

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2013 - 2014

PROYECTO NÚMERO 13-58

TIPO DE BUQUE: REMOLCADOR DE PUERTO Y APOYO A BUQUES DE ALTURA.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: BUREAU VERITAS, SOLAS, MARPOL Y REGLAMENTACIÓN ESTÁNDAR PARA ESTE TIPO DE BUQUES.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: BUQUE DE APOYO A MANIOBRA EN PUERTO Y APOYO A BUQUES DE ALTURA. 55 TN DE TRACCIÓN A PUNTO FIJO.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 13 NUDOS EN CONDICIONES DE SERVICIO (85% MCR+15% DE MARGEN DE MAR). 5000 MILLAS A LA VELOCIDAD DE SERVICIO.

SISTEMAS DE CARGA Y DESCARGA: LOS ESPECÍFICOS Y NORMALES PARA ESTE TIPO DE BUQUE.

PROPULSIÓN: DIESEL ELÉCTRICA CON 2 PROPULSORES AZIMUTALES DE PASO FIJO MONTADOS EN TOBERA A POPA.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 12 PERSONAS.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: LOS HABITUALES EN ESTE TIPO DE BUQUES.

Ferrol, Febrero de 2.014

ALUMNO: MARCOS LOUREIRO BELLÓN.

INDICE

1. Introducción	2
2. Predicción de Potencia	3
3. Cálculo de los propulsores	10
3.1. Comprobación de Tiro	11
4. Cálculo del timón	12

1. Introducción.

En este cuaderno vamos a realizar la predicción de la potencia necesaria para la navegación en aguas libres de nuestro buque, además del cálculo de las hélices necesarias. Con la predicción de potencia realizada, seleccionaremos el motor propulsor necesario.

Las dimensiones principales del buque proyecto son:

L	26 m
Lpp	22.5 m
B	10 m
D	5.5 m
T	3.7 m
DESPLAZAMIENTO	499 t
Cb	0.573
Cm	0.926
Cp	0.62
Cf	0.673
Fr	0.4382

2. Predicción de Potencia

En el proyecto de un remolcador, la potencia instalada viene determinada por el TPF que requiere la especificación, siendo esta potencia normalmente entre un 25% y un 35% superior a la necesaria para alcanzar la velocidad de proyecto necesaria.

Por lo tanto la potencia necesaria no está definida por la resistencia al avance que presenta el buque en la navegación libre, sino que vendrá fijada por el tiro a punto fijo (TPF), parámetro que exige mayor potencia instalada que la necesaria para la navegación libre.

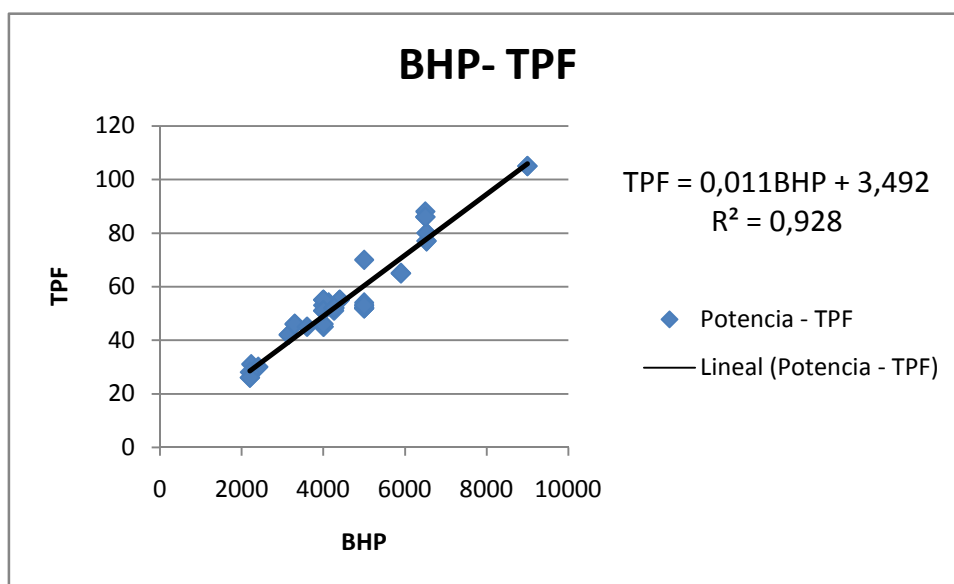
Vamos a comprobar el valor al que se llegaría mediante la fórmula propuesta por Munro –Smith para un propulsor en tobera tomada del libro “Proyecto Básico del Buque Mercante”, de potencia necesaria para alcanzar el tiro de 55 t.

$$\text{TPF} = 0.0416 \times (D \times \text{BHP})^{2/3}$$

$$\text{TPF (total)} = 2 \times 0.0416 \times (D \times \text{BHP})^{2/3} = 2 \times 0.0416 \times \left(\frac{240}{30} \times \text{BHP}\right)^{2/3} = 55 \text{ t}$$

$$\text{BHP} = 2124.56 \text{ kW}$$

Anteriormente habíamos determinado la potencia necesaria para alcanzar el tiro mediante regresión lineal, sobre nuestra base de datos de buques similares.



Usando la regresión Potencia frente Tracción:

$$TPF = 0.011BHP + 3.492 \rightarrow BHP = (55 - 3.429) / 0.011$$

BHP=4688.27 C.V. = 3448.21 kW

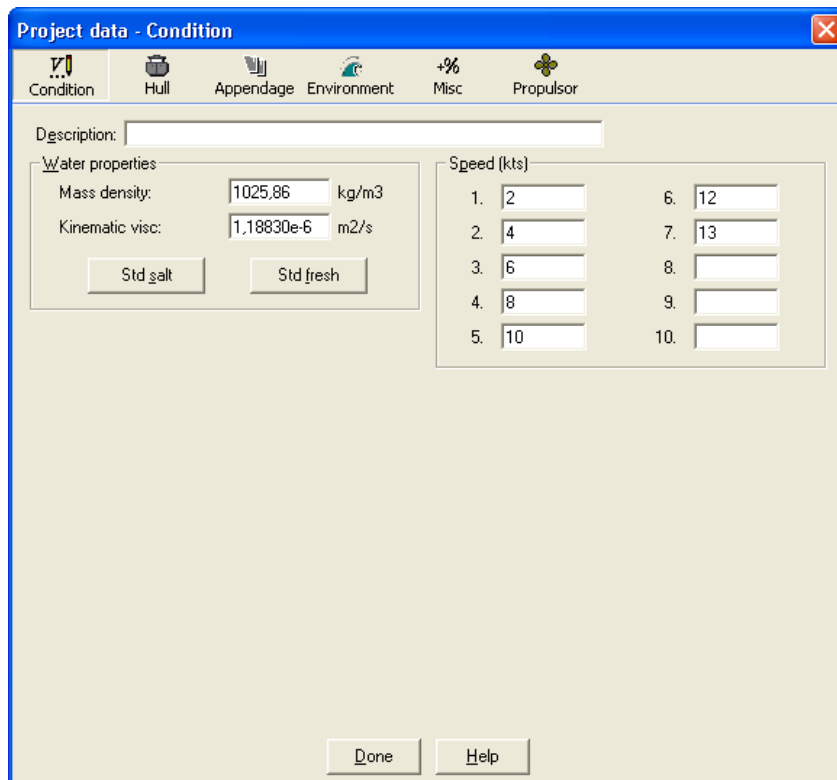
El valor obtenido mediante la fórmula propuesta por Munro –Smith es demasiado pequeño en comparación con el obtenido mediante regresión lineal. Nos quedaremos entonces con este último.

No obstante se realizarán los cálculos para determinar la resistencia al avance y verificar que se alcanza la velocidad requerida en la especificación.

Como ya hemos definido nuestro buque en el Cuaderno 3 (Coeficientes de Forma y Plano de Formas) utilizando el programa NavCad, vamos a verificar la velocidad requerida en la especificación y la resistencia al avance mediante los métodos Holtrop y Van Oortmerssen.

Como veremos en este mismo cuaderno, para este buque optaremos por propulsión azimutal, Schottel y con tobera. El diámetro del mismo va a ser de 2.4 m, estando definidas tanto las características de tobera como de la hélice.

Comenzamos definiendo los datos de nuestro proyecto.



