

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

CUADERNO 6:

PREDICCIÓN DE POTENCIA Y DISEÑO DE
PROPULSORES



AUTOR: Pablo Rodríguez Díaz

PROYECTO:

TÍTULO: Remolcador de puerto de 55 TPF

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	- 2 -
2. PREDICCIÓN DE POTENCIA.....	- 6 -
3. CÁLCULO DE LOS PROPULSORES	- 13 -
4. CÁLCULO DEL TIMÓN	- 15 -

ANEXO I: MOTOR PRINCIPAL

ANEXO II: PROPULSORES SCHOTTEL

ANEXO III: SALIDA NAVCAD

PROYECTO
REMOLCADOR DE PUERTO

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Tiro a punto fijo	55 tn
Eslora total	25 m
Manga de trazado	11,0 m
Puntal a la cubierta principal	5,00 m
Velocidad	10 nudos
Tripulación	6 personas
Autonomía	2.000 millas

1. INTRODUCCIÓN

Todo cuerpo al moverse en el agua experimenta sobre sí mismo una fuerza que se opone al movimiento, dicha fuerza recibe el nombre de resistencia al avance.

En el caso del buque es necesario encontrar un tipo de mecanismo que ejerza una fuerza capaz de vencer a la nombrada anteriormente con objeto de mantenerlo en movimiento. Esta fuerza es la denominada empuje, y el mecanismo capaz de producirla propulsor.

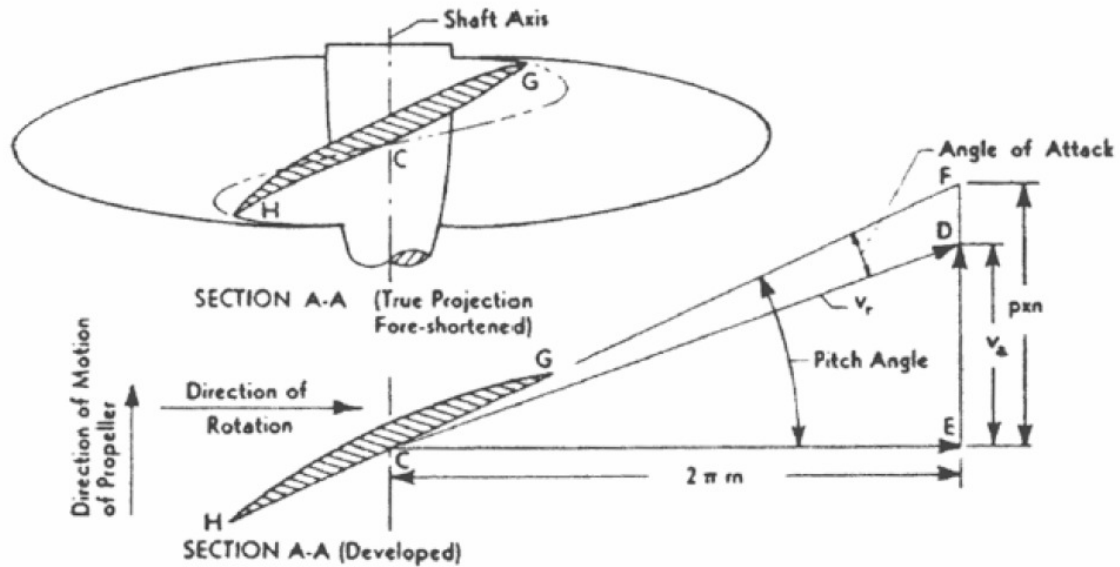
El propulsor empleado es la hélice. Su ventaja radica en que esta no se ve afectada prácticamente por el calado del buque, siempre que el diámetro elegido sea adecuado, además está protegida por la popa frente a daños provenientes de la mar ó de colisiones, no influye en el incremento del tamaño de la manga y puede ser movida a velocidades de rotación moderadas ó ligeramente altas con un buen grado de rendimiento. El principal problema surgido en el proyecto de hélices es la absorción de elevadas potencias con el riesgo de cavitación y subsiguientes erosiones.

En el caso de aquellas embarcaciones que necesitan elevados empujes a bajas velocidades de avance, grupo dentro del que se encuentran los

remolcadores, es muy aconsejado el uso de toberas, dentro de las cuáles trabajarán las hélices, suministrando de este modo un empuje adicional sin gasto de energía.

La hélice es un cuerpo con sección recta de tipo perfil (caracterizada por ser su longitud ó cuerda bastante mayor que su espesor) que moviéndose en el seno de un fluido real experimenta una fuerza perpendicular a la dirección del flujo incidente, llamada “sustentación” (L), y otra paralela a dicha dirección llamada “resistencia” (D). Ambas fuerzas tienen su origen en las diferentes presiones que se crean en ambas caras del perfil, y su valor depende de las características geométricas y del ángulo de incidencia del flujo sobre el mismo. La cara del perfil en la que se crea una sobrepresión se llama “cara de presión” ó “frontal”, y en la que se crea una depresión se denomina “cara de succión” ó “dorsal”.

Por tanto para que el perfil permanezca en movimiento, es necesario empujarle con una fuerza. Si conseguimos esto podemos utilizar la fuente L para empujar al buque, siempre que esta fuerza permanezca dirigida según el eje longitudinal del buque. Para ello no hay más que obligar al perfil a seguir un movimiento circular de giro alrededor de un eje y a una distancia r del mismo. Esto se puede conseguir ligando el perfil mecánicamente al eje de una maquina rotatoria. La máquina entonces tendrá que vencer un par igual a $D \cdot r$. El movimiento principal será el de rotación, con una velocidad tangencia de $2 \cdot \pi \cdot r \cdot n$. Pero debido al empuje del perfil, el buque (y por tanto el perfil) tendrá una movimiento de avance, que es lo que se desea.



Métodos de proyecto de hélices

El diseño de la hélice más adecuada para cada buque implica, como todos los aspectos de la Hidrodinámica relacionados con el Proyecto, una solución de compromiso para hacer frente a diversas necesidades muchas veces contrapuestas. Sin embargo existen unos objetivos claros que deben ser cubiertos:

- La hélice debe proporcionar un empuje suficiente para propulsar al buque a la velocidad deseada, con un rendimiento lo mayor posible, es decir que la potencia absorbida por ella sea la mínima que pueda alcanzarse. Esto es debido a la búsqueda de una economía en la potencia de la maquinaria instalada y, por tanto, en el consumo de combustible.
- No deben presentarse fenómenos de cavitación, ó, al menos, han de estar reducidos a límites admisibles.
- La resistencia mecánica ó estructural de la hélice ha de ser adecuada para permitirle funcionar sujeta a los esfuerzos desarrollados en sus palas sin riesgo de fracturas ó deformaciones.

En la actualidad existen dos métodos apropiados para el correcto proyecto de una hélice:

- Por series sistemáticas (el más utilizado)

- Por Teoría de Circulación; se utiliza cuando la hélice está muy cargada o cuando ha de trabajar con un reparto de estela muy poco uniforme. En ambos casos la hélice es muy susceptible de cavitatar.

Una serie sistemática de propulsores es un conjunto de formas de hélices relacionadas entre sí de maneras geométricas y sistemática, elegidas para tener buenos rendimientos y comportamiento en cavitación y de las que, adicionalmente, se dispone de resultados de ensayos de propulsor aislado. Primero se realiza un estudio muy elaborado por Teoría de Circulación de la forma de los perfiles contorno pala, ley de pasos etc. luego se varían sistemáticamente los parámetros geométricos tomando como polo de variación los de la hélice patrón, y finalmente se construyen diferentes modelos de propulsores y se realizan ensayos de propulsor aislado, plasmando todo esto en un informe de resultados para poder ser utilizados a la hora de realizar dicho proyecto.

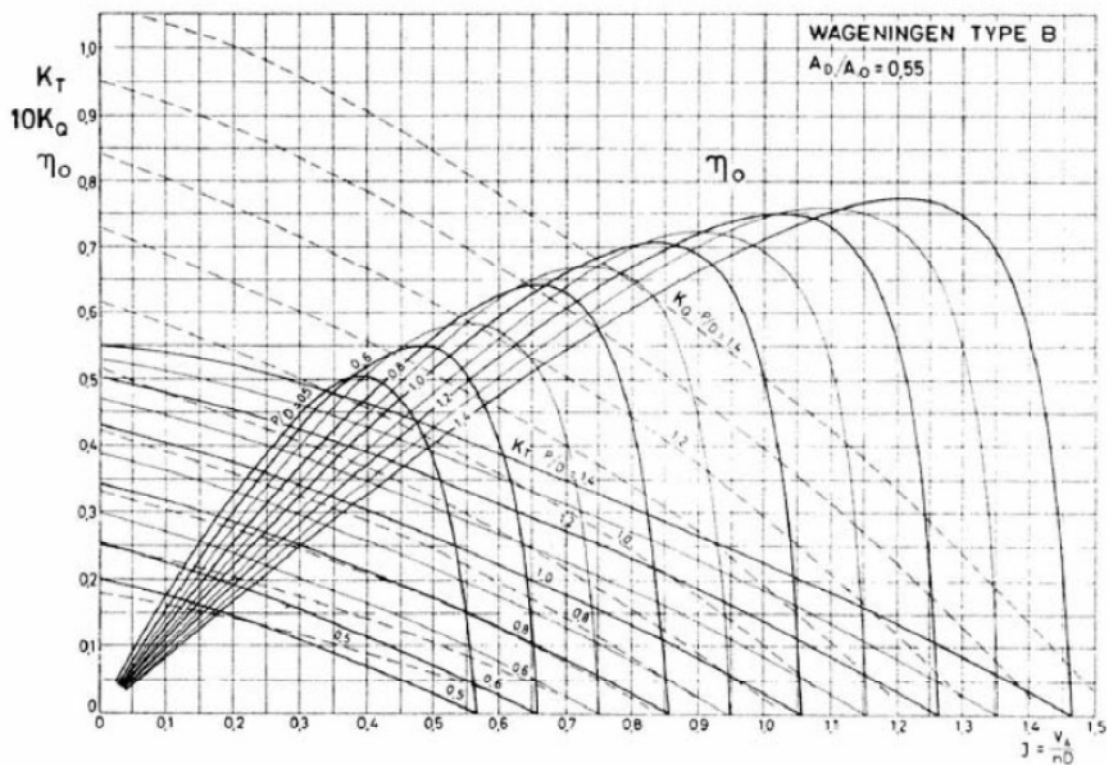


Figure 6.3.10. Results of open-water tests on four-bladed model propellers of the Wageningen B 4-55 type.

