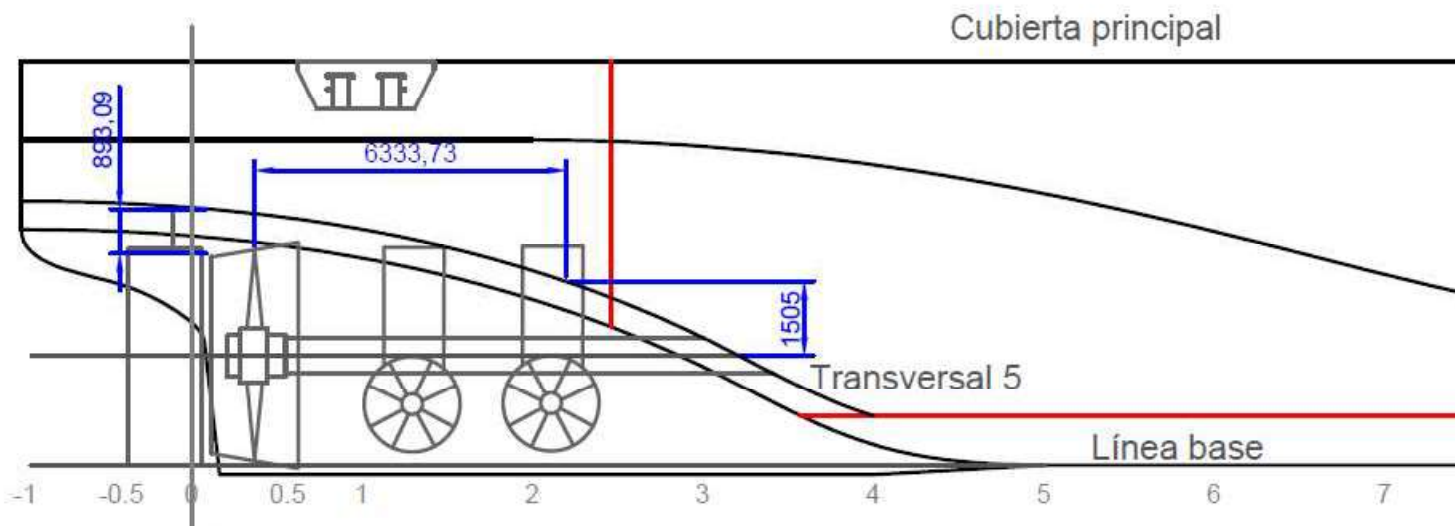
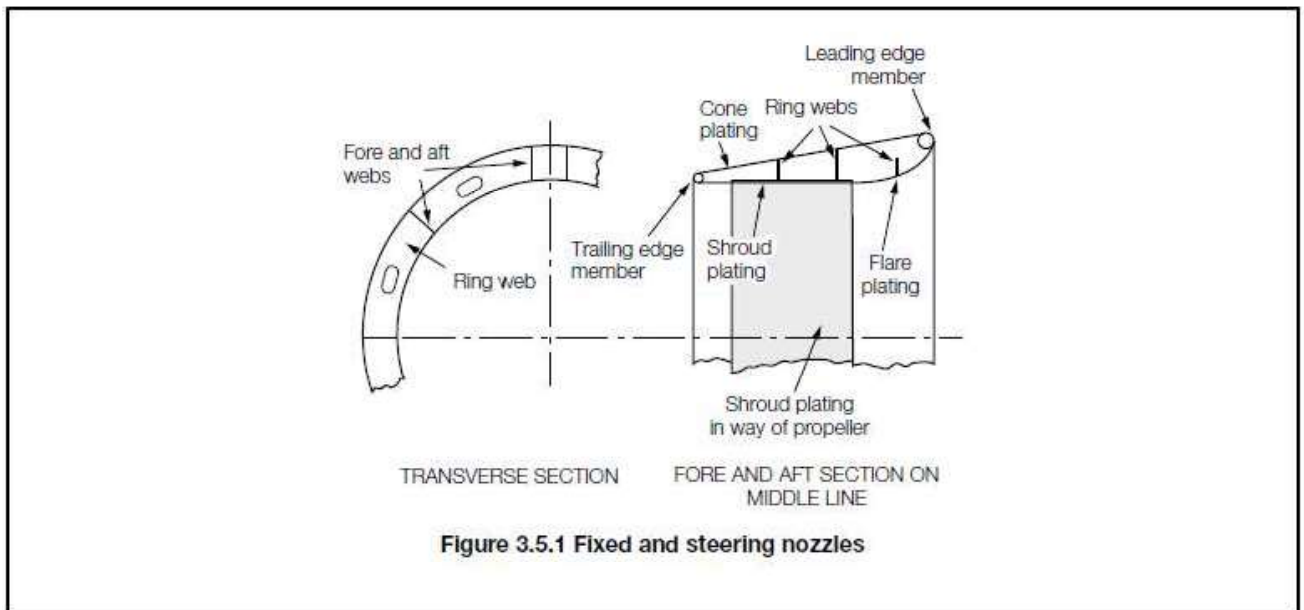


Figura 11.3

12.- CÁLCULO DE LAS TOBERAS

Para el cálculo de las toberas necesarias a instalar en los propulsores, se utilizará de nuevo el reglamento dado por la Sociedad de Clasificación *Lloyd's Register*. Para este caso en concreto se hará referencia al *Volume1, Part3, Chapter 3, Section 5*.

Cálculo de la estructura



N_N = a numeral dependent on the nozzle requirements.

P = power transmitted to the propellers, in kW

d_p = diameter of the propeller, in metres

t_s = thickness of shroud plating in way of propeller tips, in mm

t_p = thickness of plating, in mm

t_w = thickness of webs and ring webs in way of headbox and pintle support, in mm.

Note Thicknesses given are for carbon steel. Reductions in thickness will be considered for certain stainless steels.

Figura 12.1

Item	Requirement
(1) Nozzle Numeral	$N_N = 0,01P d_P$
(2) Shroud plating in way of propeller blade tips	For $N_N \leq 63$ $t_s = (11 + 0,1N_N)$ mm For $N_N > 63$ $t_s = (14 + 0,052N_N)$ mm
(3) Shroud plating clear of blade tips, flare and cone plating, wall thickness of leading and trailing edge members	$t_p = (t_s - 7)$ mm but not less than 8 mm
(4) Webs and ring webs	As item (3) except in way of headbox and pintle support where $t_w = (t_s + 4)$ mm
(5) Nozzle stock	Combined stresses in stock at lower bearing $\leq 92,7$ N/mm ² Torsional stress in upper stock $\leq 62,0$ N/mm ²
(6) Solepiece and strut	Bending stresses not to exceed 70,0 N/mm ²
Symbols	

Figura 12.2

Los parámetros iniciales para el comienzo del cálculo de las toberas son los mostrados en la *Figura 12.1* y *12.2*:

- Numeral de la tobera (*Nozzle Numeral*) N_N
- Potencia transmitida a la hélice [kW] P
- Diámetro del propulsor [m] d_P
- Espesor de la chapa de cubierta [mm] t_S
- Espesor de la chapa exterior [mm] t_P
- Espesor de los refuerzos anulares [mm] t_W

$$N_N = 0,01P * d_P = 0,01 * 9000 * 4,3 = 387$$

El numeral de la tobera tendrá un valor máximo de 100 por lo que $N_N = 100$

$$\text{Para } N_N > 63 \quad t_S = (14 + 0,52N_N)[mm] = 66 \text{ mm}$$

$$t_P = (t_S - 7)[mm] = 59 \text{ mm}$$

$$t_W = (t_S + 4)[mm] = 70 \text{ mm}$$

Los espesores de chapa de la tobera están calculados para una tobera hueca por dentro. Como se muestra en la *Figura 12.1* los espesores se dividen en la chapa de cubierta situada en la popa de la tobera y en su parte central interior con un espesor de 66 mm; la chapa exterior se extiende por el exterior de la tobera y en el borde de proa con un espesor de 59 mm; los tres refuerzos internos anulares a lo largo de toda la tobera con un espesor de 70 mm.

Cálculo de las dimensiones

Las dimensiones de las toberas se calculan a partir del libro *Ship Design for Efficiency & Economy* de los autores *H. Schneekluth* y *V. Bertram*.

En primer lugar, se procede al cálculo del diámetro interior de la tobera. Este diámetro depende del diámetro de la hélice añadiendo un “gap” entre el diámetro interior de la tobera y la hélice de un 2% como se recomienda en el libro mencionado. El diámetro interior de la tobera será, por tanto.

$$D_{int} = D_{hélice} * 1,02 = 4300 * 1,02 = 4386 \text{ mm}$$

A continuación, se ha de calcular la potencia máxima continua entregada a la hélice (PHP) la cuál, se corresponde a la potencia al freno (BHP) multiplicada por los rendimientos del eje y la caja reductora, instalados detrás. Los valores de estos rendimientos son los utilizados en la estimación de la potencia de los *Capítulos 4 y 5*. Los rendimientos son:

$$\text{Rendimiento del eje} = 0,98$$

$$\text{Rendimiento de la reductora} = 0,97$$

La potencia máxima continua entregada a la hélice se considera la potencia máxima entregada en la condición de remolque mostrada en el *Anexo IV* para cada línea de eje, por lo que se divide dicha potencia entre dos. La potencia máxima continua entregada es:

$$PHP = \frac{BHP}{2} * 0,98 * 0,97 = \frac{17229,5}{2} * 0,98 * 0,97 = 8189,2 \text{ kW}$$

El libro por el que se realiza el dimensionamiento de las toberas establece una distancia mínima (s) entre la separación de los refuerzos internos anulares de la tobera. Para conocer la distancia entre refuerzo primero se determina la longitud de la tobera a través del diámetro interior de la misma. En el software *Navcad* se ha dimensionado automáticamente la relación longitud/diámetro interior con un valor de $L/D = 0,5$.

$$L = \frac{L}{D} * D_{int} = 0,5 * 4386 = 2193 \text{ mm}$$

Conociendo la longitud de la tobera se pueden definir las separaciones entre los refuerzos anulares (s) la cual ha de ser mayor de 350 mm.

$$s = \frac{2193}{4} = 548 \text{ mm}$$

Para cumplir con la normativa de la sociedad de clasificación *Lloyd's Register*, las toberas han de contar con al menos dos apoyos a la estructura del buque como se muestra en el croquis del codaste presentado en el *Capítulo 11*.

Definición del perfil

La elección del tipo de perfil de la tobera a instalar viene dada por el dimensionamiento de los propulsores a través de la serie *Kaplan 19^a*. Es por ello que el perfil escogido para las toberas es el *Marine Nozzle 19^a* utilizado normalmente para ese tipo de propulsores.

La *Figura 12.3* muestra la tabla de ordenadas (Y) para el perfil escogido, así como el diámetro interior (Xi) y exterior (Xu) de la tobera en cada punto. Para el cálculo del perfil se tiene en cuenta la longitud de la tobera calculada anteriormente.

$$L = 2193 \text{ mm}$$

Se procede al cálculo del perfil de la tobera construyendo la tabla mostrada a continuación con los valores que caracterizan al perfil.