Project data - Hull

Condition Hull Appendage Environment Misc Propulsor

Data for: Monohull Ct-based | Planing

General

Length between PP: 22,5 m
 WL bow pt aft FP: 0 m
 Length on WL: 24,42 m
 Max beam on WL: 10 m
 Max molded draft: 3,7 m
 Displacement bare: 487,17 t
 Wetted surface: 312,91 m²
 Chine type: Round bilge

Parameters

Lwl/B: 2,442
 B/T: 2,7027
 Cb: 0,5256
 Cws: 2,9057

Catamaran

Hull spacing: 0 m



Max section area: 34,262 m² Cx: 0,926
 Waterplane area: 212,942 m² Cw: 0,872
 Trim by stern: 0 m
 LCB aft of FP: 10,8 m LCB/Lpp: 0,48
 Bulb ext fwd FP: 0 m
 Bulb area at FP: 0 m²
 Bulb ctr abv BL: 0 m
 Transom area: 1,683 m² At/Ax: 0,0491
 Transom beam: 7,63 m Bt/Bx: 0,763
 Transom draft: 0,256 m Tt/T: 0,0692
 Half ent angle: 43,35 Deg
 Bow shape: WL flow [U-shape]
 Stern shape: WL flow [U-shape]

Done Help

Project data - Propulsor

Condition Hull Appendage Environment Misc Propulsor


General

Profile/description: 
 Number of propulsors: 2
 Propulsor type: Series
 Propeller series: Kaplan Ka 19A
 User Kt/Kq file: 
 Blades: 4
 Exp area ratio: 0,550
 Diameter: 2,400 m
 Pitch: 3,556 m P/D 1,4817
 Immersion: 1,4 m

Propeller options

Scale corr: None
 Kt multiplier: Std 1
 Kq multiplier: Std 1
 Blade t/c: Std 0
 Roughness: Std 0 mm
 Propeller cup: 0 mm
 Pitch type: FPP
 Cav breakdown: Apply
 Shaft angle corr: Apply 0 deg
 Added angle of run: 0 deg

Engine/gear data

Engine file: 
 Rated RPM/power: 0,0 RPM / 0,0 kW
 Gear efficiency: 1
 Gear ratio: 5,6939
 Shaft efficiency: 0,98

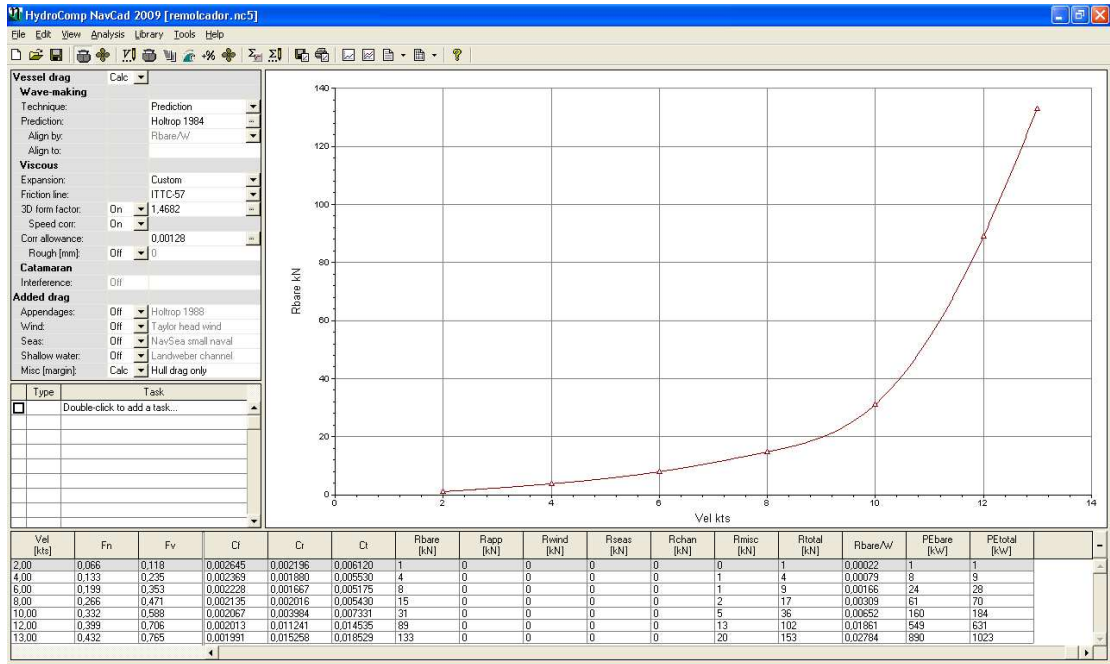
Propulsion sizing

Done Help

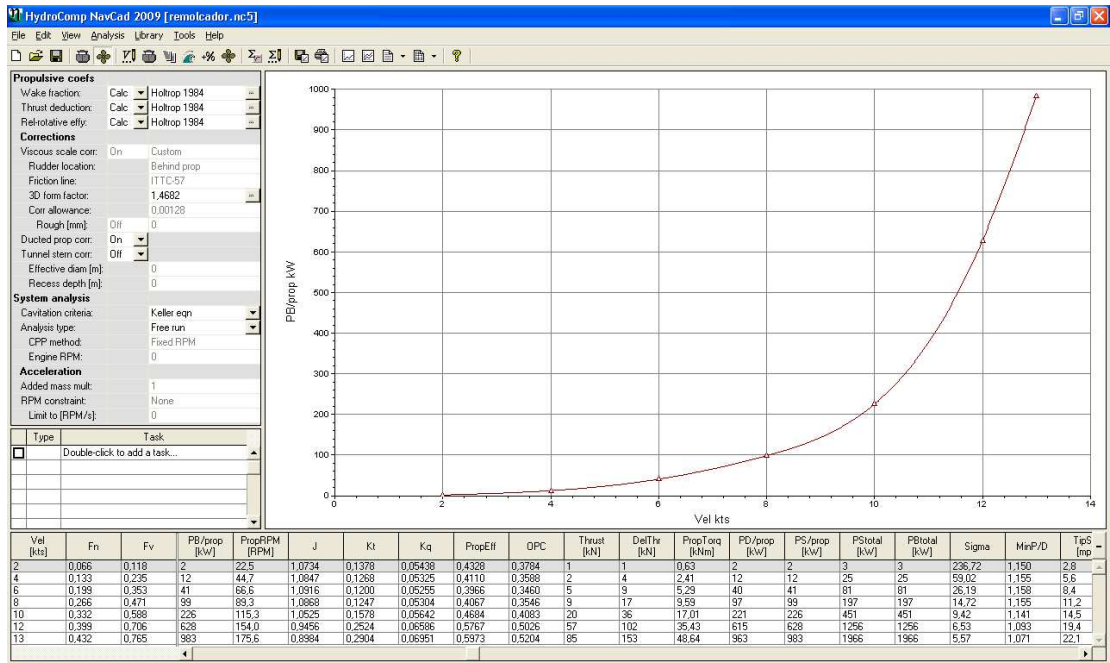
Hacemos una predicción de potencia utilizando los 2 métodos antes comentados; Primero Holtrop y luego Van Oortmerssen.

Método Holtrop:

Análisis de Resistencia:

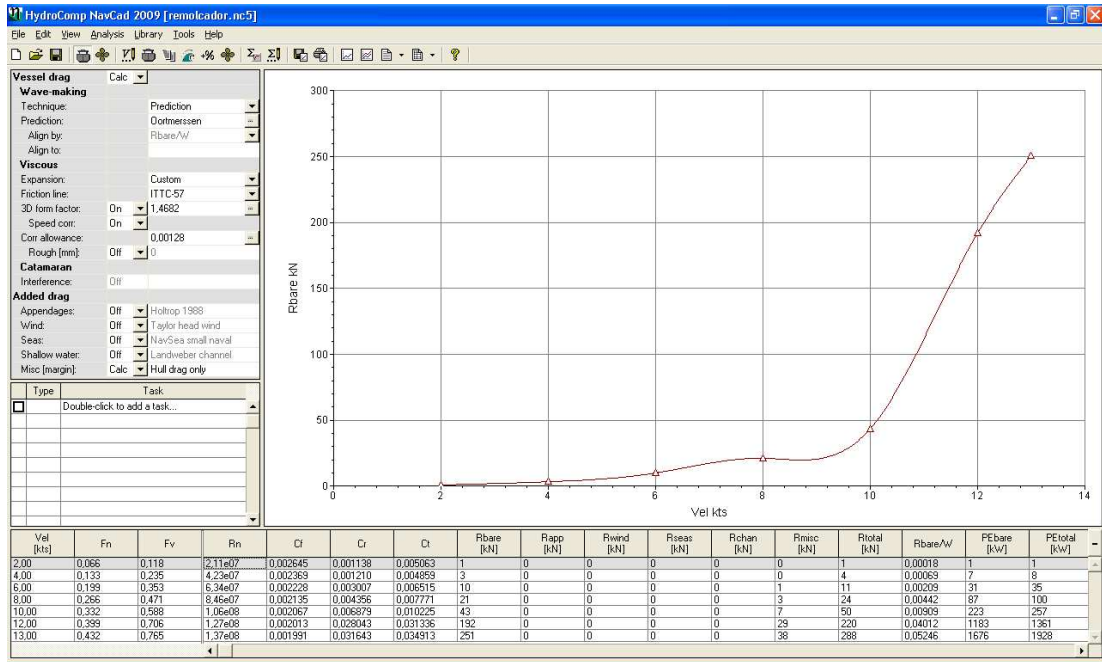


Análisis propulsivo:

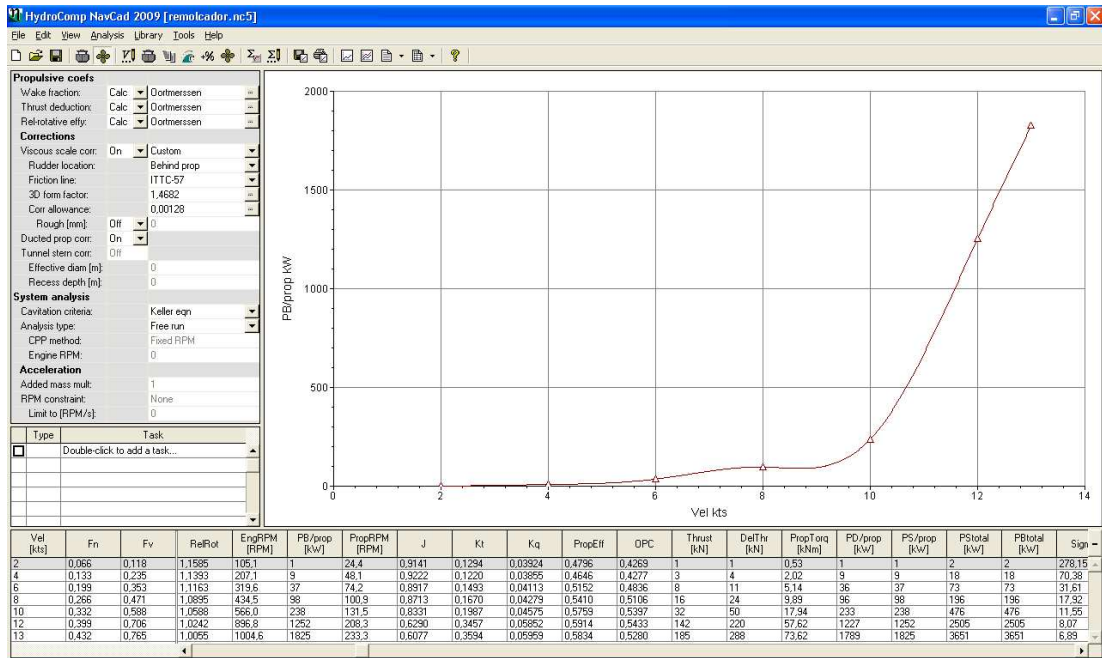


Método Van Oortmerssen:

Análisis de Resistencia:



Análisis propulsivo:



Como vemos, tanto por el método Holtrop como el de Van Oortmerssen la curva se dispara a partir de 10 nudos de velocidad y no es muy fiable. Como Anexo 1 al cuaderno hemos añadido los reportes del programa Navcad.

Los resultados obtenidos de los análisis son:

	Potencia Efectiva a 13 nudos (kW)	Potencia al eje a 13 nudos (kW)
Holtrop	1023	1966
Van Oortmerssen	1928	3651
Valor Medio	1475.5	2808.5

Nos vamos a quedar con el valor del análisis mediante el método holtrop para el cálculo de la autonomía.

Como ya hemos visto, nuestro buque tiene como RPA la tracción a punto fijo, y ésta condiciona la potencia. Anteriormente vimos que la potencia necesaria era aproximadamente 3448 kW (1724 kW por motor), valor superior al necesario para dar la velocidad de proyecto. Por lo tanto ésta será la potencia que defina el motor.

Tras revisar diversos catálogos, optamos por dos motores Wärtsilä 6L26, de 2040 kW (2735 BHP) de potencia a 1000 rpm. Con estos motores alcanzaríamos la potencia requerida de 3448 kW y cumpliríamos con todos los requerimientos.



Wärtsilä 26		IMO Tier II	
Cylinder bore	260 mm	Fuel specification:	
Piston stroke	320 mm	Fuel oil	700 cSt/50oC
Cylinder output	340 kW/cyl		7200 sR1/100oC
Speed	1000 rpm	ISO 8217, category ISO-F-RMK 700	
Mean effective pressure	25.5 bar	SFOC 184 g/kWh at ISO condition	
Piston speed	10.7 m/s		

Rated power	
Engine type	kW
6L26	2 040
8L26	2 720
9L26	3 060
12V26	4 080
16V26	5 440

Podemos hacer la comprobación del tiro a punto fijo usando la fórmula propuesta por Munro –Smith en el libro “Proyecto básico del buque mercante”, para un propulsor en tobera:

$$TPF = 0.0416 \times (D \times BHP)^{2/3}$$

Donde D es el diámetro del propulsor en pies y BHP la potencia. Estos valores nos dan:

$$TPF (total) = 2 \times 0.0416 \times (D \times BHP)^{2/3} = 2 \times 0.0416 \times \left(\frac{240}{30} \times 2735\right)^{2/3} = 65.1 t$$

Vemos que cumple perfectamente el Tiro a punto fijo requerido (55 t).

Además puede combinarse con el propulsor Schottel SRP 3000. Este propulsor dispone de una hélice de 2.4m de diámetro. A la hora de acoplarle el motor hemos de cumplir:

- Velocidad: entre 750 rpm y 1800 rpm
- Potencia: entre 1500 kW y 2100 kW

Por lo tanto el propulsor expuesto es adecuado. De todas formas se procederá al cálculo del propulsor.

3. Cálculo de los propulsores

Las hélices que hemos elegido son azimutales de paso fijo con tobera. Hemos elegido este tipo de hélices porque:

- Gracias a la tobera se desarrolla un mayor empuje a menores revoluciones.
- Mejor estabilidad de ruta.
- Menores vibraciones y nivel de ruido en el buque.
- Se desarrollan mayores velocidades en mares de proa.

El propulsor azimutal puede girar 360° alrededor de un eje vertical proporcionando un empuje en todas las direcciones, lo que permite una maniobrabilidad excelente. También se elimina el reductor y el timón.

La tobera disminuye las vibraciones inducidas en el casco por la hélice ya que proporciona una mayor uniformidad del flujo en su interior, reduciendo las fluctuaciones generadas por el propulsor. Así mismo proporciona una protección al flujo de agua afectado por la hélice y por lo tanto las variaciones de presión sobre el casco en las proximidades del propulsor disminuyen. Las toberas se usan para incrementar la fuerza de tracción a bajas velocidades. La mayor contribución de las toberas se presenta en la condición de tracción a punto fijo.

Este buque lleva propulsión Schottel y por esta razón los propulsores están tabulados en función de la potencia. Las alternativas son proporcionadas por el fabricante, estando definidas tanto las características de tobera como de la hélice. El propulsor indicado para este buque es el SRP 3000, cuyo diámetro de hélice es de 2400mm.

A continuación se muestra una tabla con las opciones que ofrece Schottel y sus datos técnicos, entre las cuales se encuentra el propulsor elegido.