2. PREDICCIÓN DE POTENCIA

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

Por tanto, la potencia instalada no está definida por la resistencia al avance que presenta el buque en 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.

No obstante se realizarán los cálculos para determinar la resistencia al avance y verificar que se alcanza la velocidad requerida en la especificación y para ello procederemos a calcular la potencia de remolque (EHP) empleando para ello conocidos métodos teóricos de predicción de potencia.

Recordando en este punto los siguientes datos de la especificación:

$$\text{TPF} = 55 \text{ tn}$$

$$V = 10 \text{ nudos}$$

Seguidamente, el primer paso a realizar es la selección del método de predicción de resistencia al avance a emplear.

Estos métodos, en general, se basan en ensayos realizados por Canales de Experiencia sobre series sistemáticas de modelos. Cada uno de los cuales se caracteriza por los parámetros de los modelos ensayados, y para que sean aplicables a un buque determinado debe estar comprendido en el rango de variación de dichos parámetros.

Sin embargo, rápidamente se comprueba que ninguno de estos métodos se ajusta a los parámetros del buque objeto de este proyecto (Marad, BSRA, 60, Taylos, HSPA, De Groot, 63, Nordstrom, 64, NSMB, SSPA, NPL, etc...).

Algo que era de esperar, puesto que para el diseño de la carena no se ha partido, ni utilizado en momento alguno de cualquiera de las series sistemáticas existentes.

Descartada esta vía, y la posibilidad de realizar ensayos de carenas en Canal de Experiencias; acudimos a la predicción de la potencia propulsiva según el método de Holtrop, para lo cual utilizaremos los programas informáticos ShipShape, HullSpeed (maxsurf) y APAEP. Los cálculos se realizan para la condición de proyecto, un calado de 4,00 m.

MÉTODO DE VAN OORTMERSSEN

El método de G. Van Oortmerssen se basa en la hipótesis de Hughes por la cual se considera que la resistencia total de avance es la suma de dos resistencias independientes entre sí, la resistencia por formación de olas y la resistencia viscosa.

$$R_t = R_v(R_n) + R_w(F_n)$$

El cálculo de la resistencia por formación de olas, R_w , se obtiene a partir de ensayos en el canal, considerando además parámetros geométricos del buque y teniendo en cuenta el número de Froude. El cálculo de 1ª resistencia viscosa se hace por medio de la línea de fricción ITTC-57, multiplicada por un coeficiente de forma (1+k).

El método de G. Van Oortmerssen puede aplicarse a buques cuyos parámetros de diseño estén dentro de los valores expuestos a continuación:

$$F_N < 0,50$$

$$0,50 < C_P < 0,73$$

$$0,70 < C_M < 0,97$$

$$3,0 < L_{PP}/B < 6,2$$

$$1,9 < B/T < 4,0$$

$$8,0 < L_{PP} < 80,0$$

$$5,0 < DISW < 3000$$

$$-7,0 < X_B < 2,8$$

Como puede observarse nuestro buque se encuentra dentro de dicho rango de aplicación, excepto por el hecho de que no se cumple la 4ª relación:
 $L_{PP}/B = 2,27$.

Aún así utilizaremos este método para hacer la estimación de potencia.

ESTIMACIÓN DE POTENCIA CON SHIPSHAP

El Shipshape nos permite, además, una predicción de los propulsores con las Series B de Wageningen, aunque estas no serán las definitivas, ya que las que deberemos usar serán las de Kaplan con tobera. De todos modos, para la predicción de potencia es necesario introducir el diámetro máximo del propulsor. Este viene determinado por las claras en el codaste. Según los datos de las regresiones se estima una potencia de unos 3.300 kw, el fabricante de los propulsores estima que el modelo de propulsor necesario es el SRP 1215 con un diámetro de hélice de 2,4 m.

Además, con el Shipshape podremos estudiar el comportamiento de las hélices con diferente número de palas. Sin embargo, y tras observar los propulsores de los buques de la base de datos, vemos que para hélices Kaplan en tobera y paso variable, todos utilizan propulsores de cuatro palas. Por lo tanto, para nuestros cálculos utilizaremos hélices de 4 palas, ya que, además la teoría nos dice que el rendimiento para igual diámetro es mejor para la hélice con menor número de palas.

SHIPSHAP	Ver. 4.x	M3 - Hull Geometry Data Page 1	Date: 2014-12-28
Lwl	24.250 (m)	Cp (Lwl)	0.6662 (-)
B	10.918 (m)	Lcb (Lwl)	-4.47 (%)
T	4.000 (m)	Cw (Lwl)	0.8632*(-)
Trim	0.000 (m)	Aft body factor	0.0 (-)
Rake of keel	0.475 (m)	Wet surface	325.829*(m2)
Displacement	618.500 (tonnes)	Sec. bulb area	0.000 (m2)
Water density	1.025 (tonnes/m3)	Bulb c.ab. keel	0.000 (m)
Skin factor	0.50 (%)	Subm. tr. stern	0.000 (m2)
Cm	0.8510 (-)	Half angle fore	49.4*(degr.)
Cb (Lwl)	0.5669 (-)	App. allowance	2.00 (%)

F1 Help page **F5** Report to file **F6** Report to printer
PgUp Next Page <Service Speed Calculations> **Esc** Return

SHIPSHAPE	Ver. 4.x	M3 - Service Speed Calc.	Page 2	Date: 2014-12-28
Service speed	10.00	(knots)	Towing resist	32.529 (kN)
Serv. allowance	0.00	(%)	Effective pow	167.34 (kW)
Wake fraction	*	(-)	Effective pow	227.52 (HP)
Thrust ded.	*	(-)	Wake fraction	0.17947 (-)
Rel. rot. eff.	*	(-)	Thrust ded.	0.20323 (-)
No. of prop.s	2	(-)	Rel. rot. eff.	1.06438 (-)
No. of blades	4	(-)	Hull efficiency	0.97105 (-)
Safety cavitat.	No		Thrust power	161.91 (kW)
Axis above keel	0.900	(m)	Thrust power	220.13 (HP)
Max. prop.diam.	2.400	(m)	Propeller eff.	0.75928 (-)
Prop. diameter	2.400	(m)	Propulsive eff.	0.78477 (-)
Blade area rat.	*	(-)	Shaft power	213.24 (kW)
Pitch ratio	*	(-)	Shaft power	289.92 (HP)
RPM	*	(-)	Prop. diameter	2.400 (m)
			Blade area rat.	0.300 (-)
			Pitch ratio	1.600 (-)
			RPM	92 (-)

F1 Help F2 Calc. F3 Q.Calc. F4 Message F5 Report,file F6 Report,printer
PgUp Next Page (Speed Range Calculations) PgDn Previous Page Esc Return

SHIPSHAPE	Ver. 4.x	M3 - Speed Range Calc.	Page 3	Date: 2014-12-28					
Variable pitch?	Yes		Prop. diameter	2.400 (m)					
Variable RPM ?	No		Blade area rat.	0.300 (-)					
Speed (Knots)	Wake frac.	Thrust ded.	Rel.rot. eff.	Eff. power (kW)	Shaft power (kW)	Shaft power (HP)	RPM	Pitch ratio	
0.00	*	*	*						
2.00	0.149	0.303	1.174	1	1	13	17	92	0.147
4.00	0.158	0.269	1.153	7	9	21	29	92	0.431
6.00	0.167	0.241	1.128	22	29	40	54	92	0.712
7.00	0.170	0.229	1.113	34	47	54	74	92	0.859
8.00	0.174	0.219	1.098	54	74	77	105	92	1.025
9.00	0.177	0.210	1.082	93	127	126	171	92	1.252
10.00	0.179	0.203	1.064	167	228	213	290	92	1.600
12.00	0.184	0.194	1.026	486	661	632	859	92	
0.00	*	*	*						

F1 Help F2 Calc. F3 ... F4 Message F5 Report,file F6 Report,printer
F7 Graphics,screen F8 Graphics,printer PgDn Previous Page Esc Return

ESTIMACIÓN DE POTENCIA CON HULLSPEED

	Value	Units	Van Oortmeersen
LWL	24,25	m	24,25 (low)
Beam	10,918	m	10,918 (high)
Draft	4	m	4
Displaced volume	603,79	m ³	603,79
Wetted area	323,785	m ²	323,785
Prismatic coeff.	0,67		0,67
Waterplane area coeff.	0,894		--
1/2 angle of entrance	49,2	deg.	49,2 (high)
LCG from midships(+ve for'd)	-1,081	m	-1,081
Transom area	0	m ²	--
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0,122	m	--
Max sectional area	37,16	m ²	37,16
Bulb transverse area	0	m ²	--
Bulb height from keel	0	m	--
Draft at FP	4	m	--
Deadrise at 50% LWL	11,2	deg.	--

Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kts	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,00040		
Kinematic viscosity	0,0000011883	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	36,314 (low)

Velocidad knt	Resistencia kN	Potencia kW
0	--	--
0,5	0	0,011
1,0	0,1	0,076
1,5	0,3	0,242
2	0,5	0,556
2,5	0,9	1,161
3	1,6	2,524
3,5	2,9	5,205
4	4,6	9,476
4,5	6,6	15,293
5	8,7	22,469
5,5	10,9	30,818
6	13,1	40,521
6,5	14,8	49,631
7	18,5	66,63
7,5	18,2	70,406
8	21,7	89,385
8,5	34,2	149,66
9	36,9	170,928
9,5	24,9	121,75
10	15,8	81,228
10,5	25,9	139,933
11	56,4	319,117
11,5	96,7	572,014
12	133,7	825,487
12,5	158,1	1016,947

Elección de la potencia con los resultados obtenidos:

	Potencia efectiva (kW)	Potencia al eje (kW)
Hullspeed	81,228	-
Shipshap	167	213

El programa ShipShap para navegación en aguas libres y los datos de entrada estima una potencia efectiva de 167 kW y una potencia al eje de 213 kW. El rendimiento será:

$$\eta = \frac{167}{213} = 0,784$$

Éste es el rendimiento estimado por el programa y su método de cálculo para la línea de eje.

$$\text{potencia al eje según Hullspeed} = 81,228 \cdot (1 + (1 - 0,784)) = 98,77 \text{ kW}$$

Por lo tanto:

	Potencia efectiva (kW)	Potencia al eje (kW)
Hullspeed	81,228	98,77
Shipshap	167	213

Para la definición de los motores propulsores definitivos tendremos que sumar a éste valor los distintos márgenes de trabajo:

- + 15 % de Margen de Mar
- Funcionamiento al 85 % de MCR
- 0 % del generador de cola, ya que en este caso no dispondremos de uno.
- 97% rendimiento línea de ejes

La potencia de nuestros motores (2 motores), será:

$$Pot. \text{ motor} \cdot 0,85 \cdot 2 = (\text{resist. avance} \cdot \text{velocidad}) \cdot 1,15 \cdot 1,03$$

Siendo: *resist. Avance* · *velocidad* = *potencia al eje*

$$Pot. \text{ motor} = \frac{Pot. \text{ al eje} \cdot 1,15 \cdot 1,03}{0,85}$$

Por lo tanto, aplicando los márgenes, tendremos:

	Estimación de potencia al eje (kW)	Aplicando márgenes (kW)
Hullspeed	98,77	137,64
Shipshap	213	296,82

Por simplicidad y facilidad de mantenimiento se instalarán los dos motores iguales, con lo que la potencia que cada uno de nuestros dos motores propulsores deberá tener será:

$$Potencia\ de\ cada\ motor = \frac{296,82}{2} = 148,41kW$$

Por lo tanto, para navegación libre se estima una potencia necesaria de:

Potencia necesaria en aguas libres por motor = 149 kW = 200 hp

Estos valores son inferiores a los que habíamos obtenido en el Cuaderno 1 de predimensionado. Como ya hemos visto, nuestro buque tiene como RPA la tracción a punto fijo, y esta condiciona la potencia. En el Cuaderno 1 vimos que la potencia necesaria era aproximadamente 3300kW (1650kW por motor), valor superior al necesario para dar la velocidad de proyecto. Por lo tanto, esta será la potencia que defina el motor.

Fabricante	Caterpillar	Wärtsilä	Wärtsilä
Tipo	3512C-HD	20	26
Nº Cilindros	12	9	6
BkW	1895	1800	2040
g/kWh	216		
Longitud (mm)	3153	4261	4401
Manga (mm)	2232	1756	2489
RPM	1800	1000	1000
Peso (t)	7,484	11,6	18,4

Para el criterio de selección del motor propulsor no sólo nos basaremos en criterios económicos globales, haremos la selección teniendo en cuenta los criterios de empacho y consumo específico

Seleccionaremos un motor Caterpillar 3512C HD, que optimizado para 1800 r.p.m. da una potencia de 1895 kW (2541 bhp). Con éstos motores alcanzaríamos una potencia de 3790 kW y cumpliríamos con todos los

requerimientos. Éste es un motor que se acerca mucho a la potencia deseada y el cual dispone de repuestos en todas partes del mundo.

Éste motor se puede combinar con el propulsor Schottel SRP 1215 que está recomendado según el fabricante para remolcadores de a partir de 55 tn de tiro a punto fijo. Éste propulsor dispone de una hélice de 2,4 m de diámetro. A la hora de acoplarle el motor tenemos que cumplir:

Velocidad: entre 1000 y 1800 r.p.m

Potencia: entre 1778 – 2200 kW

Por lo tanto el propulsor propuesto es adecuado.

En el Anexo I se adjunta información del motor propuesto y en el Anexo II de los propulsores.

3. CÁLCULO DE LOS PROPULSORES

Las hélices que hemos seleccionado son de tipo azimutal con tobera, tienen la posibilidad de girar sobre sí mismas alrededor de un eje vertical. Hemos elegido este tipo de hélices porque:

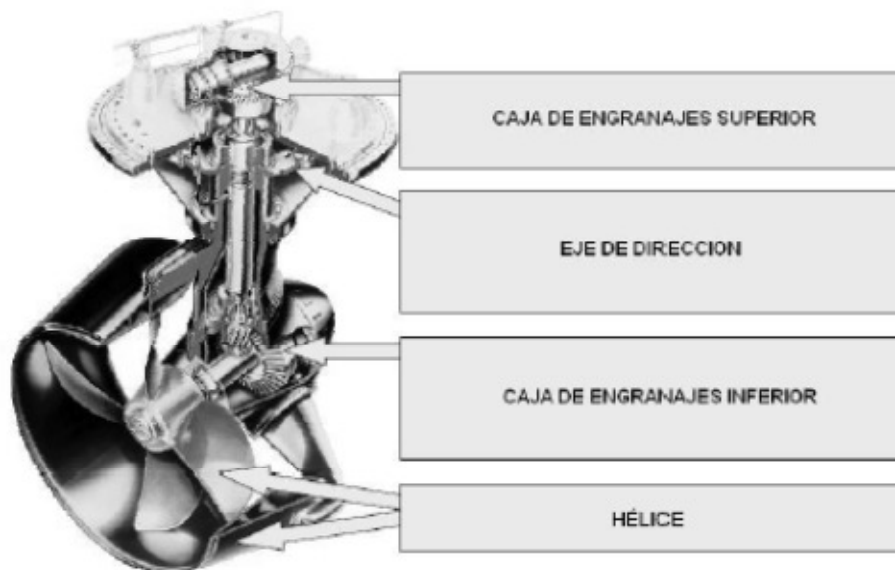
- Gracias a la tobera se desarrolla un mayor empuje a menores revoluciones.
- Mejor estabilidad de ruta.
- Menores vibraciones y nivel de ruido en el buque.
- Se desarrollan mayores velocidades en mares de proa.

El propulsor azimutal puede girar 360° alrededor de un eje vertical proporcionando un empuje en todas direcciones controlado, 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 regularidad del flujo de 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 de un buque a bajas velocidades. La mayor contribución de las toberas en la propulsión del buque se presenta en la condición de tracción a punto fijo. Ya que a medida que la

velocidad del buque aumenta decrece la contribución de la tobera al empuje total.

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 1215, cuyo diámetro de hélice es de 2400 mm pudiendo dar una potencia de hasta 2200 kW.



Comprobamos que da el tiro con la aplicación de Schottel Hydra online. Los resultados para velocidad cero se muestran a continuación:

without nozzle with nozzle

Number of units [-]

SRP

Input speed [rpm]

Gear reduction: [i] *

Input power [kW]

Mech. losses [-] *

Diameter [mm]

Blades [-] *

Blade area ratio [-] *

Ship speed [kts]

Wake fraction [-] ?

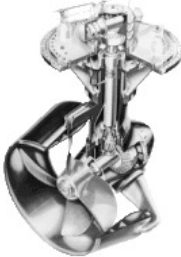
Thrust deduction [-] ?

* Default values!

All given results are estimations for typical applications!

For more detailed informations, advice or a personal offer please contact our [sales departement](#).

SRP unit




Max. diameter [mm]

Max. power [kW]

Suitable power for the selected vessel [kW]

Application example



select your type of ship:

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

Block coefficient cb abt. 0.75.