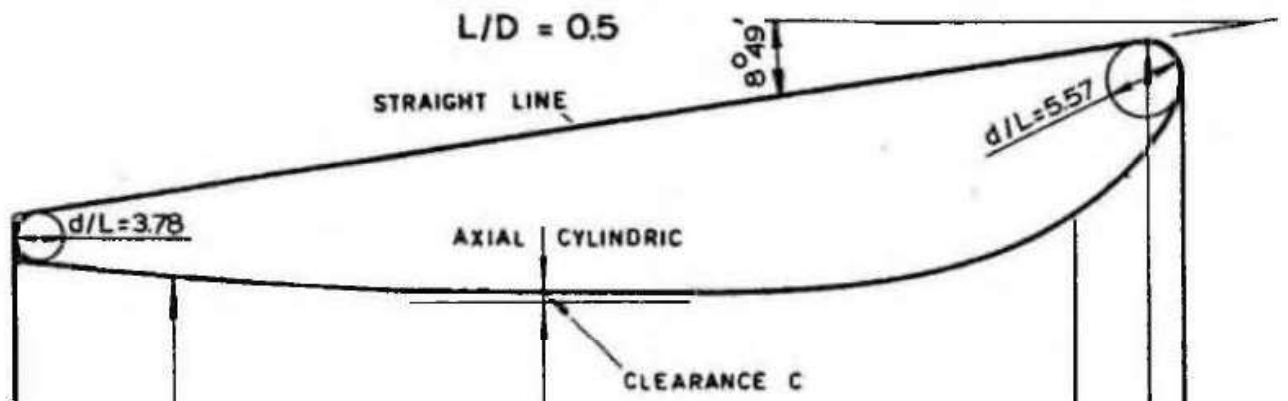
Figura 12.3

ORDINATES FOR NOZZLE PROFILE 19^a

Y/L	0	1.25	2.50	5.0	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95	100	
X _i /L	18.25	14.66	12.80	10.87	8.00	6.34	3.87	2.17	1.10	0.48	CIRCULAR CYLINDRIC			0.29	0.82	1.45	1.86	2.36	
X _u /L	—	20.72	21.07	20.80	STRAIGHT LINE														±6.36

Fig. 20 Profile of nozzle no. 19a

Figura 12.4



Y	0,0	27,41	54,83	109	164	219	329	439	548	658	877	1097	1316	1535	1754	1974	2083	2193	mm
Xi	400	321	281	238	175	117	85	48	24	11	0	0	0	6	18	32	41	52	mm
Xu		454	462	456	448	439	423	406	389	373	339	306	273	239	206	173	156	139	mm

Tabla 12-1

Los extremos del perfil de la tobera se calculan a partir de los diámetros en función de la longitud de la tobera mostrados en la *Figura 12.3*.

$$d_{popa} = 3,78 * \frac{L}{100} = 30,53 \text{ mm}$$

$$d_{proa} = 5,57 * \frac{L}{100} = 82,89 \text{ mm}$$

A partir de la cartilla de trazado y conociendo los diámetros de los extremos de proa y popa, se puede dibujar en el programa *Autocad* la forma del perfil de las toberas. El plano de la tobera se muestra en el *Anexo VII*.

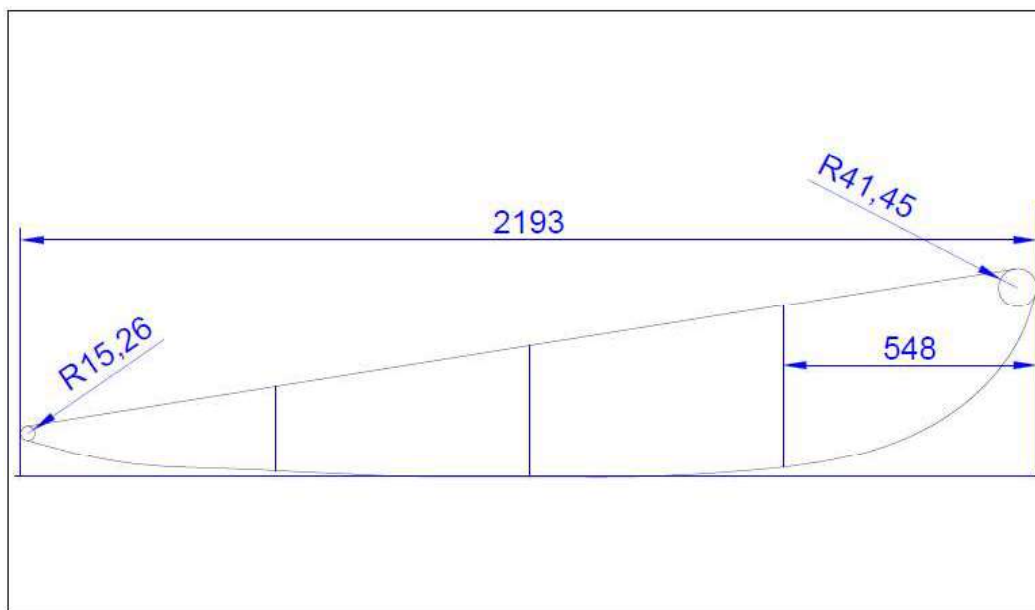


Figura 12.3

13.- ANEXO I. CÁLCULOS DE LA RESISTENCIA AL AVANCE

Método de Andersen

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:		[Calc] Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:		Andersen	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Standard	Towed:	[Calc] Hull drag only
Friction line:		ITTC-57	Margin:	[15%]
Hull form factor:			Water properties	
Speed corr:		[On] 1,326	Water type:	Salt
Spray drag corr:		[On]	Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		[Off]	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:		ITTC-78 (v2008)		
		[On] 0,15		

Prediction method check [Andersen]

Parameters	FN	CVOL	CB	LWL/BWL
	[design]			
Value	0,32	4,03	0,64	3,96*
Range	0,05·0,33	4,00·6,00	0,55·0,85	5,00·8,00

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
0,50	0,010	0,020	1,50e7	0,002800	1,326	0,000001	0,000000	0,000284	0,003998
2,00	0,039	0,079	6,00e7	0,002247	1,326	0,000001	0,000000	0,000583	0,003563
4,00	0,079	0,158	1,20e8	0,002030	1,326	0,000001	0,000000	0,000635	0,003327
6,00	0,118	0,238	1,80e8	0,001917	1,325	0,000001	0,000000	0,000642	0,003183
8,00	0,158	0,317	2,40e8	0,001843	1,322	0,000155	0,000000	0,000638	0,003228
10,00	0,197	0,396	3,00e8	0,001788	1,313	0,000497	0,000000	0,000631	0,003474
12,00	0,237	0,475	3,60e8	0,001745	1,295	0,001195	0,000000	0,000622	0,004077
14,00	0,276	0,554	4,20e8	0,001710	1,266	0,002808	0,000000	0,000613	0,005585
+ 16,00 +	0,316	0,634	4,80e8	0,001680	1,226	0,005754	0,000000	0,000604	0,008419
18,00	0,355	0,713	5,40e8	0,001655	1,182	0,007284	0,000000	0,000594	0,009835
	RESISTANCE								
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
0,50	0,21	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,25	
2,00	3,04	0,09	0,00	0,00	0,00	0,46	0,46	3,59	
4,00	11,35	0,34	0,00	0,00	0,00	1,70	1,70	13,39	
6,00	24,44	0,73	0,00	0,00	0,00	3,67	3,67	28,83	
8,00	44,06	1,32	0,00	0,00	0,00	6,61	6,61	51,99	
10,00	74,10	2,22	0,00	0,00	0,00	11,12	11,12	87,44	
12,00	125,23	3,76	0,00	0,00	0,00	18,78	18,78	147,77	
14,00	233,47	7,00	0,00	0,00	0,00	35,02	35,02	275,49	
+ 16,00 +	459,66	13,79	0,00	0,00	0,00	68,95	68,95	542,39	
18,00	679,59	20,39	0,00	0,00	0,00	101,94	101,94	801,92	

SPEED [kt]	EFFECTIVE POWER		OTHER		
	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W
0,50	0,1	0,1	0,00001	0,04274	0,00000
2,00	3,1	3,7	0,00001	0,03809	0,00006
4,00	23,4	27,6	0,00001	0,03556	0,00022
6,00	75,4	89,0	0,00001	0,03402	0,00048
8,00	181,3	214,0	0,00166	0,03451	0,00086
10,00	381,2	449,8	0,00531	0,03714	0,00145
12,00	773,1	912,2	0,01278	0,04359	0,00244
14,00	1681,5	1984,1	0,03001	0,05971	0,00456
+ 16,00 +	3783,5	4464,5	0,06152	0,09000	0,00897
18,00	6293,0	7425,7	0,07787	0,10514	0,01327

Hull data

General	Planing
Configuration: Monohull	Proj chine length: 0,000 m
Chine type: Round/multiple	Proj bottom area: 0,0 m2
Length on WL: 69,300 m	LCG fwd TR: [XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL: [LWL/BWL 3,960] 17,500 m	VCG below WL: 0,000 m
Max molded draft: [BWL/T 2,648] 6,610 m	Aft station (fwd TR): 0,000 m
Displacement: [CB 0,635] 5224,00 t	Deadrise: 0,00 deg
Wetted surface: [CS 2,645] 1570,9 m2	Chine beam: 0,000 m
	Chine ht below WL: 0,000 m
	Fwd station (fwd TR): 0,000 m
	Deadrise: 0,00 deg
	Chine beam: 0,000 m
	Chine ht below WL: 0,000 m
ITTC-78 (CT)	Propulsor type: Propeller
LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,520] 36,036 m	Max prop diameter: 4300,0 mm
LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,480] 33,264 m	Shaft angle to WL: 0,00 deg
Max section area: [CX 0,999] 115,6 m2	Position fwd TR: 0,000 m
Waterplane area: [CWP 0,763] 925,9 m2	Position below WL: 0,000 m
Bulb section area: 0,0 m2	Transom lift device: Flap
Bulb ctr below WL: 0,000 m	Device count: 0
Bulb nose fwd TR: 0,000 m	Span: 0,000 m
Imm transom area: [ATR/AX 0,000] 0,0 m2	Chord length: 0,000 m
Transom beam WL: [BTR/BWL 0,000] 0,000 m	
Transom immersion: [TTR/T 0,000] 0,000 m	Deflection angle: 0,00 deg
Half entrance angle: 27,66 deg	Tow point fwd TR: 0,000 m
Bow shape factor: [BTK flow] -1,0	Tow point below WL: 0,000 m
Stern shape factor: [WL flow] 1,0	

Método de Hamburg

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)		Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction		[Calc] Percentage	
Prediction:		Hamburg	EWB	[Off]	
Reference ship:	Series			[Off]	
Model LWL:				[Off]	
Expansion:				[Off]	
Friction line:				[Calc] Hull drag only [15%]	
Hull form factor:		Standard			
Speed corr:		ITTC-57			
Spray drag corr:	[On]	1,326			
Corr allowance:	[On]				
Roughness [mm]:	[Off]	ITTC-78 (v2008)			
		[On] 0,15			
				Water properties	
				Water	Salt
				type:	1026,00 kg/m3
				Density:	1,18920e-6 m2/s
				Viscosity:	