SRP RUDDERPROPELLER

Technical Data

Type	Input Power [kW]	Input speed [rpm]	Propeller ø [m]	Weight [t]
SRP 0320	150 - 250	1800/2300	0.65 - 0.85	1.50
SRP 170	220 - 350	1800/2000	0.90 - 1.10	1.65
SRP 200	280 - 410	1800/2100	1.00 - 1.20	2.10
SRP 330	400 - 620	1800	1.25 - 1.40	3.60
SRP 440	600 - 840	1600/1800	1.45	7.50
SRP 550	630 - 1000	1000/1200/1600/1800	1.50 - 1.75	9.60
SRP 1012	1150 - 1550	750/900/1000/1200/1600/1800	2.10	17.00
SRP 1212	1380 - 1800	750/900/1000/1200/1600/1800	2.30	17.50
SRP 3000	1500 - 2100	750/900/1000/1200/1600/1800	2.40	20.00
SRP 1515	1750 - 2400	750/900/1000/1200/1600/1800	2.60	27.50
SRP 4000	2100 - 2800	750/900/1000/1200/1600/1800	2.80	31.00
SRP 3030	2850 - 3600	600/750/900/1000	3.40	53.00
SRP 4040	3450 - 4500	600/750/900/1000	3.80	80.00
SRP 4500	4000 - 5400	600/800/1000	4.20	65.00



3.1. Comprobación de Tiro

Vamos a comprobar que da el tiro con la aplicación de Schottel Hydra online. Los resultados para velocidad cero, con un propulsor muy similar al que hemos escogido (ya que el elegido no aparece entre las opciones que ofrece el Hydra online), se muestran a continuación:

without nozzle with nozzle

Number of units [-]

SRP

Input speed [rpm]

Gear reduction: [-] *

Input power [kW]

Mech. losses [-] *

Diameter [mm]

Blades [-] *

Blade area ratio [-] *

Ship speed [kts]

Wake fraction [-] ?

Thrust deduction [-] ?

* Default values!

Start calculation

SRP unit



Max. diameter [mm]

Max. power [kW]

Suitable power for the selected vessel [kW]

Application example



select your type of ship:

Designed for maneuvering support e.g. inside the harbor area at 0 speed.

Block coefficient c_b abt. 0.75.

Performance		Propeller characteristics			
Total thrust	620.30	kN	Adv. number	0.0000	-
	63.23	t	Pitch ratio	1.2644	-
Input torque	21.014	kNm	Torque coeff.	0.0740	-
Tip speed	28.0	m/s	Thrust coeff.	0.7278	-
Prop. load	450.9	kW/m ²	Prop. efficiency	0.0000	-

Como vemos, el tiro que nos da la aplicación de Schottel Hydra online es de 63.23 t, mayor que las 55 t requeridas por las RPA de nuestro proyecto, con lo que se cumple perfectamente.

4. Cálculo del timón

En este caso, como la propulsión es mediante Schottel, no se dispone de timón en sí mismo. La función que realizaría el timón para la maniobra del buque, es realizada por este tipo de hélices azimutales, que son capaces de producir empuje en una abanico de 360°, siendo más efectivas que los timones a la hora de maniobrar.

ANEXO 1

Resistance

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Prediction results							
Vel [kts]	Fn	Rn	Cf	[Cform]	[Cw]	Cr	Ct
2,00	0,066	2,11e+7	0,002645	0,001137	0,001058	0,002196	0,006120
4,00	0,133	4,23e+7	0,002369	0,001046	0,000834	0,001880	0,005530
6,00	0,199	6,34e+7	0,002228	0,000991	0,000676	0,001667	0,005175
8,00	0,266	8,46e+7	0,002135	0,000840	0,001175	0,002016	0,005430
10,00	0,332	1,06e+8	0,002067	0,000613	0,003371	0,003984	0,007331
12,00	0,399	1,27e+8	0,002013	0,000361	0,010880	0,011241	0,014535
13,00	0,432	1,37e+8	0,001991	0,000290	0,014968	0,015258	0,018529
Vel [kts]	Rw/W	Rr/W	Rbare/W	Rw [kN]	Rr [kN]	Rbare [kN]	PEbare [kW]
2,00	0,00004	0,00008	0,00022	0	0	1	1
4,00	0,00012	0,00027	0,00079	1	1	4	8
6,00	0,00022	0,00053	0,00166	1	3	8	24
8,00	0,00067	0,00115	0,00309	3	5	15	61
10,00	0,00300	0,00354	0,00652	14	17	31	160
12,00	0,01393	0,01439	0,01861	67	69	89	549
13,00	0,02249	0,02293	0,02784	107	110	133	890
Vel [kts]	Rapp [kN]	Rwind [kN]	Rseas [kN]	Rchan [kN]	Rmisc [kN]	Rtotal [kN]	PEtotal [kW]
2,00	0	0	0	0	0	1	1
4,00	0	0	0	0	1	4	9
6,00	0	0	0	0	1	9	28
8,00	0	0	0	0	2	17	70
10,00	0	0	0	0	5	36	184
12,00	0	0	0	0	13	102	631
13,00	0	0	0	0	20	153	1023

Resistance

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Analysis parameters			
Bare-hull drag	[Calc]	Holtrop 1984	Appendage added drag [Off]
Friction line		ITTC-57	Wind added drag [Off]
Technique		Prediction	Seas added drag [Off]
Align to	[Off]		Channel added drag [Off]
Align by	[Off]		Margin [Calc] 15% Hull drag only
Correlation allowance		0,00128	Water type Standard Salt
Roughness (mm)	[Off]		Mass density 1025,86 kg/m3
3D form factor	[On]	1,4682	Kinematic viscosity 1,1883e-06 m2/s
Speed dependent corr	[On]		
Hull data			
[General]			[Ct-based]
Length between PP	22,500 m		Max section area [Cx 0,926] 34,262 m2
WL bow pt aft FP	0,000 m		Waterplane area [Cw 0,872] 212,942 m2
Length on WL	24,420 m		Trim by stern 0,000 m
Max beam on WL	10,000 m		LCB aft of FP [0,480 Lpp] 10,800 m
Max model draft	3,700 m		Bulb ext fwd FP 0,000 m
Displacement bare	487,17 t		Bulb area at FP 0,000 m2
Wetted surface	312,910 m2		Bulb ctr above BL 0,000 m
Chine type	Round bilge		Transom area [0,049 Ax] 1,683 m2
[Principal parameters]			Transom beam [0,763 B] 7,630 m
Lwl/B	2,4420		Transom draft [0,069 T] 0,256 m
B/T	2,7027		Half ent angle 43,35 deg
Cb	0,5256		Bow shape [U-shape] WL flow
Cws	2,9057		Stern shape [U-shape] WL flow
Prediction method check			
Parameters	Holtrop 1984		
Fn(Lwl)	0,07	0,1...0,667 *	* = Outside parameter limit
Fn-high	0,43	0,1...0,667	
Lwl/Bwl	2,44	3,9...14,9 *	
Bwl/T	2,70	2,1...4	
Cp(Lwl)	0,57	0,55...0,85	
Lambda	0,75	0...0,8	
Appendages			
	[Coef]	[Wetted value]	
Rudders	0,00	0,000 m2	Exposed shafts 0,00 0,000 m2
Shaft brackets	0,00	0,000 m2	Stablizer fins 0,00 0,000 m2
Skeg	0,00	0,000 m2	Dome 0,00 0,000 m2
Strut bossing	0,00	0,000 m2	Bilge keel 0,00 0,000 m2
Hull bossing	0,00	0,000 m2	Bow thruster diam 0,00 0,000 m