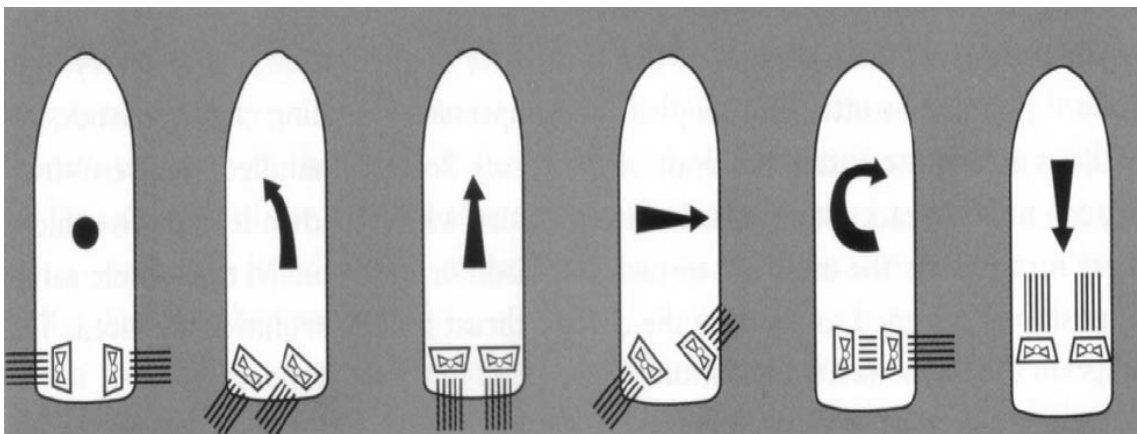
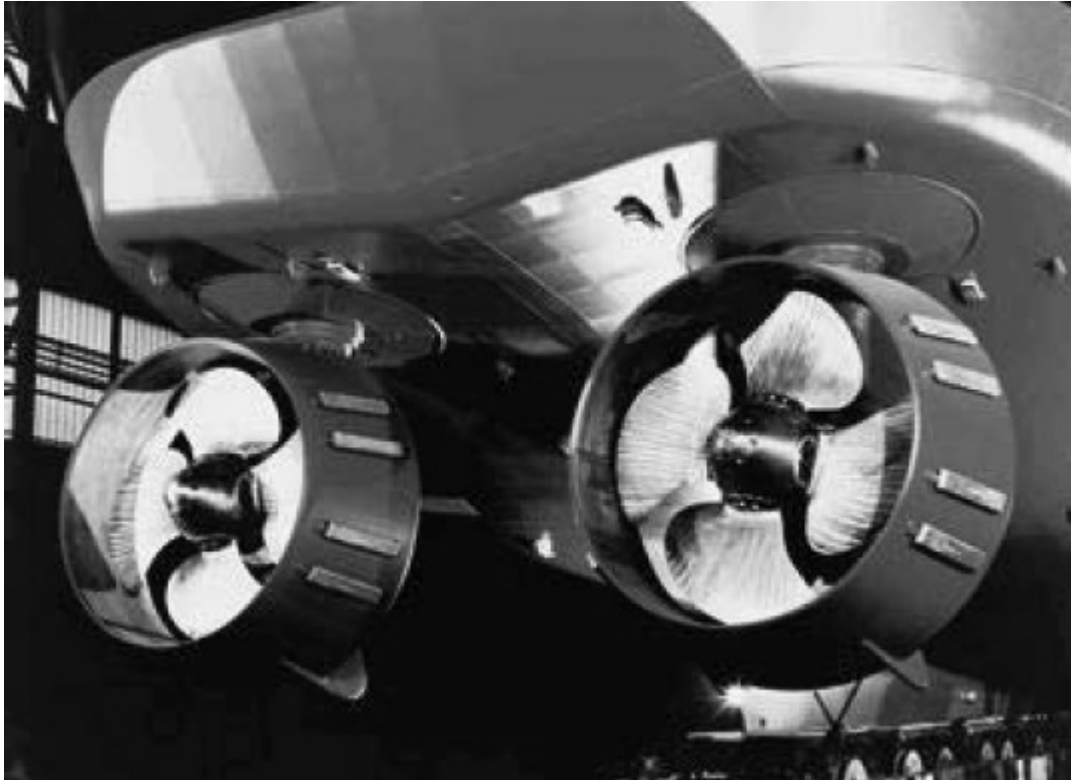
Performance			Propeller characteristics		
Total thrust	556.92	kN	Adv. number	0.0000	-
	56.77	t	Pitch ratio	0.8781	-
Input torque	16.484	kNm	Torque coeff.	0.0327	-
Tip speed	35.1	m/s	Thrust coeff.	0.4153	-
Prop. load	393.0	kW/m²	Prop. efficiency	0.0000	-

También se procederá a la comprobación del propulsor. Para ello se hace uso del programa "NavCad". (La salida del programa se adjunta en anexo)

SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
1,00	855,63	332,68	63,67	2,40	0,060	0,09	2,0	2,0	1681,5
2,00	213,06	77,38	14,88	4,98	0,066	0,47	2,0	2,0	1665,6
4,00	53,09	19,74	3,79	9,85	0,083	1,74	2,0	2,0	1671,1
6,00	23,55	8,92	1,71	14,66	0,110	3,68	2,0	2,0	1675,3
7,00	17,29	6,58	1,26	17,06	0,127	4,92	2,0	2,0	1676,5
8,00	13,23	5,04	0,97	19,50	0,148	6,44	2,0	2,0	1676,5
9,00	10,45	3,91	0,75	22,13	0,178	8,63	2,0	2,0	1672,6
+ 10,00 +	8,46	3,08	0,59	24,94	0,221	11,66	2,0	2,0	1666,1
11,00	6,99	2,49	0,48	27,72	0,268	15,03	2,0	2,0	1661,4
12,00	5,87	1,98	0,38	31,12 !	0,352	21,04	2,0	2,0	1648,5

4. CÁLCULO DEL TIMÓN

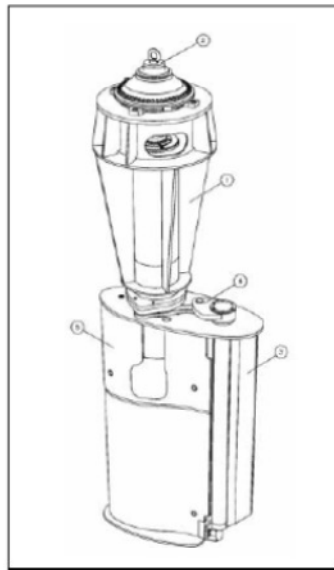
En este caso, como la propulsión es mediante Schottel, no se dispone de timón en sí mismo. La función que realizaría el timón para la maniobra del buque, es realizada por este tipo de hélices azimutales, que son capaces de producir empuje en una abanico de 360º, siendo más efectivas que los timones a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



De todas maneras se incluye el cálculo del timón aunque en este caso no se utilizará dicho timón.

A efectos de cálculo consideraremos sendos timones, cada uno situado detrás de cada tobera. Vamos a elegir del tipo suspendido, como la mayoría de buques de este tipo, y además vamos a diseñarlo de contorno rectangular, ya que una opción muy habitual en barcos que deben maniobrar a bajas velocidades es usar timones activos. Estos tienen un alerón móvil en el borde de salida y que mejora la maniobrabilidad cuando se opera a velocidades reducidas. Estos timones tienen contorno rectangular, y por ello lo hacemos de esta manera. Además, muchos de los buques de la base de datos montan

timones rectangulares, lo que también justifica esta decisión. Un esquema de un timón Ulstein de este tipo es el siguiente:



Principal Specification:
 Rudder Angle ± 45°
 Flap Angle ± 100°
 Rudder balance approx. 34 %
 Flap length approx. 24 %
 Rudder area up to 20 m²
 Chord length 1,2-1,5-1,75-2,0-2,33-2,7-3,3 m
 Suitable for vessel speeds up to - 18 knots



- 1. Rudder trunk.**
Designed for minimum installation time and cost. The trunk is tailor-made to suit each individual vessel.
- 2. Rudder stock.**
Made to suit all steering gears. Hydraulic taper coupling to rudder tested and approved by class societies.
- 3. Flap.**
Connection to rudder by hinges. Welded construction as in the main rudder.
- 4. Flap mechanism.**
Well proven mechanism also at high ice classes.
- 5. Rudder.**
Welded construction of certified steel. Drain plugs of stainless steel. Lifting holes arranged.

© 2008 Ulstein

Para calcular el timón además del área de la pala debemos calcular el par que se ejerce sobre esta para calcular el servomotor.

Área y altura

Normalmente, el área del timón representa entre el 1.5 % y el 2 % del área de deriva. Sin embargo, para buques con dos timones, el área será del 1.25 % de esta área de deriva para cada timón (ver Proyecto Básico Buque Mercante, apuntes de F. Junco).

En nuestro caso, vamos a tomar como calado el mayor de todas las condiciones, con objeto de diseñar el timón para que se cumplan los requisitos de maniobrabilidad en todas las condiciones. Por lo tanto:

$$\text{Área de cada Timón} = \frac{1.25}{100} \cdot L_{pp} \cdot T = \frac{1.25}{100} \cdot 21 \cdot 4.00 = 1,05 \text{ m}^2$$

La altura del timón, debe cubrir todo el diámetro de la hélice. En nuestro caso, tenemos una hélice de 2,4 m rodeada por una tobera. Para que el timón cubra toda la hélice e incluso los límites de la tobera, disponemos una altura de 2,8 m.