Prediction method check [Hamburg EWB Series]

Parameters	FN [design]	CVOL	CP	LWL/BWL	BWL/T	CX	CWP
Value	0,32*	4,03	0,64*	3,96	2,65	0,999	0,76*
Range	0,01-0,20	3,70-5,10	0,74-0,80	2,70-4,70	2,40-10,00	0,986-0,997	0,85-0,88

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
0,50	0,010	0,020	1,50e7	0,002800	1,326	0,001572	0,000000	0,000284	0,005568
2,00	0,039	0,079	6,00e7	0,002247	1,326	0,001154	0,000000	0,000583	0,004716
4,00	0,079	0,158	1,20e8	0,002030	1,326	0,001010	0,000000	0,000635	0,004335
6,00	0,118	0,238	1,80e8	0,001917	1,325	0,000953	0,000000	0,000642	0,004135
8,00	0,158	0,317	2,40e8	0,001843	1,322	0,000947	0,000000	0,000638	0,004020
10,00	0,197	0,396	3,00e8	0,001788	1,313	0,001041	0,000000	0,000631	0,004019
12,00	0,237	0,475	3,60e8	0,001745	1,295	0,001286	0,000000	0,000622	0,004168
14,00	0,276	0,554	4,20e8	0,001710	1,266	0,001723	0,000000	0,000613	0,004500
+ 16,00 +	0,316	0,634	4,80e8	0,001680	1,226	0,002391	0,000000	0,000604	0,005055
18,00	0,355	0,713	5,40e8	0,001655	1,182	0,003330	0,000000	0,000594	0,005881
RESISTANCE									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
0,50	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,35	
2,00	4,02	0,12	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	4,75	
4,00	14,79	0,44	0,00	0,00	0,00	2,22	2,22	17,46	
6,00	31,75	0,95	0,00	0,00	0,00	4,76	4,76	37,46	
8,00	54,87	1,65	0,00	0,00	0,00	8,23	8,23	64,75	
10,00	85,72	2,57	0,00	0,00	0,00	12,86	12,86	101,15	
12,00	128,00	3,84	0,00	0,00	0,00	19,20	19,20	151,04	
14,00	188,12	5,64	0,00	0,00	0,00	28,22	28,22	221,98	
+ 16,00 +	276,02	8,28	0,00	0,00	0,00	41,40	41,40	325,70	
18,00	406,36	12,19	0,00	0,00	0,00	60,95	60,95	479,51	

SPEED [kt]	EFFECTIVE POWER		OTHER		
	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W
0,50	0,1	0,1	0,01680	0,05953	0,00001
2,00	4,1	4,9	0,01234	0,05042	0,00008
4,00	30,4	35,9	0,01080	0,04635	0,00029
6,00	98,0	115,6	0,01019	0,04420	0,00062
8,00	225,8	266,5	0,01012	0,04298	0,00107
10,00	441,0	520,4	0,01113	0,04297	0,00167
12,00	790,2	932,4	0,01374	0,04455	0,00250
14,00	1354,9	1598,8	0,01842	0,04811	0,00367
+ 16,00 +	2271,9	2680,9	0,02556	0,05404	0,00539
18,00	3762,9	4440,3	0,03560	0,06287	0,00793

Hull data

General	Planing
Configuration: Monohull	Proj chine length: 0,000 m
Chine type: Round/multiple	Proj bottom area: 0,0 m2
Length on WL: 69,300 m	LCG fwd TR: [XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL: [LWL/BWL 3,960] 17,500 m	VCG below WL: 0,000 m
Max molded draft: [BWL/T 2,648] 6,610 m	Aft station (fwd TR): 0,000 m
Displacement: [CB 0,635] 5224,00 t	Deadrise: 0,00 deg
Wetted surface: [CS 2,645] 1570,9 m2	Chine beam: 0,000 m
	Chine ht below WL: 0,000 m
	Fwd station (fwd TR): 0,000 m
	Deadrise: 0,00 deg
	Chine beam: 0,000 m
	Chine ht below WL: 0,000 m
ITTC-78 (CT)	Propulsor type: Propeller
LCB fwd TR: [XCB/LWL 0,520] 36,036 m	Max prop diameter: 4300,0 mm
LCF fwd TR: [XCF/LWL 0,480] 33,264 m	Shaft angle to WL: 0,00 deg
Max section area: [CX 0,999] 115,6 m2	Position fwd TR: 0,000 m
Waterplane area: [CWP 0,763] 925,9 m2	Position below WL: 0,000 m
Bulb section area: 0,0 m2	Transom lift device: Flap
Bulb ctr below WL: 0,000 m	Device count: 0
Bulb nose fwd TR: 0,000 m	Span: 0,000 m
Imm transom area: [ATR/AX 0,000] 0,0 m2	Chord length: 0,000 m
Transom beam WL: [BTR/BWL 0,000] 0,000 m	
Transom immersion: [TTR/T 0,000] 0,000 m	Deflection angle: 0,00 deg
Half entrance angle: 27,66 deg	Tow point fwd TR: 0,000 m
Bow shape factor: [BTK flow] -1,0	Tow point below WL: 0,000 m
Stern shape factor: [WL flow] 1,0	

Método Holtrop

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:			Towed:	[Off]
Friction line:		Standard	Margin:	[Calc] Hull drag only [15%]
Hull form factor:		ITTC-57	Water properties	
Speed corr:	[On]	1,326	Water type:	Salt
Spray drag corr:	[On]		Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:	[Off]		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:		ITTC-78 (v2008)		
	[On]	0,15		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,32	0,64	3,96	2,65	0,80
Range	0,06·0,40	0,55·0,85	3,90·14,90	2,10·4,00	0,01·0,94

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
0,50	0,010	0,020	1,50e7	0,002800	1,326	0,000132	0,000000	0,000284	0,004129
2,00	0,039	0,079	6,00e7	0,002247	1,326	0,000097	0,000000	0,000583	0,003659
4,00	0,079	0,158	1,20e8	0,002030	1,326	0,000085	0,000000	0,000635	0,003410
6,00	0,118	0,238	1,80e8	0,001917	1,325	0,000074	0,000000	0,000642	0,003256
8,00	0,158	0,317	2,40e8	0,001843	1,322	0,000071	0,000000	0,000638	0,003145
10,00	0,197	0,396	3,00e8	0,001788	1,313	0,000237	0,000000	0,000631	0,003215
12,00	0,237	0,475	3,60e8	0,001745	1,295	0,000903	0,000000	0,000622	0,003785
14,00	0,276	0,554	4,20e8	0,001710	1,266	0,002508	0,000000	0,000613	0,005286
+ 16,00 +	0,316	0,634	4,80e8	0,001680	1,226	0,005197	0,000000	0,000604	0,007862
18,00	0,355	0,713	5,40e8	0,001655	1,182	0,007019	0,000000	0,000594	0,009569
	RESISTANCE								
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
0,50	0,22	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,26	
2,00	3,12	0,09	0,00	0,00	0,00	0,47	0,47	3,68	
4,00	11,64	0,35	0,00	0,00	0,00	1,75	1,75	13,73	
6,00	25,00	0,75	0,00	0,00	0,00	3,75	3,75	29,50	
8,00	42,92	1,29	0,00	0,00	0,00	6,44	6,44	50,65	
10,00	68,58	2,06	0,00	0,00	0,00	10,29	10,29	80,92	
12,00	116,24	3,49	0,00	0,00	0,00	17,44	17,44	137,16	
14,00	220,96	6,63	0,00	0,00	0,00	33,14	33,14	260,73	
+ 16,00 +	429,25	12,88	0,00	0,00	0,00	64,39	64,39	506,51	
18,00	661,25	19,84	0,00	0,00	0,00	99,19	99,19	780,28	
	EFFECTIVE POWER		OTHER						
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				

0,50	0,1	0,1	0,00141	0,04414	0,00000
2,00	3,2	3,8	0,00104	0,03912	0,00006
4,00	23,9	28,3	0,00090	0,03646	0,00023
6,00	77,2	91,1	0,00079	0,03481	0,00049
8,00	176,7	208,5	0,00076	0,03362	0,00084
10,00	352,8	416,3	0,00254	0,03437	0,00134
12,00	717,6	846,7	0,00965	0,04046	0,00227
14,00	1591,4	1877,9	0,02682	0,05651	0,00431
+ 16,00 +	3533,2	4169,2	0,05556	0,08405	0,00838
18,00	6123,2	7225,4	0,07503	0,10230	0,01291

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,0 m2
Length on WL:	69,300 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,960] 17,500 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,648] 6,610 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,635] 5224,00 t	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,645] 1570,9 m2	Chine beam:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,520] 36,036 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,480] 33,264 m	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,999] 115,6 m2	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,763] 925,9 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	0,0 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Max prop diameter:	4300,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	Transom lift device:	Flap
Half entrance angle:	27,66 deg	Device count:	0
Bow shape factor:	[BTK flow] -1,0	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0	Chord length:	0,000 m
		Deflection angle:	0,00 deg
		Tow point fwd TR:	0,000 m
		Tow point below WL:	0,000 m

Método Oortmerssen

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc] Prediction		Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:	Oortmerssen		Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:			Towed:	[Calc] Hull drag only [15%]
Friction line:	Standard		Margin:	
Hull form factor:	ITTC-57		Water properties	
Speed corr:	[On] 1,326		Water type:	Salt
Spray drag corr:	[On]		Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:	[Off]		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:	ITTC-78 (v2008)			
	[On] 0,15			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	XCB/LWL	IE	CX
Value	0,32	0,64	3,96	2,65	0,520	27,7	1,00
Range	0,05-0,50	0,51-0,69	3,50-6,30	1,90-3,40	0,467-0,537	10,0-38,0	0,73-0,97

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
0,50	0,010	0,020	1,50e7	0,002800	1,326	0,000001	0,000000	0,000284	0,003998
2,00	0,039	0,079	6,00e7	0,002247	1,326	0,000001	0,000000	0,000583	0,003563
4,00	0,079	0,158	1,20e8	0,002030	1,326	0,000001	0,000000	0,000635	0,003327
6,00	0,118	0,238	1,80e8	0,001917	1,325	0,000001	0,000000	0,000642	0,003183
8,00	0,158	0,317	2,40e8	0,001843	1,322	0,000723	0,000000	0,000638	0,003797
10,00	0,197	0,396	3,00e8	0,001788	1,313	0,001071	0,000000	0,000631	0,004049
12,00	0,237	0,475	3,60e8	0,001745	1,295	0,001502	0,000000	0,000622	0,004384
14,00	0,276	0,554	4,20e8	0,001710	1,266	0,003396	0,000000	0,000613	0,006173
+ 16,00 +	0,316	0,634	4,80e8	0,001680	1,226	0,004990	0,000000	0,000604	0,007654
18,00	0,355	0,713	5,40e8	0,001655	1,182	0,009998	0,000000	0,000594	0,012548
	RESISTANCE								
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
0,50	0,21	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,25	
2,00	3,04	0,09	0,00	0,00	0,00	0,46	0,46	3,59	
4,00	11,35	0,34	0,00	0,00	0,00	1,70	1,70	13,39	
6,00	24,44	0,73	0,00	0,00	0,00	3,67	3,67	28,83	
8,00	51,82	1,55	0,00	0,00	0,00	7,77	7,77	61,15	
10,00	86,35	2,59	0,00	0,00	0,00	12,95	12,95	101,89	
12,00	134,65	4,04	0,00	0,00	0,00	20,20	20,20	158,89	
14,00	258,05	7,74	0,00	0,00	0,00	38,71	38,71	304,50	
+ 16,00 +	417,91	12,54	0,00	0,00	0,00	62,69	62,69	493,13	
18,00	867,11	26,01	0,00	0,00	0,00	130,07	130,07	1023,19	
	EFFECTIVE POWER		OTHER						

SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBAREW
0,50	0,1	0,1	0,00001	0,04274	0,00000
2,00	3,1	3,7	0,00001	0,03809	0,00006
4,00	23,4	27,6	0,00001	0,03556	0,00022
6,00	75,4	89,0	0,00001	0,03402	0,00048
8,00	213,3	251,7	0,00773	0,04059	0,00101
10,00	444,2	524,2	0,01145	0,04328	0,00169
12,00	831,2	980,9	0,01606	0,04687	0,00263
14,00	1858,5	2193,0	0,03630	0,06599	0,00504
+ 16,00 +	3439,8	4059,0	0,05334	0,08183	0,00816
18,00	8029,4	9474,7	0,10688	0,13415	0,01693

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,0 m2
Length on WL:	69,300 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,960] 17,500 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,648] 6,610 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,635] 5224,00 t	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,645] 1570,9 m2	Chine beam:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,520] 36,036 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,480] 33,264 m	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,999] 115,6 m2	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,763] 925,9 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	0,0 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Max prop diameter:	4300,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	Transom lift device:	Flap
Half entrance angle:	27,66 deg	Device count:	0
Bow shape factor:	[BTK flow] -1,0	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0	Chord length:	0,000 m
		Deflection angle:	0,00 deg
		Tow point fwd TR:	0,000 m
		Tow point below WL:	0,000 m

14.- ANEXO II. CÁLCULO DE LA POTENCIA EN AGUAS LIBRES

Hélice de 3 palas

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	4300,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		Water properties	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:			
Tunnel stern corr:			
Effective diam:	[On]		
Recess depth:	[Off]		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,32	0,64	3,96	2,65
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 [L/h]	PBPROP [RPM]	FUEL [kW]	LOADENG [%]
0,50	0,1	0,0753	0,1311	0,9593	19	0,1	---	0,0
2,00	4,4	0,0753	0,1311	0,9593	76	5,3	---	0,1
4,00	34,3	0,0746	0,1311	0,9593	151	42,3	---	0,5
6,00	108,5	0,0740	0,1311	0,9593	225	137,8	---	1,6
8,00	239,9	0,0736	0,1311	0,9593	298	314,7	---	3,7
10,00	451,0	0,0733	0,1311	0,9593	372	602,8	---	7,1
12,00	809,3	0,0731	0,1311	0,9593	448	1063,0	---	12,5
14,00	1488,9	0,0730	0,1311	0,9593	531	1833,2	---	21,6
+ 16,00 +	2785,0	0,0728	0,1311	0,9593	623	3148,4	---	37,0
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
0,50	4	0,20	0,04	0,1	0,1	0,2	0,2	---
2,00	14	3,23	0,61	5,1	5,2	10,4	10,7	---
4,00	29	12,83	2,44	40,2	41,0	82,0	84,6	---
6,00	43	28,05	5,33	131,0	133,7	267,3	275,6	573,8
8,00	57	48,37	9,19	299,1	305,3	610,5	629,4	335,0
10,00	71	74,38	14,13	573,0	584,7	1169,4	1205,6	218,6
12,00	85	108,88	20,68	1010,5	1031,1	2062,2	2126,0	148,8
14,00	101	158,42	30,09	1742,6	1778,2	3556,4	3666,4	100,6
+ 16,00 +	118	231,52	43,97	2992,9	3053,9	6107,9	6296,8	67,0

SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST		
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]	
0,50	0,4736	0,9700	0,4184	0,1997	0,15	0,26	
2,00	0,4773	0,9700	0,4216	0,20306	2,44	4,24	
4,00	0,4731	0,9700	0,4176	0,19922	9,58	16,65	
6,00	0,4600	0,9700	0,4058	0,18751	20,22	35,15	
8,00	0,4456	0,9700	0,3929	0,17533	33,54	58,28	
10,00	0,4375	0,9700	0,3857	0,16888	50,45	87,67	
12,00	0,4453	0,9700	0,3924	0,17509	75,43	131,09	
14,00	0,4751	0,9700	0,4187	0,20106	118,96	206,73	
+ 16,00 +	0,5175	0,9700	0,4560	0,24512	194,69	338,35	

Prediction results [Propulsor]

SPEED [kt]	PROPULSOR COEFS								
	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
0,50	0,9253	0,1195	0,03717	0,13962	0,046915	0,35553	0,78249	1,09e6	-0,0458
2,00	0,9234	0,1212	0,03734	0,14219	0,047417	0,36208	0,79085	4,37e6	-0,0449
4,00	0,9256	0,1193	0,03715	0,13926	0,046845	0,35462	0,78132	8,73e6	-0,0459
6,00	0,9322	0,1134	0,03657	0,13049	0,045145	0,33229	0,75297	1,30e7	-0,0489
8,00	0,9390	0,1072	0,03596	0,12162	0,043444	0,3097	0,72459	1,73e7	-0,0520
10,00	0,9425	0,1040	0,03564	0,11702	0,042568	0,29799	0,70997	2,15e7	-0,0537
12,00	0,9391	0,1071	0,03595	0,12145	0,043411	0,30926	0,72404	2,59e7	-0,0521
14,00	0,9245	0,1202	0,03724	0,14066	0,047118	0,35819	0,78588	3,06e7	-0,0454
+ 16,00 +	0,8992	0,1425	0,03940	0,1762	0,054186	0,44868	0,90375	3,59e7	-0,0341

SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
0,50	4992,56	4274,72	750,96	0,81	0,038	0,02	2,0	2,0	4305,7
2,00	312,04	266,07	46,77	3,24	0,040	0,26	2,0	2,0	4302,4
4,00	77,89	66,73	11,72	6,46	0,046	1,01	2,0	2,0	4306,1
6,00	34,58	30,04	5,27	9,63	0,054	2,14	2,0	2,0	4317,4
8,00	19,43	17,13	3,00	12,76	0,065	3,55	2,0	2,0	4329,0
10,00	12,43	11,04	1,93	15,89	0,079	5,34	2,0	2,0	4335,1
12,00	8,63	7,61	1,33	19,14	0,099	7,99	2,0	2,0	4329,3
14,00	6,34	5,42	0,95	22,69	0,136	12,60	2,0	2,0	4304,4
+ 16,00 +	4,85	3,92	0,69	26,66	0,200	20,63	2,0	2,0	4260,4

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,0 m2
Length on WL:	69,300 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,960] 17,500 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,648] 6,610 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,635] 5224,00 t	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,645] 1570,9 m2	Chine beam:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,520] 36,036 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,480] 33,264 m	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,999] 115,6 m2	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,763] 925,9 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	0,0 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Max prop diameter:	4300,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	Transom lift device:	Flap
Half entrance angle:	27,66 deg	Device count:	0
Bow shape factor:	[BTK flow] -1,0	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0	Chord length:	0,000 m
		Deflection angle:	0,00 deg
		Tow point fwd TR:	0,000 m
		Tow point below WL:	0,000 m

Hélice de 4 palas

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	4300,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		Water properties	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:			
Tunnel stern corr:			
Effective diam:	[On]		
Recess depth:	[Off]		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,32	0,64	3,96	2,65
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 [L/h]	PBPROP [RPM]	FUEL [kW]	LOADENG [%]
0,50	0,1	0,0753	0,1311	0,9593	19	0,1	---	0,0
2,00	4,4	0,0753	0,1311	0,9593	76	5,5	---	0,1
4,00	34,3	0,0746	0,1311	0,9593	151	43,8	---	0,5
6,00	108,5	0,0740	0,1311	0,9593	225	142,8	---	1,7
8,00	239,9	0,0736	0,1311	0,9593	298	326,7	---	3,8
10,00	451,0	0,0733	0,1311	0,9593	372	626,2	---	7,4
12,00	809,3	0,0731	0,1311	0,9593	448	1103,4	---	13,0
14,00	1488,9	0,0730	0,1311	0,9593	530	1897,2	---	22,3
+ 16,00 +	2785,0	0,0728	0,1311	0,9593	623	3243,1	---	38,2
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
0,50	4	0,21	0,04	0,1	0,1	0,2	0,2	---
2,00	14	3,35	0,64	5,3	5,4	10,7	11,0	---
4,00	29	13,28	2,52	41,6	42,5	84,9	87,5	---
6,00	43	29,08	5,52	135,8	138,5	277,1	285,6	553,6
8,00	57	50,21	9,54	310,5	316,9	633,7	653,3	322,7
10,00	71	77,26	14,68	595,2	607,4	1214,8	1252,3	210,4
12,00	85	113,03	21,47	1048,9	1070,3	2140,6	2206,8	143,3
14,00	101	164,04	31,16	1803,5	1840,3	3680,5	3794,4	97,2
+ 16,00 +	118	238,78	45,35	3082,9	3145,8	6291,7	6486,3	65,0
EFFICIENCY				THRUST				
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
0,50	0,4576	0,9700	0,4043	0,19297	0,15	0,26		
2,00	0,4613	0,9700	0,4075	0,19626	2,44	4,24		
4,00	0,4571	0,9700	0,4035	0,19247	9,58	16,65		
6,00	0,4438	0,9700	0,3915	0,1809	20,22	35,15		
8,00	0,4292	0,9700	0,3785	0,16891	33,54	58,28		
10,00	0,4212	0,9700	0,3713	0,16257	50,45	87,67		
12,00	0,4289	0,9700	0,3781	0,16868	75,43	131,09		
14,00	0,4591	0,9700	0,4045	0,19428	118,96	206,73		
+ 16,00 +	0,5024	0,9700	0,4426	0,23796	194,69	338,35		

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
0,50	0,9258	0,1197	0,03853	0,13965	0,048566	0,35561	0,81002	8,81e5	-0,0466
2,00	0,9239	0,1214	0,03870	0,14219	0,049061	0,36208	0,81828	3,53e6	-0,0458
4,00	0,9260	0,1194	0,03851	0,13926	0,048491	0,35462	0,80876	7,05e6	-0,0468
6,00	0,9324	0,1135	0,03794	0,13049	0,046794	0,33229	0,78046	1,05e7	-0,0496
8,00	0,9390	0,1072	0,03734	0,12162	0,045094	0,3097	0,75212	1,39e7	-0,0526
10,00	0,9425	0,1040	0,03702	0,11702	0,04422	0,29799	0,73753	1,74e7	-0,0542
12,00	0,9392	0,1071	0,03733	0,12145	0,045062	0,30926	0,75157	2,09e7	-0,0527
14,00	0,9250	0,1204	0,03860	0,14066	0,048763	0,35819	0,81331	2,47e7	-0,0463
+ 16,00 +	0,9004	0,1428	0,04074	0,1762	0,055816	0,44868	0,93095	2,89e7	-0,0354

CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
0,50	4992,56	4278,81	751,57	0,81	0,038	0,01	2,0	2,0	4307,8
2,00	312,04	266,37	46,82	3,24	0,041	0,24	2,0	2,0	4304,8
4,00	77,89	66,80	11,73	6,46	0,047	0,94	2,0	2,0	4308,3
6,00	34,58	30,06	5,27	9,63	0,057	1,99	2,0	2,0	4318,7
8,00	19,43	17,14	3,00	12,76	0,069	3,30	2,0	2,0	4329,5
10,00	12,43	11,04	1,93	15,89	0,084	4,96	2,0	2,0	4335,1
12,00	8,63	7,61	1,33	19,14	0,108	7,42	2,0	2,0	4329,7
14,00	6,34	5,42	0,95	22,68	0,149	11,70	2,0	2,0	4306,6
+ 16,00 +	4,85	3,93	0,70	26,63	0,222	19,15	2,0	2,0	4265,8

Hull data

General	Planing
Configuration: Monohull	Proj chine length: 0,000 m
Chine type: Round/multiple	Proj bottom area: 0,0 m2
Length on WL: 69,300 m	LCG fwd TR: [XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL: [LWL/BWL 3,960] 17,500 m	VCG below WL: 0,000 m
Max molded draft: [BWL/T 2,648] 6,610 m	Aft station (fwd TR): 0,000 m
Displacement: [CB 0,635] 5224,00 t	Deadrise: 0,00 deg
Wetted surface: [CS 2,645] 1570,9 m2	Chine beam: 0,000 m
	Chine ht below WL: 0,000 m
	Fwd station (fwd TR): 0,000 m
	Deadrise: 0,00 deg
	Chine beam: 0,000 m
	Chine ht below WL: 0,000 m
	Propulsor type: Propeller
	Max prop diameter: 4300,0 mm
	Shaft angle to WL: 0,00 deg
	Position fwd TR: 0,000 m
	Position below WL: 0,000 m
	Transom lift device: Flap
	Device count: 0
	Span: 0,000 m
	Chord length: 0,000 m
	Deflection angle: 0,00 deg
	Tow point fwd TR: 0,000 m
	Tow point below WL: 0,000 m

Hélice de 5 palas

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	4300,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		Water properties	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:			
Tunnel stern corr:			
Effective diam:	[On]		
Recess depth:	[Off]		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,32	0,64	3,96	2,65
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 [L/h]	PBPROP [RPM]	FUEL [kW]	LOADENG [%]
0,50	0,1	0,0753	0,1311	0,9593	19	0,1	---	0,0
2,00	4,4	0,0753	0,1311	0,9593	76	5,6	---	0,1
4,00	34,3	0,0746	0,1311	0,9593	151	44,2	---	0,5
6,00	108,5	0,0740	0,1311	0,9593	225	144,3	---	1,7
8,00	239,9	0,0736	0,1311	0,9593	298	330,6	---	3,9
10,00	451,0	0,0733	0,1311	0,9593	371	634,2	---	7,5
12,00	809,3	0,0731	0,1311	0,9593	447	1116,7	---	13,1
14,00	1488,9	0,0730	0,1311	0,9593	529	1914,4	---	22,5
+ 16,00 +	2785,0	0,0728	0,1311	0,9593	621	3258,3	---	38,3
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
0,50	4	0,21	0,04	0,1	0,1	0,2	0,2	---
2,00	14	3,38	0,64	5,3	5,4	10,8	11,1	---
4,00	29	13,43	2,55	42,0	42,9	85,7	88,4	---
6,00	43	29,44	5,59	137,2	140,0	280,0	288,7	547,8
8,00	57	50,89	9,67	314,2	320,7	641,3	661,1	318,9
10,00	70	78,36	14,88	602,8	615,2	1230,3	1268,4	207,8
12,00	85	114,56	21,76	1061,5	1083,2	2166,3	2233,3	141,6
14,00	101	165,85	31,50	1819,8	1856,9	3713,9	3828,7	96,4
+ 16,00 +	118	240,58	45,69	3097,4	3160,6	6321,2	6516,7	64,7
EFFICIENCY				THRUST				

SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]
0,50	0,4538	0,9700	0,4009	0,19148	0,15	0,26
2,00	0,4573	0,9700	0,4040	0,19461	2,44	4,25
4,00	0,4529	0,9700	0,3998	0,19073	9,58	16,65
6,00	0,4392	0,9700	0,3875	0,17903	20,23	35,15
8,00	0,4242	0,9700	0,3740	0,16691	33,54	58,28
10,00	0,4159	0,9700	0,3666	0,16052	50,45	87,67
12,00	0,4239	0,9700	0,3736	0,16667	75,43	131,09
14,00	0,4550	0,9700	0,4009	0,19254	118,96	206,73
+ 16,00 +	0,5001	0,9700	0,4406	0,23685	194,69	338,35

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
0,50	0,9274	0,1203	0,03913	0,13985	0,049052	0,35613	0,81813	7,03e5	-0,0479
2,00	0,9258	0,1219	0,03928	0,14224	0,049505	0,36221	0,82568	2,82e6	-0,0472
4,00	0,9278	0,1199	0,03909	0,13928	0,048944	0,35468	0,81633	5,63e6	-0,0481
6,00	0,9340	0,1139	0,03854	0,1305	0,04729	0,33231	0,78874	8,40e6	-0,0508
8,00	0,9404	0,1076	0,03796	0,12162	0,045636	0,30971	0,76115	1,11e7	-0,0537
10,00	0,9438	0,1042	0,03765	0,11702	0,044785	0,29799	0,74695	1,39e7	-0,0552
12,00	0,9406	0,1074	0,03794	0,12145	0,045603	0,30927	0,76061	1,67e7	-0,0538
14,00	0,9269	0,1208	0,03918	0,14066	0,049205	0,35819	0,82068	1,98e7	-0,0477
+ 16,00 +	0,9029	0,1436	0,04128	0,1762	0,056078	0,44868	0,93531	2,31e7	-0,0372
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
0,50	4992,56	4294,21	753,87	0,81	0,038	0,01	2,0	2,0	4316,0
2,00	312,04	267,42	46,97	3,23	0,041	0,24	2,0	2,0	4313,4
4,00	77,89	67,05	11,77	6,45	0,048	0,94	2,0	2,0	4316,6
6,00	34,58	30,16	5,28	9,61	0,059	1,99	2,0	2,0	4326,1
8,00	19,43	17,19	3,00	12,74	0,072	3,30	2,0	2,0	4335,9
10,00	12,43	11,07	1,93	15,87	0,090	4,96	2,0	2,0	4340,9
12,00	8,63	7,63	1,33	19,11	0,116	7,42	2,0	2,0	4336,1
14,00	6,34	5,44	0,96	22,63	0,163	11,70	2,0	2,0	4315,1
+ 16,00 +	4,85	3,95	0,70	26,55	0,243	19,15	2,0	2,0	4277,8

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	<i>Proj chine length:</i>	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	<i>Proj bottom area:</i>	0,0 m2
Length on WL:	69,300 m	<i>LCG fwd TR:</i>	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,960] 17,500 m	<i>VCG below WL:</i>	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,648] 6,610 m	<i>Aft station (fwd TR):</i>	0,000 m
Displacement:	[CB 0,635] 5224,00 t	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,645] 1570,9 m2	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
ITTC-78 (CT)		<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,520] 36,036 m	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,480] 33,264 m	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,999] 115,6 m2	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,763] 925,9 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
Bulb section area:	0,0 m2	<i>Propulsor type:</i>	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	<i>Max prop diameter:</i>	4300,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	<i>Shaft angle to WL:</i>	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	<i>Position fwd TR:</i>	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	<i>Position below WL:</i>	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	<i>Transom lift device:</i>	Flap
Half entrance angle:	27,66 deg	<i>Device count:</i>	0
Bow shape factor:	[BTK flow] -1,0	<i>Span:</i>	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0	<i>Chord length:</i>	0,000 m
		<i>Deflection angle:</i>	0,00 deg
		<i>Tow point fwd TR:</i>	0,000 m
		<i>Tow point below WL:</i>	0,000 m

15.- ANEXO III. CÁLCULO DE LA POTENCIA EN REMOLQUE

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Towing
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	4300,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		Water properties	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:			
Tunnel stern corr:			
Effective diam:	[On]		
Recess depth:	[Off]		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,00*	0,64	3,96	2,65
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 [%]
+ 0,01 +	0,1	0,0663	0,1188	0,9705	750	7778,1	---	0,0
0,10	4,4	0,0663	0,1188	0,9705	750	7777,2	---	0,0
0,20	34,3	0,0663	0,1188	0,9705	750	7776,0	---	0,0
0,50	108,5	0,0663	0,1188	0,9705	750	7770,8	---	0,0
1,00	239,9	0,0663	0,1188	0,9705	750	7757,1	---	0,0
3,00	451,0	0,0660	0,1188	0,9705	750	7637,9	---	0,0
6,00	0,0	0,0650	0,1188	0,9705	750	7258,6	---	0,0
9,00	0,0	0,0645	0,1188	0,9705	750	6616,7	---	0,0
12,00	0,0	0,0641	0,1188	0,9705	750	5673,1	---	0,0
16,00	0,0	0,0638	0,1188	0,9705	750	3848,4	---	0,0
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
+ 0,01 +	114	601,28	114,21	7393,9	7544,8	15089,6	15556,3	0,0
0,10	114	601,21	114,19	7393,1	7543,9	15087,9	15554,5	0,0
0,20	114	601,12	114,17	7391,9	7542,7	15085,5	15552,0	0,0
0,50	114	600,71	114,10	7387,0	7537,7	15075,4	15541,7	0,0
1,00	114	599,65	113,90	7373,9	7524,4	15048,7	15514,2	0,0
3,00	114	590,44	112,15	7260,6	7408,8	14817,5	15275,8	0,0
6,00	114	561,12	106,58	6900,1	7040,9	14081,8	14517,3	0,0
9,00	114	511,50	97,15	6289,9	6418,2	12836,5	13233,5	0,0
12,00	114	438,55	83,30	5392,8	5502,9	11005,7	11346,1	0,0
16,00	114	297,50	56,51	3658,3	3733,0	7465,9	7696,8	0,0

SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST			
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]	TOWPULL [kN]	
+ 0,01 +	0,0009	0,9700	0,0008	1,553	1357,54	2392,55	2392,29	
0,10	0,0090	0,9700	0,0081	1,5417	1350,83	2380,71	2376,47	
0,20	0,0180	0,9700	0,0161	1,5292	1343,40	2367,62	2350,98	
0,50	0,0443	0,9700	0,0397	1,4927	1321,36	2328,77	2293,63	
1,00	0,0863	0,9700	0,0774	1,4346	1285,33	2265,29	2207,00	
3,00	0,2350	0,9700	0,2109	1,2309	1148,64	2024,38	1936,71	
6,00	0,4120	0,9700	0,3694	0,9836	956,10	1685,04	1685,04	
9,00	0,5409	0,9700	0,4846	0,76814	762,27	1343,44	1343,44	
12,00	0,6054	0,9700	0,5422	0,54673	548,42	966,54	966,54	
16,00	0,4333	0,9700	0,3879	0,177	199,63	351,83	351,83	

Prediction results [Propulsor]

SPEED [kt]	PROPULSOR COEFS								
	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
+ 0,01 +	0,0005	0,5868	0,05198	2293800	401740000	5841200	6623300000	4,36e7	0,3048
0,10	0,0051	0,5839	0,05198	22825	401700	58123	6622500	4,36e7	0,3020
0,20	0,0101	0,5807	0,05197	5674,9	50204	14451	827680	4,36e7	0,2990
0,50	0,0253	0,5712	0,05193	893,08	3210,9	2274,2	52936	4,36e7	0,2899
1,00	0,0506	0,5556	0,05184	217,18	400,65	553,05	6605,3	4,36e7	0,2749
3,00	0,1518	0,4965	0,05104	21,553	14,598	54,884	240,68	4,37e7	0,2188
6,00	0,3039	0,4133	0,04851	4,4754	1,7286	11,396	28,499	4,40e7	0,1467
9,00	0,4561	0,3295	0,04422	1,584	0,46611	4,0337	7,6844	4,44e7	0,0888
12,00	0,6083	0,2371	0,03791	0,64058	0,16841	1,6312	2,7764	4,51e7	0,0386
16,00	0,8114	0,0863	0,02572	0,13107	0,048145	0,33377	0,79374	4,61e7	-0,0341
SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
+ 0,01 +	13517515,85	3,46	0,72	29,84	0,459	51,12	7,8	7,8	3057,3
0,10	135175,16	3,46	0,72	29,84	0,458	51,10	7,8	7,8	3061,2
0,20	33793,79	3,46	0,72	29,84	0,458	51,07	7,8	7,8	3065,5
0,50	5407,01	3,46	0,71	29,84	0,456	50,99	7,8	7,8	3078,9
1,00	1351,75	3,46	0,71	29,84	0,454	50,87	7,7	7,7	3102,8
3,00	150,11	3,46	0,71	29,84	0,443	50,35	7,5	7,5	3216,0
6,00	37,45	3,46	0,70	29,84	0,419	48,32	6,5	6,5	3434,6
9,00	16,62	3,46	0,69	29,84	0,376	43,63	4,6	4,6	3698,4
12,00	9,34	3,46	0,66	29,84	0,312	35,97	2,5	2,5	3987,8
16,00	5,25	3,46	0,63	29,84	0,156	15,64	2,0	2,0	4371,2

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,0 m2
Length on WL:	69,300 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,960] 17,500 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,648] 6,610 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,635] 5224,00 t	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,645] 1570,9 m2	Chine beam:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,520] 36,036 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,480] 33,264 m	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,999] 115,6 m2	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,763] 925,9 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	0,0 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Max prop diameter:	4300,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	Transom lift device:	Flap
Half entrance angle:	27,66 deg	Device count:	0
Bow shape factor:	[BTK flow] -1,0	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0	Chord length:	0,000 m
		Deflection angle:	0,00 deg
		Tow point fwd TR:	0,000 m
		Tow point below WL:	0,000 m

Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	2	Oblique angle corr:	Off
Propulsor type:	Propeller series	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Propeller type:	FPP	Added rise of run:	0,00 deg
Propeller series:	Kaplan 19A	Propeller cup:	0,0 mm
Propeller sizing:	By thrust	KTKQ corrections:	Standard
Reference prop:		Scale correction:	Full ITTC
Blade count:	3	KT multiplier:	1,000
Expanded area ratio:	0,6500	KQ multiplier:	1,000
Propeller diameter:	4300,0 mm	Blade T/C [0.7R]:	Standard
Propeller mean pitch:	[P/D 1,0870] 5435,1 mm	Roughness:	Standard
Hub immersion:	4500,0 mm	Cav breakdown:	Off
		Nozzle L/D:	Standard
Engine/gear		Design condition	
Engine data:	Untitled Engine	Max prop diam:	4300,0 mm
Rated RPM:	750 RPM	Design speed:	0,01 kt
Rated power:	0,0 kW	Reference power:	16000,0 kW
Gear efficiency:	0,970	Design point:	1,000
Load correction:	Off	Reference RPM:	750,0
Gear ratio:	5,265	Design point:	1,030
Shaft efficiency:	0,980		

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
 PETOTAL = Total vessel effective power
 WFT = Taylor wake fraction coefficient
 THD = Thrust deduction coefficient EFR
 = 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
 EFO = Propulsor open-water efficiency
 EFG = Gear efficiency (load corrected)
 EFOA = 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 KTN
 = Nozzle thrust coefficient
 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

16.- ANEXO IV. RESULTADOS DE PROPULSIÓN DE NAVEGACIÓN + REMOLQUE

En este anexo se presentan los resultados de la simulación en *Navcad* del Capítulo 7, en el cuál se introduce la curva del motor real y se realiza la simulación de la navegación en la condición de remolque, tanto con la curva de potencia del motor utilizando combustible Diésel como el combustible opcional, el gas natural licuado, que dará una potencia ligeramente inferior a altas revoluciones.

Motor con combustible Diésel

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction	System analysis
Technique: [Calc] Prediction Prediction: Holtrop Reference ship: Max prop diam: 4300,0 mm	Cavitation criteria: Keller eqn Analysis type: Towing CPP method: Engine RPM: Mass multiplier: RPM constraint: Limit [RPM/s]:
Corrections	Water properties
Viscous scale corr: [Off] Rudder location: Friction line: Hull form factor: Corr allowance: Roughness [mm]: Ducted prop corr: Tunnel stern corr: Effective diam: [On] Recess depth: [Off]	Water type: Salt Density: 1026,00 kg/m3 Viscosity: 1,18920e-6 m2/s

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,32	0,64	3,96	2,65
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 [%]
0,01	0,1	0,0753	0,1311	0,9593	750	8614,8	---	95,7
0,10	4,4	0,0753	0,1311	0,9593	750	8613,2	---	95,7
0,20	34,3	0,0753	0,1311	0,9593	750	8611,4	---	95,7
0,50	108,5	0,0753	0,1311	0,9593	750	8604,7	---	95,6
1,00	239,9	0,0753	0,1311	0,9593	750	8589,8	---	95,4
3,00	451,0	0,0750	0,1311	0,9593	750	8484,3	---	94,3
6,00	0,0	0,0740	0,1311	0,9593	750	8181,8	---	90,9
9,00	0,0	0,0735	0,1311	0,9593	750	7690,9	---	85,5
12,00	0,0	0,0731	0,1311	0,9593	750	6983,7	---	77,6
+ 16,00 +	0,0	0,0728	0,1311	0,9593	710	5635,9	---	62,6
POWER DELIVERY								

SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	
0,01	135	556,29	105,66	8189,2	8356,3	16712,6	17229,5	0,0	
0,10	135	556,19	105,64	8187,7	8354,8	16709,7	17226,5	0,0	
0,20	135	556,07	105,62	8186,0	8353,0	16706,1	17222,7	0,0	
0,50	135	555,63	105,54	8179,6	8346,5	16693,0	17209,3	0,0	
1,00	135	554,68	105,35	8165,5	8332,1	16664,2	17179,6	0,0	
3,00	135	547,86	104,06	8065,2	8229,8	16459,5	16968,6	0,0	
6,00	135	528,33	100,35	7777,7	7936,4	15872,8	16363,7	0,0	
9,00	135	496,63	94,33	7311,0	7460,2	14920,3	15381,8	0,0	
12,00	135	450,97	85,66	6638,7	6774,2	13548,4	13967,5	0,0	
+ 16,00 +	135	363,93	69,12	5357,5	5466,9	10933,7	11271,9	0,0	
EFFICIENCY					THRUST				
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]	TOWPULL [kN]		
0,01	0,0008	0,9700	0,0007	1,5407	1297,19	2396,75	2396,29		
0,10	0,0078	0,9700	0,0069	1,5304	1291,26	2385,71	2381,47		
0,20	0,0156	0,9700	0,0138	1,5191	1284,71	2372,62	2355,98		
0,50	0,0384	0,9700	0,0339	1,486	1265,28	2331,77	2296,63		
1,00	0,0749	0,9700	0,0662	1,433	1233,63	2270,29	2213,00		
3,00	0,2057	0,9700	0,1817	1,2467	1115,01	2029,38	1941,71		
6,00	0,3655	0,9700	0,3224	1,0233	954,12	1695,04	1695,04		
9,00	0,4907	0,9700	0,4327	0,83943	802,30	1363,44	1363,44		
12,00	0,5807	0,9700	0,5118	0,66841	646,32	986,54	986,54		
+ 16,00 +	0,6073	0,9700	0,5350	0,41689	308,96	381,83	381,83		

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
0,01	0,0005	0,7321	0,07301	3021400	612170000	7694000	10210000000	3,82e7	0,3798
0,10	0,0049	0,7287	0,07300	30076	612060	76588	10208000	3,82e7	0,3770
0,20	0,0098	0,7250	0,07298	7480,9	76491	19050	1275800	3,82e7	0,3739
0,50	0,0246	0,7140	0,07292	1178,8	4891,6	3001,9	81586	3,82e7	0,3645
1,00	0,0492	0,6962	0,07280	287,34	610,4	731,7	10181	3,82e7	0,3489
3,00	0,1477	0,6292	0,07190	28,84	22,31	73,44	372,11	3,83e7	0,2882
6,00	0,2957	0,5384	0,06934	6,1562	2,6806	15,677	44,709	3,85e7	0,2060
9,00	0,4439	0,4528	0,06518	2,2981	0,74534	5,8521	12,431	3,88e7	0,1379
12,00	0,5920	0,3647	0,05919	1,0406	0,28521	2,6499	4,7569	3,94e7	0,0816
+ 16,00 +	0,7897	0,2308	0,04776	0,37012	0,096998	0,94249	1,6178	4,03e7	0,0107
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
0,01	12481402,88	3,02	0,63	30,36	0,612	66,12	19,6	19,6	2936,5
0,10	124814,03	3,02	0,63	30,36	0,611	66,02	19,6	19,6	2939,4
0,20	31203,51	3,02	0,63	30,36	0,610	65,92	19,5	19,5	2942,6
0,50	4992,56	3,02	0,63	30,36	0,607	65,62	19,3	19,3	2952,6
1,00	1248,14	3,02	0,63	30,36	0,602	65,19	18,9	18,9	2970,5
3,00	138,60	3,02	0,62	30,36	0,586	64,02	18,0	18,0	3057,6
6,00	34,58	3,02	0,61	30,36	0,564	62,40	16,6	16,6	3232,5
9,00	15,35	3,02	0,60	30,36	0,529	59,11	14,1	14,1	3452,4
12,00	8,63	3,02	0,58	30,36	0,472	53,15	10,3	10,3	3704,7
+ 16,00 +	4,85	3,02	0,55	30,36	0,368	41,31	4,7	4,7	4064,0