Resistance

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

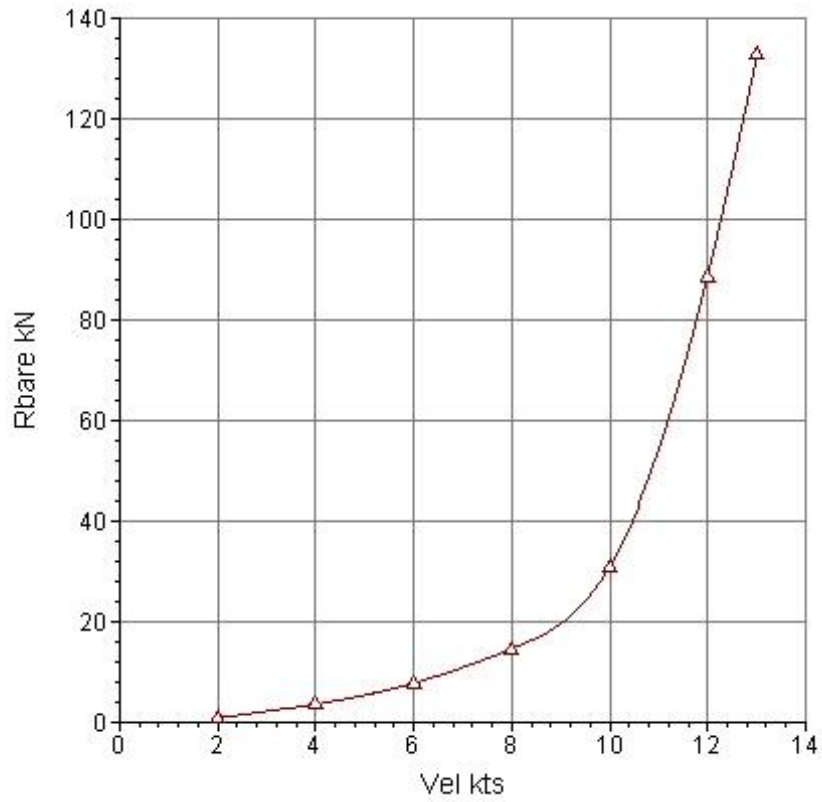
Environment data			
[Wind]		[Seas]	
Wind Speed	0,00 kts	Sig wave height	0,000 m
Angle off bow	0,00 deg	Modal wave period	0 sec
Transv hull area	0,000 m2	[Channel]	
VCE above BL	0,000 m	Channel width	0,000 m
LCE fwd transom	0,000 m	Channel depth	0,000 m
Transv superst area	0,000 m2	Slope side	0,00 deg
VCE above BL	0,000 m	Wetted hull girth	0,000 m
LCE fwd transom	0,000 m	Channel depth	0,000 m
Total longl area	0,000 m2		
VCE above BL	0,000 m		
LCE fwd transom	0,000 m		
Wind location	Free stream		
Hull type	Cargo ship		
Symbols and values			
<p>Fn = Length Froude number Rn = Reynolds number Cf = Frictional resistance coefficient [Cform] = Viscous form resistance coefficient [Cw] = Wave-making resistance coefficient Cr = Residuary resistance coefficient Ct = Total bare-hull resistance coefficient</p> <p>Rw/W = Wave-making resistance-weight merit ratio Rr/W = Residuary resistance-weight merit ratio Rbare/W = Bare-hull resistance-weight merit ratio Rw = Wave-making resistance component Rr = Residuary resistance component Rbare = Bare-hull resistance PEbare = Bare-hull effective power</p> <p>Rapp = Additional appendage resistance Rwind = Additional wind resistance Rseas = Additional sea-state resistance Rchan = Additional channel resistance Rmisc = Miscellaneous resistance Rtotal = Total vessel resistance PETotal = Total effective power Fnh = Depth based Froude number Squat = Sinkage due to shallow water effects SqTrim = Trim due to shallow water effects</p> <p>* = Bare-hull drag prediction exceeds speed parameter ** = Exceeds parameter limit</p>			
<p>This evaluation has been carefully prepared to meet professional standards. Since it is not possible to determine the accuracy of provided data, REPLACE_COMPANY_NAME_HERE assumes no liability nor makes any performance guarantees of any kind.</p>			

Resistance

20 ene 2014 04:59
REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project remolcador.nc5
Description

Bare-hull resistance



Propulsion

20 ene 2014 05:38

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**

Description

Prediction results							
Vel [kts]	PEtotal [kW]	WakeFr	ThrDed	RelRot	EngRPM	PB/prop [kW]	
2,00	1	0,0594	0,0964	0,9286	128,3	2	
4,00	9	0,0582	0,0964	0,9286	254,3	12	
6,00	28	0,0575	0,0964	0,9286	379,4	41	
8,00	70	0,0571	0,0964	0,9286	508,3	99	
10,00	184	0,0568	0,0964	0,9286	656,3	226	
12,00	631	0,0565	0,0964	0,9286	876,8	628	
13,00	1023	0,0564	0,0964	0,9286	999,9	983	
Vel [kts]	PropRPM	PropEff	HullEff	OPC	Thrust [kN]	Thr/prop [kN]	DelThr [kN]
2,00	22,5	0,4329	0,9607	0,3784	1	1	1
4,00	44,7	0,4110	0,9594	0,3588	5	2	4
6,00	66,6	0,3967	0,9587	0,3460	10	5	9
8,00	89,3	0,4067	0,9582	0,3546	19	9	17
10,00	115,3	0,4684	0,9579	0,4083	40	20	36
12,00	154,0	0,5767	0,9577	0,5026	113	57	102
13,00	175,6	0,5973	0,9576	0,5205	169	85	153
Vel [kts]	Torque [kNm]	PD/prop [kW]	PS/prop [kW]	PBtotal [kW]	Fuel/eng [lph]		
2,00	0,63	2	2	3	0,0		
4,00	2,41	12	12	25	0,0		
6,00	5,29	40	41	81	0,0		
8,00	9,59	97	99	197	0,0		
10,00	17,01	221	226	451	0,0		
12,00	35,43	615	628	1256	0,0		
13,00	48,63	963	983	1966	0,0		

Propulsion

20 ene 2014 05:38

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Propeller performance							
Vel [kts]	J	Kt	Kq	Kt/J2	Kq/J3	Ktn	Ktp
2,00	1,0734	0,1378	0,0544	0,1196	0,0440	-0,0642	0,2019
4,00	1,0847	0,1268	0,0532	0,1078	0,0417	-0,0699	0,1967
6,00	1,0916	0,1200	0,0526	0,1007	0,0404	-0,0735	0,1934
8,00	1,0868	0,1247	0,0530	0,1056	0,0413	-0,0710	0,1957
10,00	1,0525	0,1578	0,0564	0,1424	0,0484	-0,0537	0,2114
12,00	0,9456	0,2524	0,0659	0,2822	0,0779	-0,0038	0,2562
13,00	0,8984	0,2904	0,0695	0,3597	0,0959	0,0164	0,2740
Vel [kts]	SigmaV	SigmaN	Sigma7R	%CavAvg	%CavPeak	Press [kPa]	MinBAR
2,00	236,72	272,73	45,54	0,0	0,0	0,4	0,0310
4,00	59,02	69,44	11,55	0,0	0,0	1,5	0,0368
6,00	26,19	31,21	5,18	0,0	0,0	3,3	0,0464
8,00	14,72	17,39	2,89	0,0	0,0	5,9	0,0634
10,00	9,42	10,43	1,75	0,0	0,0	10,7	0,1055
12,00	6,53	5,84	1,02	4,4	4,4	23,1	0,2529
13,00	5,57	4,49	0,80	9,7	9,7	32,1	0,3632
Vel [kts]	PropRn	Cth	Cp	MinP/D	TipSpd [mps]		
2,00	1,34e+6	0,3045	0,0014	1,150	2,8		
4,00	2,67e+6	0,2744	0,0013	1,155	5,6		
6,00	3,98e+6	0,2564	0,0013	1,158	8,4		
8,00	5,33e+6	0,2688	0,0013	1,155	11,2		
10,00	6,85e+6	0,3627	0,0015	1,141	14,5		
12,00	9,00e+6	0,7187	0,0024	1,093	19,4		
13,00	1,02e+7	0,9160	0,0030	1,071	22,1		

Propulsion

20 ene 2014 05:38

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**

Description

Propulsive coefficients			
Wake fraction	[Calc] Holtrop 1984	Wake fract scale correction	[On]
Thrust deduction	[Calc] Holtrop 1984	Rudder loc	Behind prop
Relative rotative efficiency	[Calc] Holtrop 1984	Wake fract duct correction	[On]
Friction line	ITTC-57	Tunnel stern correction	[Off]
Correlation allowance	0,00128		
3D form factor	1,4682		
Hull data			
[General]		[Ct-based]	
Length between PP	22,500 m	Max section area	[Cx 0,926] 34,262 m2
WL bow pt aft FP	0,000 m	Waterplane area	[Cw 0,872] 212,942 m2
Length on WL	24,420 m	Trim by stern	0,000 m
Max beam on WL	10,000 m	LCB aft of FP	[0,480 Lpp] 10,800 m
Max model draft	3,700 m	Bulb ext fwd FP	0,000 m
Displacement bare	487,17 t	Bulb area at FP	0,000 m2
Wetted surface	312,910 m2	Bulb ctr above BL	0,000 m
Chine type	Round bilge	Transom area	[0,049 Ax] 1,683 m2
[Principal parameters]		Transom beam	[0,763 B] 7,630 m
Lwl/B	2,4420	Transom draft	[0,069 T] 0,256 m
B/T	2,7027	Half ent angle	43,35 deg
Cb	0,5256	Bow shape	[U-shape] WL flow
Cws	2,9057	Stern shape	[U-shape] WL flow
Prediction method check			
Wake fraction	Holtrop 1984		
Fn(Lwl)	0,07	0,1...0,8 *	* = Outside parameter limit
Fn-high	0,43	0,1...0,8	
Lwl/Bwl	2,44	3,9...14,9 *	
Bwl/T	2,70	2,1...4	
Cp(Lwl)	0,57	0,55...0,85	
Lambda	0,75	0...0,8	
Thrust deduction	Holtrop 1984		
Fn(Lwl)	0,07	0,1...0,8 *	
Fn-high	0,43	0,1...0,8	
Lwl/Bwl	2,44	3,9...14,9 *	
Bwl/T	2,70	2,1...4	
Cp(Lwl)	0,57	0,55...0,85	
Lambda	0,75	0...0,8	
Rel-rot efficiency	Holtrop 1984		
Fn(Lwl)	0,07	0,1...0,8 *	
Fn-high	0,43	0,1...0,8	
Lwl/Bwl	2,44	3,9...14,9 *	
Bwl/T	2,70	2,1...4	
Cp(Lwl)	0,57	0,55...0,85	
Lambda	0,75	0...0,8	