Con esta altura y el área, calculamos el valor de la longitud de la pala:

$$\text{Longitud de la Pala} = \text{Área} / \text{Altura} = 1,05 / 2,8 = 0.375 \text{ m}$$

Perfil

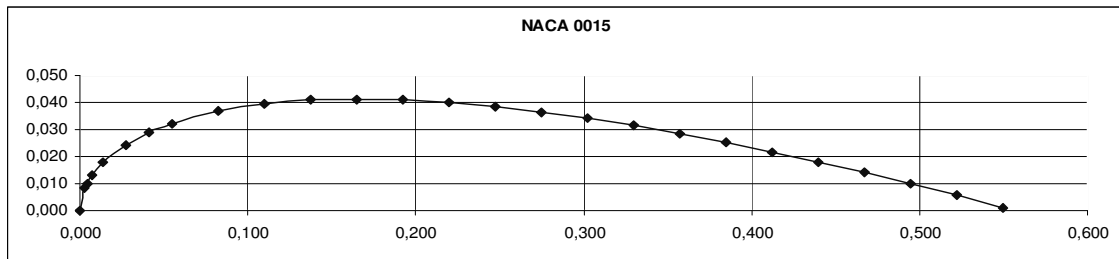
Para los perfiles de los timones se usan los perfiles aeronáuticos NACA, de la serie 0015 que son simétricos. Las coordenadas de estos perfiles se dan en porcentajes de la cuerda, es decir, de la longitud del perfil, y para nuestro caso tenemos:

NACA 0015		
x	y	dy/dx
0	0,000	-
0,5	1,527	1,477
0,75	1,856	1,187
1,25	2,367	0,895
2,5	3,268	0,597
5	4,443	0,379
7,5	5,250	0,276
10	5,854	0,211
15	6,682	0,127
20	7,172	0,072
25	7,427	0,032
30	7,502	0,000
35	7,436	-0,026
40	7,254	-0,047
45	6,976	-0,064
50	6,618	-0,079
55	6,191	-0,092
60	5,704	-0,103
65	5,166	-0,113
70	4,580	-0,122
75	3,950	-0,130
80	3,279	-0,139
85	2,566	-0,147
90	1,810	-0,156
95	1,008	-0,165
100	0,158	-0,175

Para el valor de la cuerda de 0,375 m tenemos:

x	y
0,000	0,000
0,003	0,008
0,004	0,010
0,007	0,013
0,014	0,018
0,028	0,024
0,041	0,029
0,055	0,032
0,083	0,037

0,110	0,039
0,138	0,041
0,165	0,041
0,193	0,041
0,220	0,040
0,248	0,038
0,275	0,036
0,303	0,034
0,330	0,031
0,358	0,028
0,385	0,025
0,413	0,022
0,440	0,018
0,468	0,014
0,495	0,010
0,523	0,006
0,550	0,001



Por lo tanto, una vez elegido el perfil, el área, la altura y la longitud, nos queda situar el eje. Un timón compensado es aquel en que una parte del área está situada a proa del eje. Esto ayuda a disminuir los esfuerzos sobre el eje, y la mayoría de timones hoy en día están diseñados de esta manera. Como norma general, el área situada por delante del eje debe estar entre el 10 % y el 20 % del área total del timón. Tomaremos un valor del 15%. Así:

$$\text{Relación Área compensada / Área total} = 15 \%$$

$$\text{Área de compensación} = 0,15 \cdot A_{\text{tot}} = 0,15 \cdot 1,05 = 0,1575 \text{ m}^2$$

$$\text{Situación del eje} = 0,1575 / 2,8 = 0,056 \text{ m}$$

Con este sencillo cálculo aseguramos que esta medida es adecuada y entra en los límites normales.

Cálculo del Servomotor

Para el cálculo del servomotor deberemos conocer la posición del centro de presión del timón, su distancia al eje, la fuerza máxima que se ejerce sobre el timón y con todos ellos el par máximo que se ejerce sobre cada timón.

$$D = \text{Distancia del centro de presiones (C.P.) al borde de ataque}$$

$$D = (0,2 + 0,3 \cdot \text{sen } \alpha) \cdot l = (0,2 + 0,3 \cdot \text{sen } 35) \cdot 0,375 = 0,14 \text{ m}$$

$$X_a = \text{Distancia C.P. al eje avante} = D - 0,087 = 0,053 \text{ m}$$

$$X_c = \text{Distancia C.P. al eje ciando} = (0,375 - 0,053) - D = 0,182 \text{ m}$$

En estas expresiones, el ángulo α representa el ángulo de giro del timón. Los cálculos, según las Sociedades de Clasificación, se hacen para un giro de 35° .

$$\text{Fuerza máxima sobre timon} = \frac{41,35 \cdot S \cdot v^2 \cdot \text{sen} \alpha}{0,2 + 0,3 \cdot \text{sen} \alpha}$$

Fuerza máxima avante:

$$V_{\text{avante}} = 10 \text{ knts} = 5,14 \text{ m/s}$$

$$A = 1,05 \text{ m}^2$$

$$\text{Fuerza máxima avante} = 1769 \text{ kg}$$

Fuerza máxima ciando:

$$V_{\text{ciando}} = (2/3) V_{\text{avante}} = 3,43 \text{ m/s}$$

$$\text{Fuerza máxima ciando} = 788 \text{ kg}$$

$$\text{Par sobre cada timón} = F_{\text{máx}} \cdot X$$

1.	Fuerza Máxima (ton)	X (m)	Par Máximo (ton·m)
Avante	1,769	0,053	0,094
Ciando	0,788	0,182	0,14

Diseñamos el servo para poder vencer el par máximo. Además, vamos a usar un servo común, de modo que tiene que ser capaz de vencer el par generado en ambos timones. Y también, sobre el valor final calculado aplicamos un coeficiente de seguridad del 30 %, como margen por imprevistos. Por lo tanto, el par que deberá vencer nuestro servo será:

$$\text{Par servomotor} = 1,3 \cdot 2 \cdot \text{Par ciando} = 1,3 \cdot 2 \cdot 0,14 = 0,364 \text{ t/m}$$



ANEXO I

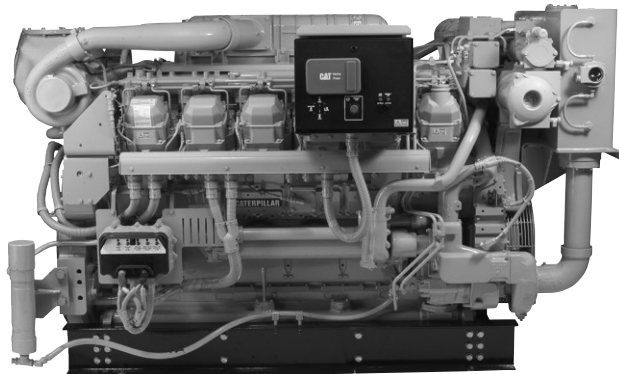


Image shown may not reflect actual engine

SPECIFICATIONS

V-12, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Emissions	IMO Compliant
Bore	170.0 mm (6.7 in)
Stroke	215.0 mm (8.5 in)
Displacement	58.6 L (3576 in ³)
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise
Compression Ratio	14.7:1
Capacity for Liquids	
Cooling System (engine only)	156.8 L (41.4 gal)
Lube Oil System (refill)	155.0 L (40.9 gal)
Oil Change Interval	250 hr
Minimum Lube Oil Grade (required)	CH-4
Weight, Net Dry	
(LW configuration approx)	6725 kg (14,830 lb)
(Comm configuration approx)	7484 kg (16,500 lb)

STANDARD ENGINE EQUIPMENT

Air Inlet System

Corrosion-resistant separate circuit aftercooler core, power-core air cleaners with service indicator, dual turbochargers

Cooling System

Both combined and separate circuit options — auxiliary fresh water pump, centrifugal non-self-priming auxiliary sea water pump, gear driven centrifugal jacket water pump, expansion tank, engine oil cooler, thermostats and housing

Control System

Dual A3 engine control modules provide engine control and monitoring, rigid wiring harness with plug and run connectors on port and starboard sides

Exhaust System

Dry gas tight exhaust manifolds with SOLAS compliant heat shields, dual turbochargers with water-cooled bearings and heat shields, wastegate, modular pulse exhaust manifold, single exhaust outlet

Fuel System

Electronically controlled unit injectors, fuel filter with service indicators, fuel transfer pump, SOLAS compliant fuel connections with spill shield

Instrumentation

Engine-mounted instrument panel with Marine Power Display (MPD), four-position engine control switch, alarm horn, overspeed shutdown notification light, emergency stop notification light, secondary ECM “Ready” light, secondary ECM “Active” light, graphic display unit for analog or digital display of oil and fuel pressure, oil and fuel filter differential, system DC voltage, exhaust and water temperature, air inlet restriction, service meter, engine speed, fuel consumption (total and instantaneous)

Lube System

Pre-lube strategy, top-mounted dual crankcase breathers, oil filter with service indicators, oil level gauge, oil filler, gear-type oil pump

Mounting System

Three point trunnion mounts or mounting rails

Power Take-Offs

Accessory drives — lower RH and lower LH for standard rotation; upper and lower RH, upper and lower LH for opposite rotation; two-sided front housing

Protection System

A3 engine control module with customer programmable engine derate strategies, engine alarms and diagnostics displayed on local and remote MPDs, emergency stop pushbutton, safety shutoff protection for oil pressure and water temperature, overspeed protection

Standard Lightweight (LW) Configuration

250-hour oil pan, trunnion mounts, high performance cooling pipe, engine-mounted SW pump and heat exchanger

Optional Commercial (COMM) Configuration

1000-hour oil pan, mounting rails, expansion tank, engine-mounted SW pump and heat exchanger

General

Vibration damper and guard, Caterpillar® yellow paint, lifting eyes

Factory-designed systems built at Caterpillar ISO 9001:2000 certified facilities.