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	Proj chine length:	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	Proj bottom area:	0,0 m2
Length on WL:	69,300 m	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,960] 17,500 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,648] 6,610 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	[CB 0,635] 5224,00 t	Deadrise:	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,645] 1570,9 m2	Chine beam:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Chine ht below WL:	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,520] 36,036 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,480] 33,264 m	Deadrise:	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,999] 115,6 m2	Chine beam:	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,763] 925,9 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Bulb section area:	0,0 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Max prop diameter:	4300,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	Transom lift device:	Flap
Half entrance angle:	27,66 deg	Device count:	0
Bow shape factor:	[BTK flow] -1,0	Span:	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0	Chord length:	0,000 m
		Deflection angle:	0,00 deg
		Tow point fwd TR:	0,000 m
		Tow point below WL:	0,000 m

Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	2	Oblique angle corr:	Off
Propulsor type:	Propeller series	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Propeller type:	FPP	Added rise of run:	0,00 deg
Propeller series:	Kaplan 19A	Propeller cup:	0,0 mm
Propeller sizing:	By power	KTKQ corrections:	Standard
Reference prop:		Scale correction:	Full ITTC
Blade count:	3	KT multiplier:	1,000
Expanded area ratio:	0,6500	KQ multiplier:	1,000
Propeller diameter:	4300,0 mm	Blade T/C [0.7R]:	Standard
Propeller mean pitch:	[P/D 1,2640] 5435,1 mm	Roughness:	Standard
Hub immersion:	4500,0 mm	Cav breakdown:	Off
		Nozzle L/D:	Standard
Engine/gear		Design condition	
Engine data:	wartsila fuel	Max prop diam:	4300,0 mm
Rated RPM:	750 RPM	Design speed:	16,00 kt
Rated power:	9000,0 kW	Reference power:	9000,0 kW
Gear efficiency:	0,970	Design point:	1,000
Load correction:	Off	Reference RPM:	750,0
Gear ratio:	5,265	Design point:	1,030
Shaft efficiency:	0,980		

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
 PETOTAL = Total vessel effective power
 WFT = Taylor wake fraction coefficient
 THD = Thrust deduction coefficient
 EFR = 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
 RMPROP = 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
 EFO = Propulsor open-water efficiency
 EFG = Gear efficiency (load corrected)
 EFOA = 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 KTN
 = Nozzle thrust coefficient
 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

Motor con combustible LNG

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Towing
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	4300,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		Water properties	
Hull form factor:		Water type:	Salt
Corr allowance:		Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:			
Tunnel stern corr:			
Effective diam:	[On]		
Recess depth:	[Off]		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,32	0,64	3,96	2,65
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 [%]
0,01	0,1	0,0753	0,1311	0,9574	655	6347,5	---	88,2
0,10	4,4	0,0753	0,1311	0,9574	655	6348,1	---	88,2
0,20	34,3	0,0753	0,1311	0,9574	656	6348,8	---	88,2
0,50	108,5	0,0753	0,1311	0,9574	656	6351,4	---	88,2
1,00	239,9	0,0753	0,1311	0,9574	656	6357,1	---	88,3
3,00	451,0	0,0750	0,1311	0,9574	661	6397,3	---	88,9
6,00	0,0	0,0740	0,1311	0,9574	674	6512,7	---	90,5
9,00	0,0	0,0735	0,1311	0,9574	694	6698,4	---	93,0
12,00	0,0	0,0731	0,1311	0,9574	723	6951,7	---	96,6
+ 16,00 +	0,0	0,0728	0,1311	0,9574	750	6590,4	---	91,5
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
0,01	124	443,16	84,17	6033,9	6157,1	12314,1	12695,0	0,0
0,10	124	443,16	84,17	6034,5	6157,6	12315,3	12696,2	0,0
0,20	125	443,15	84,17	6035,2	6158,3	12316,7	12697,6	0,0
0,50	125	443,14	84,17	6037,6	6160,9	12321,7	12702,8	0,0
1,00	125	443,10	84,16	6043,1	6166,4	12332,8	12714,2	0,0
3,00	126	442,86	84,12	6081,3	6205,4	12410,8	12794,6	0,0
6,00	128	442,26	84,00	6190,9	6317,3	12634,6	13025,3	0,0
9,00	132	441,45	83,85	6367,5	6497,4	12994,9	13396,8	0,0
12,00	137	440,20	83,61	6608,2	6743,1	13486,2	13903,3	0,0
+ 16,00 +	142	402,07	76,37	6264,9	6392,7	12785,4	13180,8	0,0

SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST			
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]	TOWPULL [kN]	
0,01	0,0009	0,9700	0,0008	1,5397	1039,93	1807,27	1807,01	
0,10	0,0085	0,9700	0,0075	1,5284	1034,89	1798,50	1794,26	
0,20	0,0169	0,9700	0,0149	1,516	1029,34	1788,87	1772,22	
0,50	0,0417	0,9700	0,0368	1,4795	1013,07	1760,58	1725,44	
1,00	0,0812	0,9700	0,0716	1,4218	987,11	1715,48	1657,19	
3,00	0,2198	0,9700	0,1937	1,2225	896,32	1557,69	1470,02	
6,00	0,3812	0,9700	0,3356	0,99467	790,55	1373,88	1373,88	
9,00	0,4983	0,9700	0,4385	0,81996	708,19	1230,74	1230,74	
12,00	0,5756	0,9700	0,5063	0,67321	636,50	1106,16	1106,16	
+ 16,00 +	0,6146	0,9700	0,5404	0,4694	483,00	839,39	839,39	

Prediction results [Propulsor]

SPEED [kt]	PROPULSOR COEFS								
	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
0,01	0,0005	0,7568	0,07678	2538900	471850000	6465400	7885600000	3,36e7	0,3914
0,10	0,0055	0,7529	0,07677	25266	471900	64340	7886300	3,36e7	0,3883
0,20	0,0109	0,7487	0,07675	6282,7	58994	15999	985900	3,36e7	0,3848
0,50	0,0273	0,7362	0,07667	989,34	3777,2	2519,3	63124	3,36e7	0,3744
1,00	0,0545	0,7159	0,07652	241	472,57	613,7	7897,5	3,37e7	0,3571
3,00	0,1624	0,6412	0,07544	24,301	17,598	61,881	294,09	3,40e7	0,2903
6,00	0,3191	0,5443	0,07249	5,3466	2,2321	13,615	37,303	3,49e7	0,2033
9,00	0,4647	0,4592	0,06815	2,1263	0,67908	5,4146	11,349	3,63e7	0,1365
12,00	0,5956	0,3810	0,06274	1,0742	0,29699	2,7354	4,9632	3,82e7	0,0864
+ 16,00 +	0,7653	0,2684	0,05319	0,45818	0,11865	1,1668	1,9829	4,05e7	0,0258
SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
0,01	12481402,88	3,72	0,77	27,37	0,532	55,75	16,7	16,7	2916,3
0,10	124814,03	3,72	0,77	27,38	0,531	55,65	16,6	16,6	2919,3
0,20	31203,51	3,72	0,77	27,38	0,530	55,55	16,5	16,5	2922,7
0,50	4992,56	3,72	0,77	27,39	0,527	55,28	16,3	16,3	2933,2
1,00	1248,14	3,71	0,77	27,42	0,522	54,94	16,0	16,0	2952,3
3,00	138,60	3,66	0,75	27,61	0,511	54,47	15,3	15,3	3046,2
6,00	34,58	3,52	0,71	28,14	0,505	54,99	14,7	14,7	3231,4
9,00	15,35	3,31	0,66	29,00	0,497	55,26	13,4	13,4	3447,6
12,00	8,63	3,06	0,59	30,18	0,484	54,65	11,5	11,5	3668,0
+ 16,00 +	4,85	2,84	0,52	31,33	0,425	48,49	7,2	7,2	3973,1

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	<i>Proj chine length:</i>	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	<i>Proj bottom area:</i>	0,0 m2
Length on WL:	69,300 m	<i>LCG fwd TR:</i>	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,960] 17,500 m	<i>VCG below WL:</i>	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 2,648] 6,610 m	<i>Aft station (fwd TR):</i>	0,000 m
Displacement:	[CB 0,635] 5224,00 t	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Wetted surface:	[CS 2,645] 1570,9 m2	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
ITTC-78 (CT)		<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,520] 36,036 m	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,480] 33,264 m	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Max section area:	[CX 0,999] 115,6 m2	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,763] 925,9 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
Bulb section area:	0,0 m2	<i>Propulsor type:</i>	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	<i>Max prop diameter:</i>	4300,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	<i>Shaft angle to WL:</i>	0,00 deg
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	<i>Position fwd TR:</i>	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	<i>Position below WL:</i>	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m	<i>Transom lift device:</i>	Flap
Half entrance angle:	27,66 deg	<i>Device count:</i>	0
Bow shape factor:	[BTK flow] -1,0	<i>Span:</i>	0,000 m
Stern shape factor:	[WL flow] 1,0	<i>Chord length:</i>	0,000 m
		<i>Deflection angle:</i>	0,00 deg
		<i>Tow point fwd TR:</i>	0,000 m
		<i>Tow point below WL:</i>	0,000 m

Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	2	<i>Oblique angle corr:</i>	Off
Propulsor type:	Propeller series	<i>Shaft angle to WL:</i>	0,00 deg
Propeller type:	FPP	<i>Added rise of run:</i>	0,00 deg
Propeller series:	Kaplan 19A	<i>Propeller cup:</i>	0,0 mm
Propeller sizing:	By power	<i>KTKQ corrections:</i>	Standard
Reference prop:		<i>Scale correction:</i>	Full ITTC
Blade count:	3	<i>KT multiplier:</i>	1,000
Expanded area ratio:	0,6500	<i>KQ multiplier:</i>	1,000
Propeller diameter:	4300,0 mm	<i>Blade T/C [0.7R]:</i>	Standard
Propeller mean pitch:	[P/D 1,2941] 5435,1 mm	<i>Roughness:</i>	Standard
Hub immersion:	4500,0 mm	<i>Cav breakdown:</i>	Off
		<i>Nozzle L/D:</i>	Standard
Engine/gear		Design condition	
Engine data:	wartsila 9L34DF	<i>Max prop diam:</i>	4300,0 mm
Rated RPM:	750 RPM	<i>Design speed:</i>	16,00 kt
Rated power:	7200,0 kW	<i>Reference power:</i>	9000,0 kW
Gear efficiency:	0,970	<i>Design point:</i>	1,000
Load correction:	Off	<i>Reference RPM:</i>	750,0
Gear ratio:	5,265	<i>Design point:</i>	1,000
Shaft efficiency:	0,980		