Propulsion

20 ene 2014 05:38

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**

Description

System analysis			
Analysis type	Free run	Water type	Standard Salt
Cav criteria	Keller eqn	Mass density	1025,86 kg/m3
CPP analysis method	[Off]	Viscosity	1,1883e-06 m2/s
Propulsor data			
Description		Blades	4
Propulsors	2	Exp area ratio	0,550
Propulsor type	Series	Diameter	2,400 m
Propeller series	Kaplan Ka 19A	Pitch	3,556 m
		Immersion	1,400 m
Propeller options			
Scale corr	None	Propeller cup	0,0 mm
Kt mult	[Std] 1,000	Pitch type	FPP
Kq mult	[Std] 1,000	Cav breakdown	[Off]
Blade t/c	0,000	Shaft angle corr	[Off]
Roughness	0,0 mm		
Engine data			
Engine file		Gear ratio	5,694
Rated RPM	0	Gear efficiency	1,000
Rated power	0 kW	Shaft efficiency	0,980

Propulsion

20 ene 2014 05:38

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**

Description

Symbols and values

Vel = Ship speed

PEtotal = Total effective power

WakeFr = Taylor wake fraction coefficient

ThrDed = Thrust deduction coefficient

RelRot = Relative-rotative efficiency

EngRPM = Engine RPM

PB/prop = Break power per propeller

PropRPM = Propeller RPM

PropEff = Propeller open-water efficiency

HullEff = Hull efficiency = $(1 - \text{ThrDed}) / (1 - \text{WakeFr})$

OPC = Overall propulsive coefficient

Thrust = Total open-water thrust

Thr/prop = Open-water thrust per propeller

DelThr = Total delivered thrust

Torque = Propeller open water torque

PD/prop = Delivered power per propeller

PS/prop = Shaft power per propeller

PBtotal = Total brake power

Fuel/eng = Fuel consumption per engine

J = Advance coefficient

Kt = Thrust coefficient

Kq = Torque coefficient

Kt/J2 = Propeller thrust-speed ratio

Kq/J3 = Propeller torque-speed ratio

Ktn = Nozzle thrust coefficient component

Ktp = Propeller thrust coefficient component

SigmaV = Cavitation number based on advance velocity (Va)

SigmaN = Cavitation number based on rotational velocity (nD)

Sigma7R = Cavitation number based on helix velocity at 0.7 radius

%CavAvg = Average percent back cavitation

%CavPeak = Peak percent back cavitation (from shaft angle effects)

Press = Average propeller blade pressure

MiniBAR = Minimum recommended expanded blade area ratio

PropRn = Propeller Reynolds number

Cth = Propeller thrust loading coefficient

Cp = Propeller power loading coefficient

MinP/D = Minimum P/D ratio to avoid face cavitation

TipSpd = Linear velocity of the propeller tips

* = Propulsive coefficient prediction exceeds speed parameter

** = Exceeds cavitation criteria

*** = Cavitation breakdown is indicated

This evaluation has been carefully prepared to meet professional standards. Since it is not possible to determine the accuracy of provided data, REPLACE_COMPANY_NAME_HERE assumes no liability nor makes any performance guarantees of any kind.

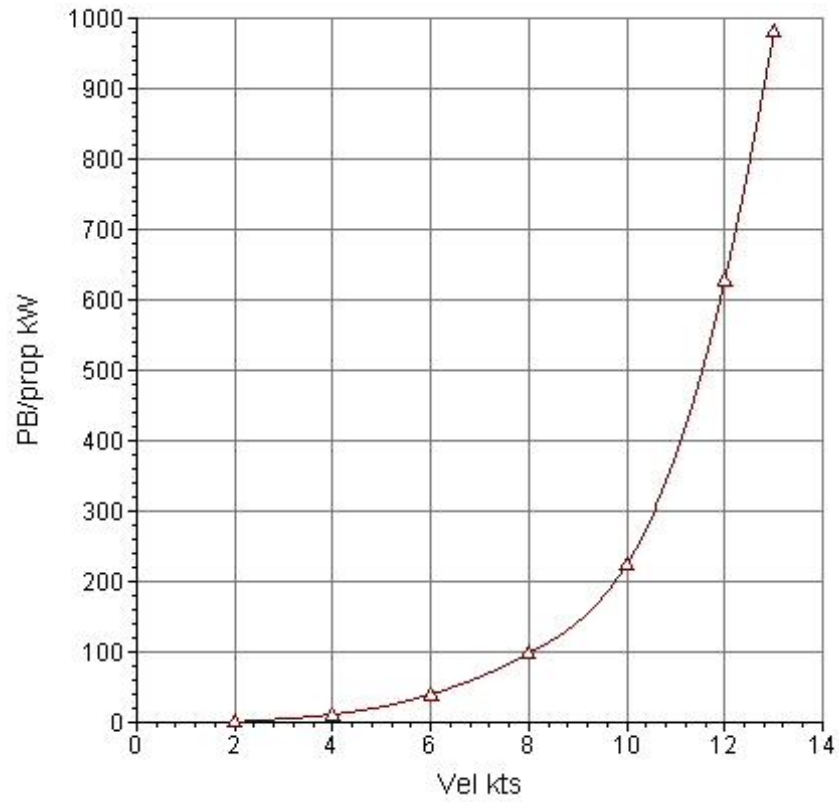
Propulsion

20 ene 2014 05:37

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Brake power per propeller



Resistance

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Prediction results							
Vel [kts]	Fn	Rn	Cf	[Cform]	[Cw]	Cr	Ct
2,00	0,066	2,11e+7	0,002645	0,001137	0,000001	0,001138	0,005063
4,00	0,133	4,23e+7	0,002369	0,001046	0,000163	0,001210	0,004859
6,00	0,199	6,34e+7	0,002228	0,000991	0,002016	0,003007	0,006515
8,00	0,266	8,46e+7	0,002135	0,000840	0,003516	0,004356	0,007771
10,00	0,332	1,06e+8	0,002067	0,000613	0,006266	0,006879	0,010225
12,00	0,399	1,27e+8	0,002013	0,000361	0,027682	0,028043	0,031336
13,00	0,432	1,37e+8	0,001991	0,000290	0,031353	0,031643	0,034913
Vel [kts]	Rw/W	Rr/W	Rbare/W	Rw [kN]	Rr [kN]	Rbare [kN]	PEbare [kW]
2,00	0,00000	0,00004	0,00018	0	0	1	1
4,00	0,00002	0,00017	0,00069	0	1	3	7
6,00	0,00065	0,00096	0,00209	3	5	10	31
8,00	0,00200	0,00248	0,00442	10	12	21	87
10,00	0,00557	0,00612	0,00909	27	29	43	223
12,00	0,03544	0,03590	0,04012	169	172	192	1183
13,00	0,04711	0,04755	0,05246	225	227	251	1676
Vel [kts]	Rapp [kN]	Rwind [kN]	Rseas [kN]	Rchan [kN]	Rmisc [kN]	Rtotal [kN]	PEtotal [kW]
2,00	0	0	0	0	0	1	1
4,00	0	0	0	0	0	4	8
6,00	0	0	0	0	1	11	35
8,00	0	0	0	0	3	24	100
10,00	0	0	0	0	7	50	257
12,00	0	0	0	0	29	220	1361
13,00	0	0	0	0	38	288	1928