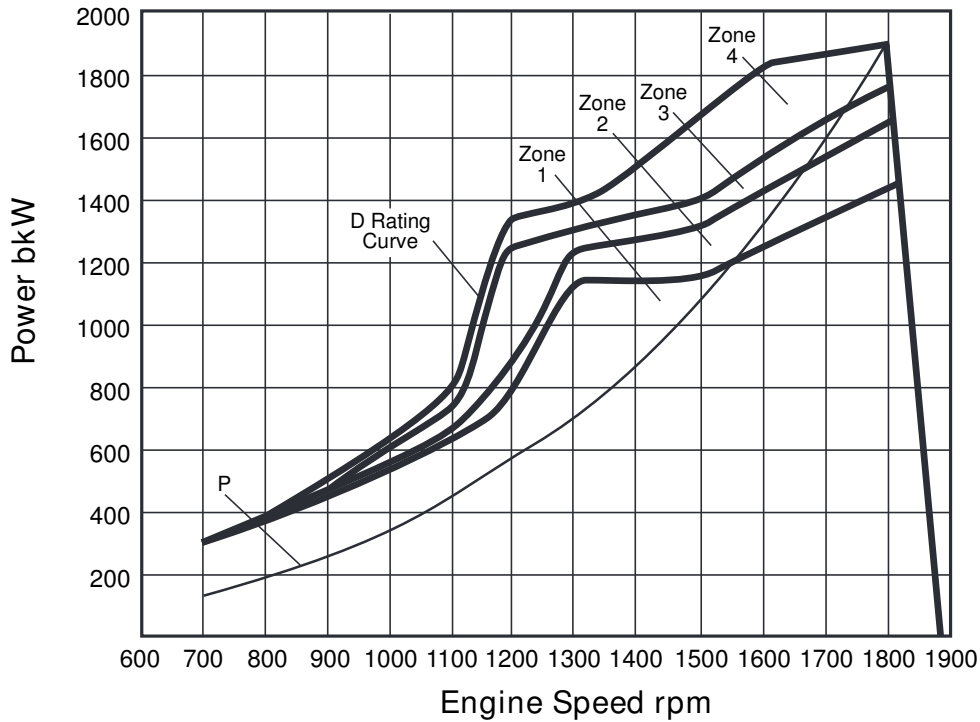
COMMON OPTIONAL EQUIPMENT

- Pilot house panel with Marine Power Display (MPD), remote start/stop, E-stop, alarm display, override
- Cat® engine-mounted plate-type heat exchanger with integrated fuel cooler
- Gateway for modbus/ethernet communications
- Individual cylinder exhaust temperature scanner
- Local speed control
- High capacity engine-mounted SW pumps
- Spare parts kit
- Vertical or horizontal exhaust connections
- Engine-mounted electric pre-lube pump

MARINE ENGINE PERFORMANCE

D Rating (Intermittent Duty)

Aftercooler Water Temperature 40 °C



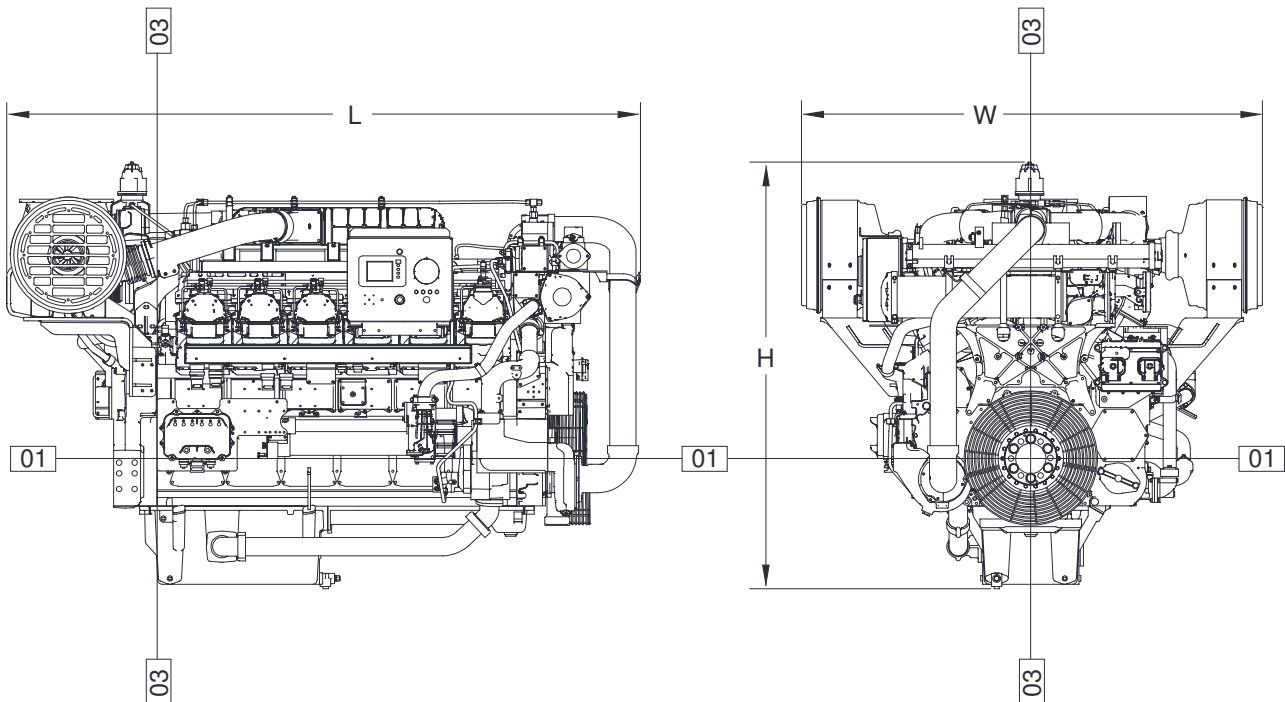
	Engine Speed rpm	Engine Power bkW	BSFC g/kW-hr	Fuel Rate L/hr
Zone 4 Curve: 4	1800	1895	216	483
	1500	1660	201	398
	1300	1384	195	322
	1100	782	206	192
	900	481	208	119
	650	250	205	61
Zone 3 Curve: 3	1807	1686	209	420
	1500	1400	196	327
	1300	1292	195	300
	1100	729	206	179
	900	481	208	119
	650	284	205	69
Zone 2 Curve: 2	1815	1471	209	366
	1500	1278	196	329
	1300	1225	196	286
	1100	666	205	163
	900	481	208	119
	650	284	205	69

	Engine Speed rpm	Engine Power bkW	BSFC g/kW-hr	Fuel Rate L/hr
Zone 1 Curve: 1	1820	1417	209	353
	1500	1158	196	270
	1300	1153	196	269
	1100	624	205	152
	900	469	207	116
	650	284	205	69
Prop Demand Curve: P	1800	1895	216	483
	1500	1097	196	256
	1300	714	201	171
	1100	432	201	104
	900	237	202	57
	650	89	240	26

Operation in Zone 2 is permitted for periods up to four hours followed by a one hour period in the Unrestricted Continuous Zone.

Heat rejection to coolant..... 664 kW
 Heat rejection to aftercooler 458 kW
 Heat rejection to atmosphere 151 kW

DIMENSIONS



Engine Dimensions		
Length	3153 mm	124 in
Width	2232 mm	88 in
Height	2065 mm	81 in
Weight, Net Dry (LW configuration approx) (Comm configuration approx)	6725 kg 7484 kg	14,830 16,500 lb

Note: Do not use for installation design. See general dimension drawings for detail (Drawing #276-0041).

RATING DEFINITIONS AND CONDITIONS

D RATING (Intermittent Duty)

RATINGS are based on SAE J1228/ISO8665 standard conditions of 100 kPa (29.61 in Hg), 25°C (77°F), and 30% relative humidity. These ratings also apply at ISO3046/1, DIN6271/3, and BS5514 conditions of 100 kPa (29.61 in Hg), 27°C (81°F), and 60% relative humidity. Ratings are valid for air cleaner inlet temperatures up to and including 45°C (113°F).

FUEL RATES are based on fuel oil of 35° API [16°C (60°F)] gravity having an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29°C (85°F) and weighing 838.9 g/liter (7.001 lbs/U.S. gal). Fuel consumption shown with all oil, fuel, and water pumps, engine driven. For a "without pumps" condition, deduct approximately 0.5% for each pump not engine driven. Fuel consumption is nominal data with a tolerance of ±3%.

Additional ratings may be available for specific customer requirements. Consult your Caterpillar representative for additional information.

Performance data is calculated in accordance with tolerances and conditions stated in this specification sheet and is only intended for purposes of comparison with other manufacturers' engines. Actual engine performance may vary according to the particular application of the engine and operating conditions beyond Caterpillar's control.

Power produced at the flywheel will be within standard tolerances up to 50°C (122°F) combustion air temperature measured at the air cleaner inlet, and fuel temperature up to 52°C (125°F) measured at the fuel filter base. Power rated in accordance with NMMA procedure as crankshaft power. Reduce crankshaft power by 3% for propeller shaft power.

CAT, CATERPILLAR, their respective logos and "Caterpillar Yellow," as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.



ANEXO II



[Propulsión Marina](#) |
 [Aplicaciones](#) |
 [SCHOTTEL HYDRO](#) |
 [Servicio](#) |
 [Grupo SCHOTTEL](#) |
 [News & Events](#) |
 [Career](#) |
 [Contacto](#)

PROPULSIÓN MARINA

[Propulsión Marina](#) »
 [SRP Hélice timon](#) »
 [Datos técnicos](#)

SRP Hélice timon

[Datos técnicos](#)

[Referencias](#)

SRP Underwater Mountable Thruster

SRP Hélice retráctil

SRP PTI Hybrid Propulsion

SCP Hélice-CP

SCD Combi drive

SPJ Pump-Jet

STP Hélice gemela

STT Propulsor transversal

SRT Rim Thruster

NAV Navigator

SST Sistemas de gobierno

S-COM

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	1000/1200/1500/1800	1.50 - 1.75	9.60
	SRP 1210	1150 - 1660	750/900/1000/1200/1600/1800	2.20	17.50
	SRP 1512	1500 - 2070	750/900/1000/1200/1600/1800	2.40	21.50
	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 4600	2500 - 3100	750/900/1000/1200/1600/1800	3.00	35.00
	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	750/900/1000	4.20	65.00

The indicated powers are short time allowed maximum input powers. Depending on the vessel type, the operation profile, the specific use and the classification the maximum allowable powers will be lower.