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
 PETOTAL = Total vessel effective power
 WFT = Taylor wake fraction coefficient
 THD = Thrust deduction coefficient
 EFR = 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
 EFO = Propulsor open-water efficiency
 EFG = Gear efficiency (load corrected)
 EFOA = 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 KTN
 NZ = Nozzle thrust coefficient
 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

17.- ANEXO V. CROQUIS DEL MOTOR PRINCIPAL

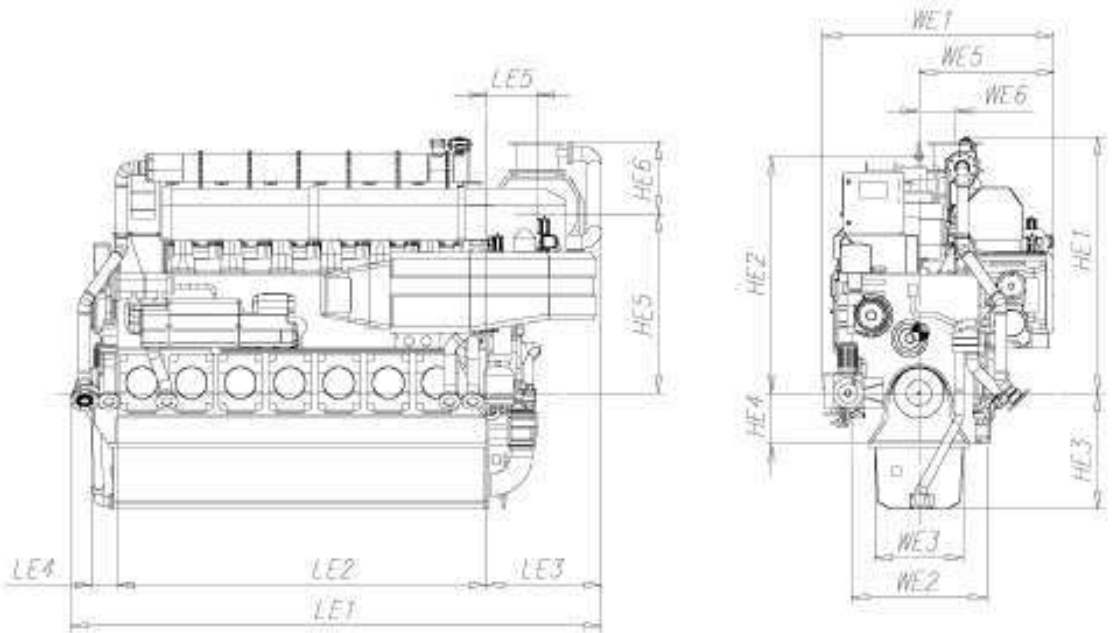


Fig 1-3 In-line engines (DAAF065806B)

Engine	kW/Cyl	LE1	HE1	WE1	HE2	HE4	HE3	LE2	LE4
Wärtsilä 6L34DF	500	5325	2550	2380	2345	500	1155	3670	250
Wärtsilä 8L34DF	500	5960	2550	2610	2345	500	1155	4230	250
Wärtsilä 9L34DF	500	6869	2550	2610	2345	500	1155	5140	250

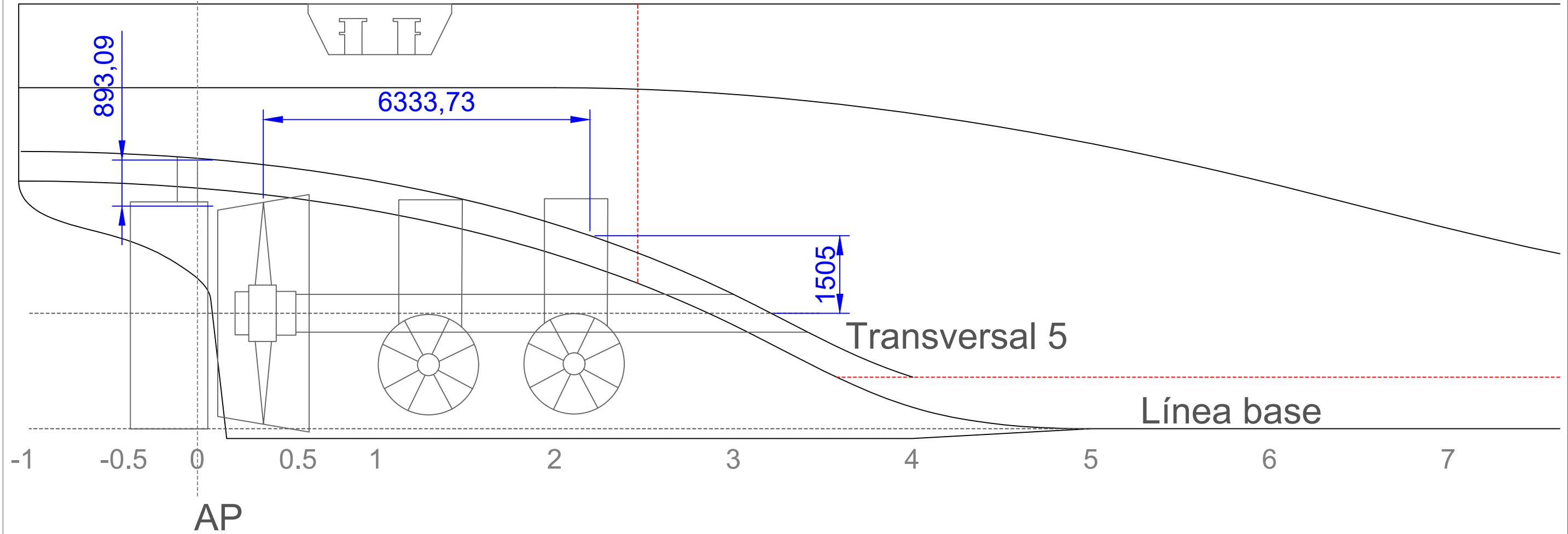
Engine	kW/Cyl	WE2	WE5	LE3	HE5	HE6	WE6	LE5	WE3	Weight
Wärtsilä 6L34DF	500	1350	1425	1215	1660	610	1005	765	880	35.4
Wärtsilä 8L34DF	500	1350	1650	1285	1718	607	1340	705	880	44
Wärtsilä 9L34DF	500	1350	1650	1285	1718	607	1340	705	880	49.2

All dimensions are in mm. Weight in metric tons with liquids (wet oil sump) but without flywheel.

Figura 17.1

18.- ANEXO VI. PLANO DEL CODASTE

Cubierta principal

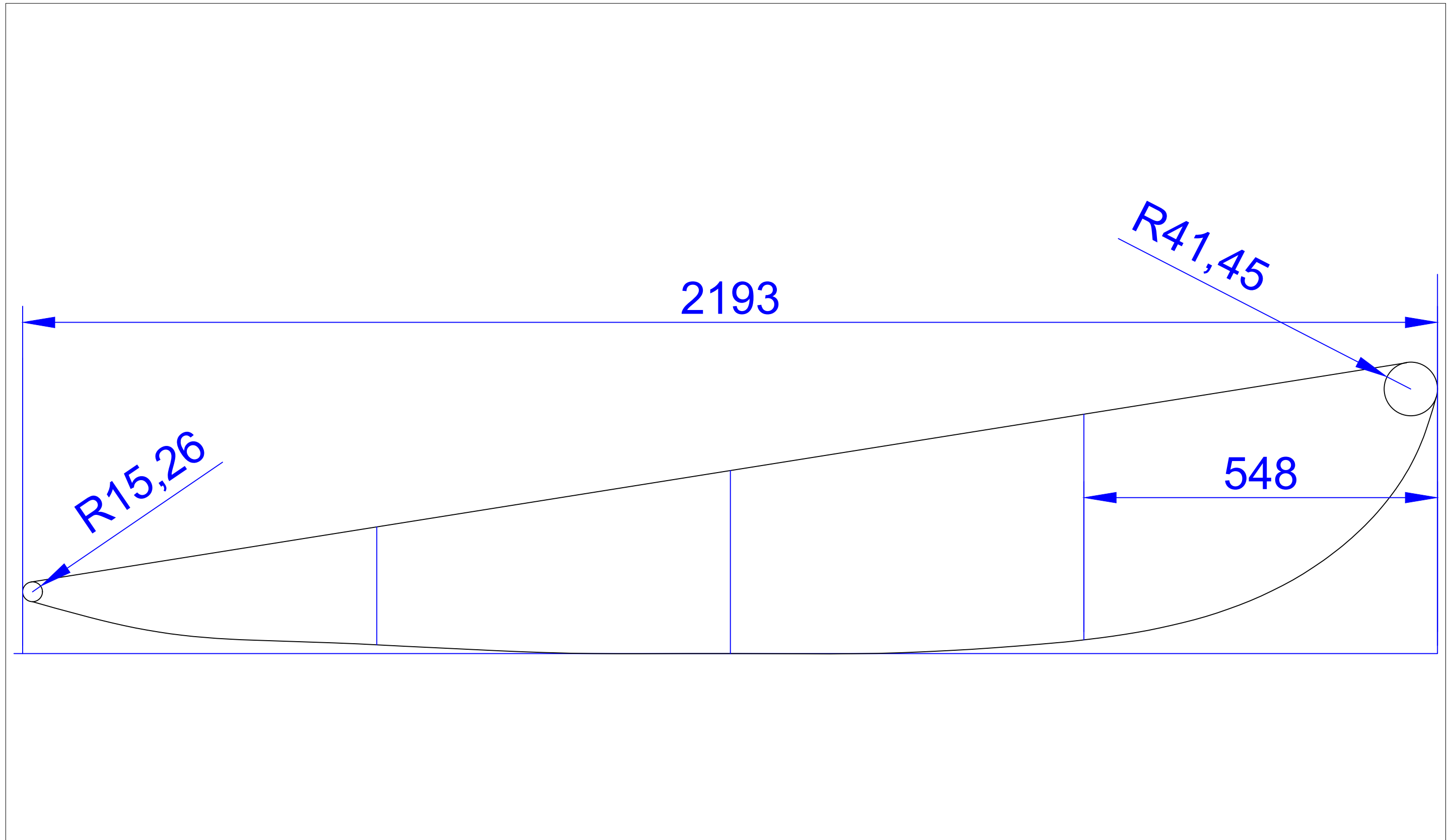


DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora total.....76,2 m
Eslora entre perpendiculares.....69,3 m
Manga de trazado.....18 m
Puntal de trazado.....8,21 m
Calado de diseño.....6,61 m

Fecha	Nombre	Firma	Universidade da Coruña
22/3/17	Jose Rábano Carretero		EPS FERROL
Escala	Designación	Tamaño A-3	Número de plano
1:80	CODASTE		06.BP.02

19.- ANEXO VII. PLANO DE LAS TOBERAS



DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora total.....76,2 m
Eslora entre perpendiculares.....69,3 m
Manga de trazado.....18 m
Puntal de trazado.....8,21 m
Calado de diseño.....6,61 m

Fecha	Nombre	Firma	Universidade da Coruña
22/3/17	Jose Rábano Carretero		EPS FERROL
Escala	Designación	Tamaño A-3	Número de plano
1:6	TOBERA		06.BP.03