Resistance

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Analysis parameters			
Bare-hull drag	[Calc] Oortmerssen	Appendage added drag	[Off]
Friction line	ITTC-57	Wind added drag	[Off]
Technique	Prediction	Seas added drag	[Off]
Align to	[Off]	Channel added drag	[Off]
Align by	[Off]	Margin	[Calc] 15% Hull drag only
Correlation allowance	0,00128	Water type	Standard Salt
Roughness (mm)	[Off]	Mass density	1025,86 kg/m3
3D form factor	[On] 1,4682	Kinematic viscosity	1,1883e-06 m2/s
Speed dependent corr	[On]		
Hull data			
[General]		[Ct-based]	
Length between PP	22,500 m	Max section area	[Cx 0,926] 34,262 m2
WL bow pt aft FP	0,000 m	Waterplane area	[Cw 0,872] 212,942 m2
Length on WL	24,420 m	Trim by stern	0,000 m
Max beam on WL	10,000 m	LCB aft of FP	[0,480 Lpp] 10,800 m
Max model draft	3,700 m	Bulb ext fwd FP	0,000 m
Displacement bare	487,17 t	Bulb area at FP	0,000 m2
Wetted surface	312,910 m2	Bulb ctr above BL	0,000 m
Chine type	Round bilge	Transom area	[0,049 Ax] 1,683 m2
[Principal parameters]		Transom beam	[0,763 B] 7,630 m
Lwl/B	2,4420	Transom draft	[0,069 T] 0,256 m
B/T	2,7027	Half ent angle	43,35 deg
Cb	0,5256	Bow shape	[U-shape] WL flow
Cws	2,9057	Stern shape	[U-shape] WL flow
Prediction method check			
Parameters	Oortmerssen		* = Outside parameter limit
Fn(Ld)	0,07	0,05...0,5	
Fn-high	0,44	0,05...0,5	
Ld/Bwl	2,35	3,4...6,2 *	
Bwl/T	2,70	1,9...3,4	
Cp(Ld)	0,59	0,52...0,7	
le	43,4	10...38 *	
LCB(Ld)	3,96	-4,4...2,8 *	
Cx	0,93	0,73...0,97	
Appendages			
	[Coef]	[Wetted value]	
Rudders	0,00	0,000 m2	Exposed shafts
Shaft brackets	0,00	0,000 m2	0,00
Skeg	0,00	0,000 m2	0,000 m2
Strut bossing	0,00	0,000 m2	Stablizer fins
Hull bossing	0,00	0,000 m2	0,00
			0,000 m2
			Dome
			0,00
			0,000 m2
			Bilge keel
			0,00
			0,000 m2
			Bow thruster diam
			0,00
			0,000 m

Resistance

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Environment data			
[Wind]		[Seas]	
Wind Speed	0,00 kts	Sig wave height	0,000 m
Angle off bow	0,00 deg	Modal wave period	0 sec
Transv hull area	0,000 m2		
VCE above BL	0,000 m	[Channel]	
LCE fwd transom	0,000 m	Channel width	0,000 m
Transv superst area	0,000 m2	Channel depth	0,000 m
VCE above BL	0,000 m	Slope side	0,00 deg
LCE fwd transom	0,000 m	Wetted hull girth	0,000 m
Total longl area	0,000 m2	Channel depth	0,000 m
VCE above BL	0,000 m		
LCE fwd transom	0,000 m		
Wind location	Free stream		
Hull type	Cargo ship		
Symbols and values			
<p>Fn = Length Froude number Rn = Reynolds number Cf = Frictional resistance coefficient [Cform] = Viscous form resistance coefficient [Cw] = Wave-making resistance coefficient Cr = Residuary resistance coefficient Ct = Total bare-hull resistance coefficient</p> <p>Rw/W = Wave-making resistance-weight merit ratio Rr/W = Residuary resistance-weight merit ratio Rbare/W = Bare-hull resistance-weight merit ratio Rw = Wave-making resistance component Rr = Residuary resistance component Rbare = Bare-hull resistance PEbare = Bare-hull effective power</p> <p>Rapp = Additional appendage resistance Rwind = Additional wind resistance Rseas = Additional sea-state resistance Rchan = Additional channel resistance Rmisc = Miscellaneous resistance Rtotal = Total vessel resistance PETotal = Total effective power Fnh = Depth based Froude number Squat = Sinkage due to shallow water effects SqTrim = Trim due to shallow water effects</p> <p>* = Bare-hull drag prediction exceeds speed parameter ** = Exceeds parameter limit</p>			
<p>This evaluation has been carefully prepared to meet professional standards. Since it is not possible to determine the accuracy of provided data, REPLACE_COMPANY_NAME_HERE assumes no liability nor makes any performance guarantees of any kind.</p>			

Resistance

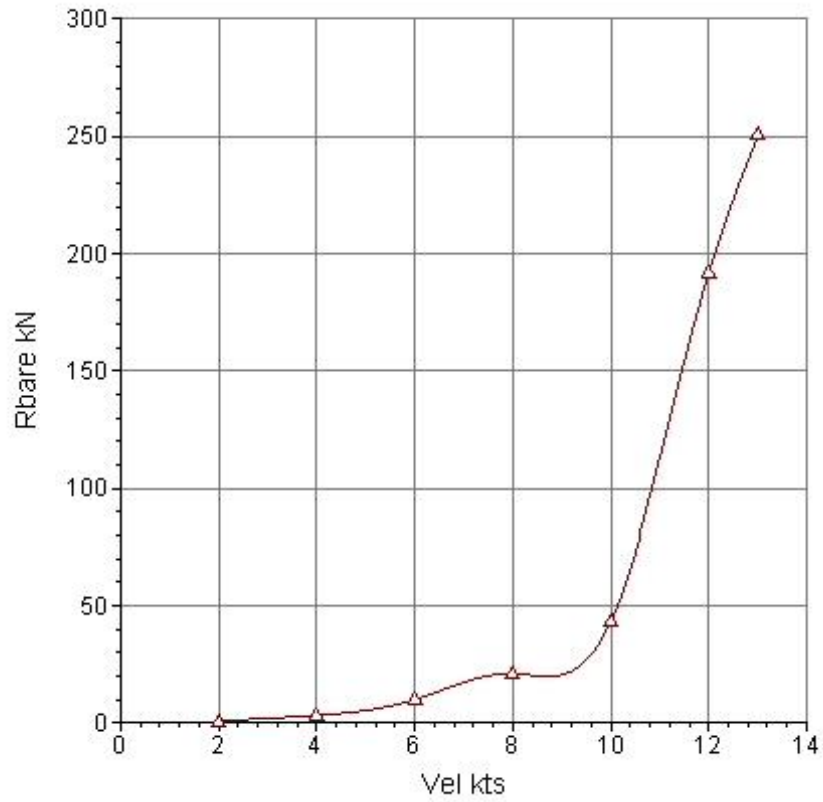
20 ene 2014 04:56

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project remolcador.nc5

Description

Bare-hull resistance



Propulsion

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Prediction results							
Vel [kts]	PEtotal [kW]	WakeFr	ThrDed	RelRot	EngRPM	PB/prop [kW]	
2,00	1	0,1323	0,3196	1,1585	105,1	1	
4,00	8	0,1375	0,2889	1,1393	207,1	9	
6,00	35	0,1420	0,2639	1,1163	319,6	37	
8,00	100	0,1454	0,2445	1,0895	434,5	98	
10,00	257	0,1484	0,2309	1,0588	566,0	238	
12,00	1361	0,1510	0,2229	1,0242	896,8	1252	
13,00	1928	0,1519	0,2211	1,0055	1004,6	1825	
Vel [kts]	PropRPM	PropEff	HullEff	OPC	Thrust [kN]	Thr/prop [kN]	DelThr [kN]
2,00	24,4	0,4796	0,7841	0,4269	1	1	1
4,00	48,1	0,4646	0,8245	0,4277	5	3	4
6,00	74,2	0,5152	0,8580	0,4836	16	8	11
8,00	100,9	0,5410	0,8840	0,5106	32	16	24
10,00	131,5	0,5759	0,9032	0,5397	65	32	50
12,00	208,3	0,5914	0,9152	0,5433	284	142	220
13,00	233,3	0,5834	0,9185	0,5280	370	185	288
Vel [kts]	Torque [kNm]	PD/prop [kW]	PS/prop [kW]	PBtotal [kW]	Fuel/eng [lph]		
2,00	0,53	1	1	2	0,0		
4,00	2,02	9	9	18	0,0		
6,00	5,14	36	37	73	0,0		
8,00	9,89	96	98	196	0,0		
10,00	17,94	233	238	476	0,0		
12,00	57,62	1227	1252	2505	0,0		
13,00	73,62	1789	1825	3651	0,0		