* Weight only SRP, well installation, with propeller and oil at PAL min. (from SRP 550 upwards with nozzle)

Specification is subject to change without notice.

Data are a guideline for projects.

[HYDRA ONLINE](#)

[Print this page](#)

[Home](#) |
 [Marine propulsion](#) |
 [Applications](#) |
 [Service](#) |
 [SCHOTTEL Group](#) |
 [News & Events](#) |
 [Career](#)

SCHOTTEL®Group 2010

[Contact](#) |
 [Downloads](#) |
 [HydrA-Login](#) |
 [Imprint](#) |
 [Customer Information](#) |
 [Suppliers Information](#) |
 [Privacy Policy](#)



ANEXO III

Propulsion

6 feb 2015 01:59

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Pablo**

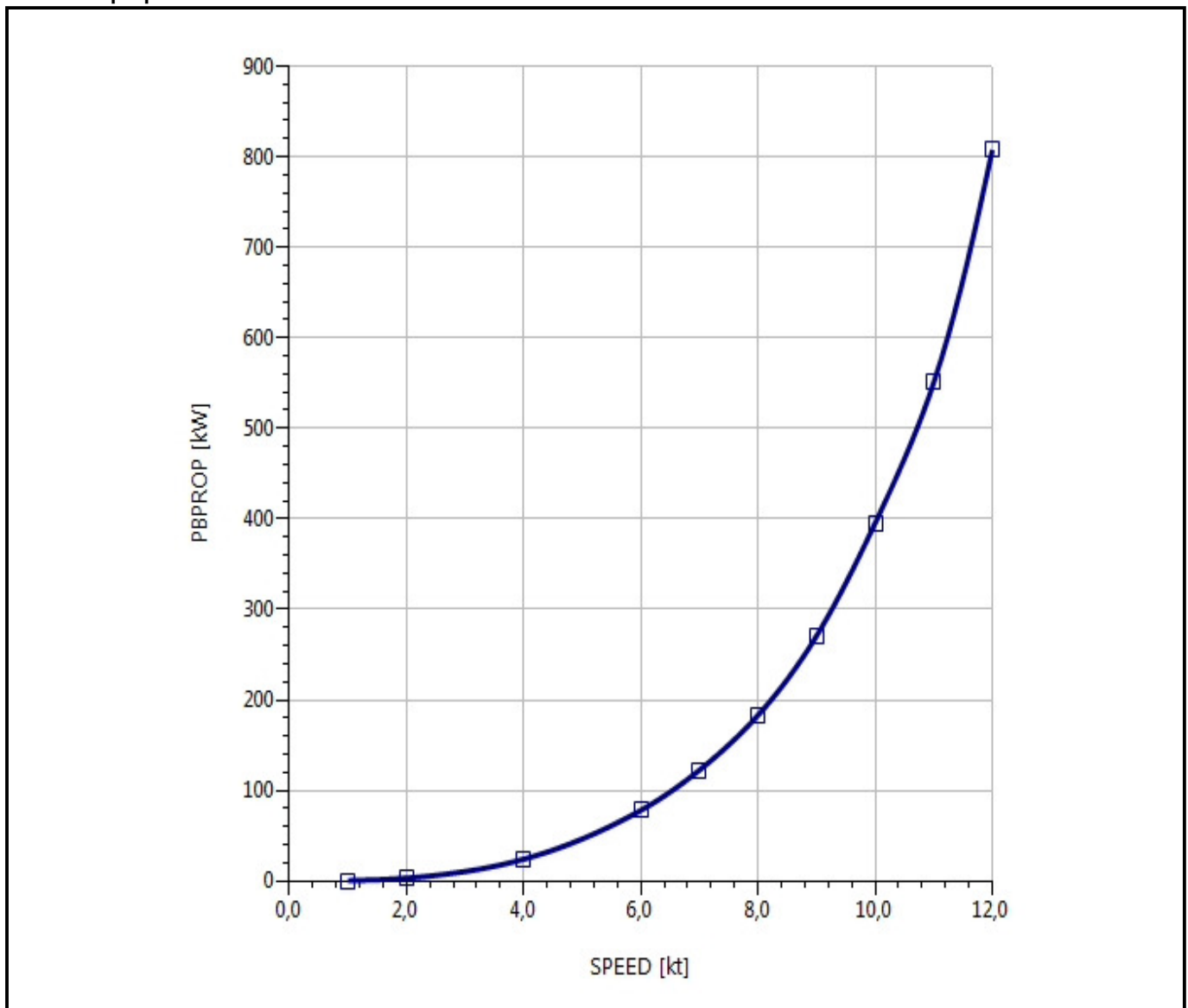
Description **Remolcador**

File name **remolcador puerto.hcnc**

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	[Calc] Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	2400,0 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:	[On]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

Predicted propulsion



Propulsion

6 feb 2015 02:00

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Pablo**

Description **Remolcador**

File name **remolcador puerto.hcnc**

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	[Calc] Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	2400,0 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:	[On]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,33	0,67	2,22*	2,73
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 [%]
1,00	0,3	0,0740	0,1165	0,9924	19	0,3	---	0,0
2,00	2,7	0,0722	0,1165	0,9924	40	3,1	---	0,2
4,00	20,0	0,0707	0,1165	0,9924	78	24,0	---	1,3
6,00	63,6	0,0699	0,1165	0,9924	117	78,0	---	4,1
7,00	99,2	0,0696	0,1165	0,9924	136	122,4	---	6,5
8,00	148,3	0,0694	0,1165	0,9924	155	183,0	---	9,7
9,00	223,6	0,0691	0,1165	0,9924	176	270,8	---	14,3
+ 10,00 +	335,7	0,0690	0,1165	0,9924	198	395,4	---	20,9
11,00	475,9	0,0688	0,1165	0,9924	221	550,6	---	29,1
12,00	726,7	0,0687	0,1165	0,9924	248	807,6	---	42,6
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	
1,00	19	0,16	0,3	0,3	0,7	0,7	---	
2,00	40	0,72	3,0	3,1	6,1	6,3	992,1	
4,00	78	2,76	22,8	23,3	46,6	48,0	260,1	
6,00	117	6,02	74,2	75,7	151,3	156,0	120,0	
7,00	136	8,13	116,4	118,8	237,5	244,9	89,2	
8,00	155	10,62	174,0	177,5	355,1	366,1	68,2	
9,00	176	13,85	257,4	262,7	525,4	541,6	51,9	
+ 10,00 +	198	17,95	375,9	383,5	767,1	790,8	39,5	
11,00	221	22,48	523,4	534,1	1068,2	1101,2	31,2	
12,00	248	29,38	767,7	783,4	1566,8	1615,3	23,2	
SPEED [kt]	EFFICIENCY		THRUST					
	EFFO	EFFOA	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]				
1,00	0,4403	0,4085	0,29	0,52				
2,00	0,4752	0,4401	1,48	2,61				
4,00	0,4643	0,4292	5,50	9,71				
6,00	0,4552	0,4205	11,67	20,61				
7,00	0,4522	0,4176	15,59	27,55				
8,00	0,4524	0,4176	20,39	36,03				
9,00	0,4611	0,4256	27,33	48,30				
+ 10,00 +	0,4742	0,4377	36,93	65,26				
11,00	0,4828	0,4455	47,59	84,10				
12,00	0,5027	0,4638	66,62	117,71				

Propulsion

6 feb 2015 02:00

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Pablo**

Description **Remolcador**

File name **remolcador puerto.hcnc**

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
1,00	0,6235	0,0848	0,01912	0,21811	0,078849	0,55542	1,2712	1,41e6	-0,0151
2,00	0,6026	0,0996	0,02010	0,27426	0,091858	0,69839	1,481	2,91e6	-0,0083
4,00	0,6098	0,0946	0,01977	0,25428	0,08717	0,64751	1,4054	5,77e6	-0,0106
6,00	0,6153	0,0907	0,01951	0,23951	0,083746	0,6099	1,3502	8,59e6	-0,0124
7,00	0,6170	0,0895	0,01943	0,23499	0,082705	0,59839	1,3334	1,00e7	-0,0130
8,00	0,6169	0,0895	0,01943	0,23521	0,082757	0,59897	1,3343	1,14e7	-0,0130
9,00	0,6118	0,0932	0,01968	0,249	0,085943	0,63408	1,3856	1,30e7	-0,0113
+ 10,00 +	0,6033	0,0992	0,02007	0,27242	0,091425	0,69372	1,474	1,46e7	-0,0085
11,00	0,5972	0,1034	0,02036	0,29003	0,095603	0,73856	1,5414	1,62e7	-0,0065
12,00	0,5804	0,1149	0,02111	0,34103	0,10797	0,86842	1,7407	1,82e7	-0,0011
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
1,00	855,63	332,68	63,67	2,40	0,060	0,09	2,0	2,0	1681,5
2,00	213,06	77,38	14,88	4,98	0,066	0,47	2,0	2,0	1665,6
4,00	53,09	19,74	3,79	9,85	0,083	1,74	2,0	2,0	1671,1
6,00	23,55	8,92	1,71	14,66	0,110	3,68	2,0	2,0	1675,3
7,00	17,29	6,58	1,26	17,06	0,127	4,92	2,0	2,0	1676,5
8,00	13,23	5,04	0,97	19,50	0,148	6,44	2,0	2,0	1676,5
9,00	10,45	3,91	0,75	22,13	0,178	8,63	2,0	2,0	1672,6
+ 10,00 +	8,46	3,08	0,59	24,94	0,221	11,66	2,0	2,0	1666,1
11,00	6,99	2,49	0,48	27,72	0,268	15,03	2,0	2,0	1661,4
12,00	5,87	1,98	0,38	31,12 !	0,352	21,04	2,0	2,0	1648,5

Propulsion

6 feb 2015 01:59

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Pablo**

Description **Remolcador**

File name **remolcador puerto.hcnc**

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	[Calc] Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	2400,0 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:	[On]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,33	0,67	2,22*	2,73
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 [%]
1,00	0,3	0,0740	0,1165	0,9924	19	0,3	---	0,0
2,00	2,7	0,0722	0,1165	0,9924	40	3,1	---	0,2
4,00	20,0	0,0707	0,1165	0,9924	78	24,0	---	1,3
6,00	63,6	0,0699	0,1165	0,9924	117	78,0	---	4,1
7,00	99,2	0,0696	0,1165	0,9924	136	122,4	---	6,5
8,00	148,3	0,0694	0,1165	0,9924	155	183,0	---	9,7
9,00	223,6	0,0691	0,1165	0,9924	176	270,8	---	14,3
+ 10,00 +	335,7	0,0690	0,1165	0,9924	198	395,4	---	20,9
11,00	475,9	0,0688	0,1165	0,9924	221	550,6	---	29,1
12,00	726,7	0,0687	0,1165	0,9924	248	807,6	---	42,6
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	
1,00	19	0,16	0,3	0,3	0,7	0,7	---	
2,00	40	0,72	3,0	3,1	6,1	6,3	992,1	
4,00	78	2,76	22,8	23,3	46,6	48,0	260,1	
6,00	117	6,02	74,2	75,7	151,3	156,0	120,0	
7,00	136	8,13	116,4	118,8	237,5	244,9	89,2	
8,00	155	10,62	174,0	177,5	355,1	366,1	68,2	
9,00	176	13,85	257,4	262,7	525,4	541,6	51,9	
+ 10,00 +	198	17,95	375,9	383,5	767,1	790,8	39,5	
11,00	221	22,48	523,4	534,1	1068,2	1101,2	31,2	
12,00	248	29,38	767,7	783,4	1566,8	1615,3	23,2	
SPEED [kt]	EFFICIENCY		THRUST					
	EFFO	EFFOA	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]				
1,00	0,4403	0,4085	0,29	0,52				
2,00	0,4752	0,4401	1,48	2,61				
4,00	0,4643	0,4292	5,50	9,71				
6,00	0,4552	0,4205	11,67	20,61				
7,00	0,4522	0,4176	15,59	27,55				
8,00	0,4524	0,4176	20,39	36,03				
9,00	0,4611	0,4256	27,33	48,30				
+ 10,00 +	0,4742	0,4377	36,93	65,26				
11,00	0,4828	0,4455	47,59	84,10				
12,00	0,5027	0,4638	66,62	117,71				

Propulsion

6 feb 2015 01:59

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Pablo**
 Description **Remolcador**
 File name **remolcador puerto.hcnc**

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	KTN
1,00	0,6235	0,0848	0,01912	0,21811	0,078849	0,55542	1,2712	1,41e6	-0,0151
2,00	0,6026	0,0996	0,02010	0,27426	0,091858	0,69839	1,481	2,91e6	-0,0083
4,00	0,6098	0,0946	0,01977	0,25428	0,08717	0,64751	1,4054	5,77e6	-0,0106
6,00	0,6153	0,0907	0,01951	0,23951	0,083746	0,6099	1,3502	8,59e6	-0,0124
7,00	0,6170	0,0895	0,01943	0,23499	0,082705	0,59839	1,3334	1,00e7	-0,0130
8,00	0,6169	0,0895	0,01943	0,23521	0,082757	0,59897	1,3343	1,14e7	-0,0130
9,00	0,6118	0,0932	0,01968	0,249	0,085943	0,63408	1,3856	1,30e7	-0,0113
+ 10,00 +	0,6033	0,0992	0,02007	0,27242	0,091425	0,69372	1,474	1,46e7	-0,0085
11,00	0,5972	0,1034	0,02036	0,29003	0,095603	0,73856	1,5414	1,62e7	-0,0065
12,00	0,5804	0,1149	0,02111	0,34103	0,10797	0,86842	1,7407	1,82e7	-0,0011
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
1,00	855,63	332,68	63,67	2,40	0,060	0,09	2,0	2,0	1681,5
2,00	213,06	77,38	14,88	4,98	0,066	0,47	2,0	2,0	1665,6
4,00	53,09	19,74	3,79	9,85	0,083	1,74	2,0	2,0	1671,1
6,00	23,55	8,92	1,71	14,66	0,110	3,68	2,0	2,0	1675,3
7,00	17,29	6,58	1,26	17,06	0,127	4,92	2,0	2,0	1676,5
8,00	13,23	5,04	0,97	19,50	0,148	6,44	2,0	2,0	1676,5
9,00	10,45	3,91	0,75	22,13	0,178	8,63	2,0	2,0	1672,6
+ 10,00 +	8,46	3,08	0,59	24,94	0,221	11,66	2,0	2,0	1666,1
11,00	6,99	2,49	0,48	27,72	0,268	15,03	2,0	2,0	1661,4
12,00	5,87	1,98	0,38	31,12 !	0,352	21,04	2,0	2,0	1648,5

Propulsion

6 feb 2015 01:59

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Pablo**

Description **Remolcador**

File name **remolcador puerto.hcnc**

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:	24,250 m	LCG fwd TR:	<i>[XCG/LP 0,000]</i> 0,000 m
Max beam on WL:	<i>[LWL/BWL 2,221]</i> 10,918 m	VCG below WL:	0,000 m
Max molded draft:	<i>[BWL/T 2,729]</i> 4,000 m	Aft station (fwd TR):	0,000 m
Displacement:	<i>[CB 0,569]</i> 618,50 t	Chine beam:	0,000 m
Wetted surface:	<i>[CWS 5,172]</i> 369,1 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
ITTC-78 (CT)		Deadrise:	0,00 deg
LCB fwd TR:	<i>[XCB/LWL 0,500]</i> 12,125 m	Fwd station (fwd TR):	0,000 m
LCF fwd TR:	<i>[XCF/LWL 0,555]</i> 13,458 m	Chine beam:	0,000 m
Max section area:	<i>[CX 0,851]</i> 37,2 m2	Chine ht below WL:	0,000 m
Waterplane area:	<i>[CWP 0,893]</i> 236,5 m2	Deadrise:	0,00 deg
Bulb section area:	0,0 m2	Propulsor type:	Propeller
Bulb ctr below WL:	0,000 m	Propeller diameter:	2400,0 mm
Bulb nose fwd TR:	0,000 m	Shaft angle to WL:	0,00 deg
Transom area:	<i>[ATR/AX 0,299]</i> 11,1 m2	Position fwd TR:	0,000 m
Transom beam WL:	<i>[BTR/BWL 0,589]</i> 6,433 m	Position below WL:	0,000 m
Transom immersion:	<i>[TTR/T 0,312]</i> 1,249 m		
Half entrance angle:	32,77 deg		
Bow shape factor:	<i>[WL flow]</i> 1,0		
Stern shape factor:	<i>[WL flow]</i> 1,0		

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:	Custom
KTKQ file:		Scale correction:	None
Blade count:	4	KT multiplier:	1,00
Expanded area ratio:	0,7000 [Size]	KQ multiplier:	1,00
Propeller diameter:	2400,0 mm [Keep]	Blade T/C [0.7R]:	0,00
Propeller mean pitch:	<i>[P/D 0,8783]</i> 2108,0 mm [Size]	Roughness:	0,00 mm
Hub immersion:	-3,0 mm	Cav breakdown:	Off
Engine/gear		Nozzle L/D:	0,50
Engine data:	Untitled Engine Obje...	Design condition	
Rated RPM:	1800 RPM	Max prop diam:	2400,0 mm
Rated power:	1895,0 kW	Design speed:	10,00 kt
Gear efficiency:	0,97	Reference power:	27,5 kW
Gear ratio:	0,000 [Size]	Design point:	1,000
Shaft efficiency:	0,98	Reference RPM:	0,0
		Design point:	1,000

Propulsion

6 feb 2015 01:59

HydroComp NavCad 2012

Project ID **Pablo**

Description **Remolcador**

File name **remolcador puerto.hcnc**

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
FN = Froude number [LWL]
FV = Froude number [VOL]
PETOTAL = Total vessel effective power
WFT = Taylor wake fraction coefficient
THD = Thrust deduction coefficient
EFFR = Relative-rotative efficiency
RPMENG = Engine RPM
PBPROP = Brake power per propulsor

QPROP = Propulsor open water torque
PDPROP = Delivered power per propulsor
PSPROP = Shaft power per propulsor
PSTOTAL = Total vessel shaft power
PBTOTAL = Total vessel brake power
TRANSP = Transport factor
FUEL = Fuel rate per engine
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

RPMPROP = Propulsor RPM
EFFO = Propulsor open-water efficiency
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]
THRPROP = Open-water thrust per propulsor
DELTHR = Total vessel delivered thrust
NETTOW = Total vessel net tow pull
CPPITCH = Operational pitch of CPP

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