Propulsion

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Propeller performance							
Vel [kts]	J	Kt	Kq	Kt/J2	Kq/J3		
2,00	0,9141	0,1294	0,0392	0,1548	0,0514		
4,00	0,9222	0,1220	0,0385	0,1435	0,0491		
6,00	0,8917	0,1493	0,0411	0,1878	0,0580		
8,00	0,8713	0,1670	0,0428	0,2199	0,0647		
10,00	0,8331	0,1987	0,0458	0,2864	0,0791		
12,00	0,6290	0,3457	0,0585	0,8737	0,2351		
13,00	0,6077	0,3594	0,0596	0,9734	0,2656		
Vel [kts]	SigmaV	SigmaN	Sigma7R	%CavAvg	%CavPeak	Press [kPa]	MinBAR
2,00	278,15	232,43	40,98	0,0	0,0	0,3	0,0418
4,00	70,38	59,86	10,53	0,0	0,0	1,2	0,0487
6,00	31,61	25,13	4,46	0,0	0,0	3,1	0,0703
8,00	17,92	13,60	2,43	0,0	0,0	6,1	0,1033
10,00	11,55	8,02	1,45	0,0	0,0	11,2	0,1684
12,00	8,07	3,19	0,61	14,5	14,5	37,7	0,5994
13,00	6,89	2,54	0,49	22,4 **	22,4	48,4	0,7657 **
Vel [kts]	PropRn	Cth	Cp	MinP/D	TipSpd [mps]		
2,00	1,71e+6	0,3943	0,0013	0,997	3,1		
4,00	3,38e+6	0,3653	0,0013	1,000	6,0		
6,00	5,19e+6	0,4782	0,0015	0,988	9,3		
8,00	7,04e+6	0,5601	0,0017	0,980	12,7		
10,00	9,12e+6	0,7292	0,0022	0,964	16,5		
12,00	1,41e+7	2,2248	0,0067	0,879	26,2		
13,00	1,58e+7	2,4787	0,0077	0,871	29,3		

Propulsion

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**

Description

Propulsive coefficients			
Wake fraction	[Calc] Oortmerssen	Wake fract scale correction	[On]
Thrust deduction	[Calc] Oortmerssen	Rudder loc	Behind prop
Relative rotative efficiency	[Calc] Oortmerssen	Wake fract duct correction	[On]
Friction line	ITTC-57	Tunnel stern correction	[Off]
Correlation allowance	0,00128		
3D form factor	1,4682		
Hull data			
[General]		[Ct-based]	
Length between PP	22,500 m	Max section area	[Cx 0,926] 34,262 m2
WL bow pt aft FP	0,000 m	Waterplane area	[Cw 0,872] 212,942 m2
Length on WL	24,420 m	Trim by stern	0,000 m
Max beam on WL	10,000 m	LCB aft of FP	[0,480 Lpp] 10,800 m
Max model draft	3,700 m	Bulb ext fwd FP	0,000 m
Displacement bare	487,17 t	Bulb area at FP	0,000 m2
Wetted surface	312,910 m2	Bulb ctr above BL	0,000 m
Chine type	Round bilge	Transom area	[0,049 Ax] 1,683 m2
[Principal parameters]		Transom beam	[0,763 B] 7,630 m
Lwl/B	2,4420	Transom draft	[0,069 T] 0,256 m
B/T	2,7027	Half ent angle	43,35 deg
Cb	0,5256	Bow shape	[U-shape] WL flow
Cws	2,9057	Stern shape	[U-shape] WL flow
Prediction method check			
Wake fraction	Oortmerssen		* = Outside parameter limit
Fn(Ld)	0,07	0,05...0,5	
Fn-high	0,44	0,05...0,5	
Ld/Bwl	2,35	3,4...6,2 *	
Bwl/T	2,70	1,9...3,4	
Cp(Ld)	0,59	0,52...0,7	
le	43,4	10...38 *	
LCB(Ld)	3,96	-4,4...2,8 *	
Cx	0,93	0,73...0,97	
Thrust deduction	Oortmerssen		
Fn(Ld)	0,07	0,05...0,5	
Fn-high	0,44	0,05...0,5	
Ld/Bwl	2,35	3,4...6,2 *	
Bwl/T	2,70	1,9...3,4	
Cp(Ld)	0,59	0,52...0,7	
le	43,4	10...38 *	
LCB(Ld)	3,96	-4,4...2,8 *	
Cx	0,93	0,73...0,97	
Rel-rot efficiency	Oortmerssen		
Fn(Ld)	0,07	0,05...0,5	
Fn-high	0,44	0,05...0,5	
Ld/Bwl	2,35	3,4...6,2 *	
Bwl/T	2,70	1,9...3,4	
Cp(Ld)	0,59	0,52...0,7	
le	43,4	10...38 *	
LCB(Ld)	3,96	-4,4...2,8 *	
Cx	0,93	0,73...0,97	

Propulsion

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**

Description

System analysis			
Analysis type	Free run	Water type	Standard Salt
Cav criteria	Keller eqn	Mass density	1025,86 kg/m3
CPP analysis method	[Off]	Viscosity	1,1883e-06 m2/s
Propulsor data			
Description		Blades	4
Propulsors	2	Exp area ratio	0,663
Propulsor type	Series	Diameter	2,400 m
Propeller series	Kaplan Ka 19A	Pitch	3,027 m
		Immersion	1,400 m
Propeller options			
Scale corr	None	Propeller cup	0,0 mm
Kt mult	[Std] 1,000	Pitch type	FPP
Kq mult	[Std] 1,000	Cav breakdown	[Off]
Blade t/c	0,000	Shaft angle corr	[Off]
Roughness	0,0 mm		
Engine data			
Engine file		Gear ratio	4,305
Rated RPM	0	Gear efficiency	1,000
Rated power	0 kW	Shaft efficiency	0,980

Propulsion

20 ene 2014 04:58

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project **remolcador.nc5**
Description

Symbols and values

Vel = Ship speed

PEtotal = Total effective power

WakeFr = Taylor wake fraction coefficient

ThrDed = Thrust deduction coefficient

RelRot = Relative-rotative efficiency

EngRPM = Engine RPM

PB/prop = Break power per propeller

PropRPM = Propeller RPM

PropEff = Propeller open-water efficiency

HullEff = Hull efficiency = $(1 - \text{ThrDed}) / (1 - \text{WakeFr})$

OPC = Overall propulsive coefficient

Thrust = Total open-water thrust

Thr/prop = Open-water thrust per propeller

DelThr = Total delivered thrust

Torque = Propeller open water torque

PD/prop = Delivered power per propeller

PS/prop = Shaft power per propeller

PBtotal = Total brake power

Fuel/eng = Fuel consumption per engine

J = Advance coefficient

Kt = Thrust coefficient

Kq = Torque coefficient

Kt/J2 = Propeller thrust-speed ratio

Kq/J3 = Propeller torque-speed ratio

SigmaV = Cavitation number based on advance velocity (Va)

SigmaN = Cavitation number based on rotational velocity (nD)

Sigma7R = Cavitation number based on helix velocity at 0.7 radius

%CavAvg = Average percent back cavitation

%CavPeak = Peak percent back cavitation (from shaft angle effects)

Press = Average propeller blade pressure

MiniBAR = Minimum recommended expanded blade area ratio

PropRn = Propeller Reynolds number

Cth = Propeller thrust loading coefficient

Cp = Propeller power loading coefficient

MinP/D = Minimum P/D ratio to avoid face cavitation

TipSpd = Linear velocity of the propeller tips

* = Propulsive coefficient prediction exceeds speed parameter

** = Exceeds cavitation criteria

*** = Cavitation breakdown is indicated

This evaluation has been carefully prepared to meet professional standards. Since it is not possible to determine the accuracy of provided data, REPLACE_COMPANY_NAME_HERE assumes no liability nor makes any performance guarantees of any kind.

Propulsion

20 ene 2014 04:57

REPLACE_COMPANY_NAME_HERE

Project remolcador.nc5

Description

Brake power per propeller

