



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

## Ferry para navegación en Lago Ontario

15-05

CUADERNO 6: Predicción de potencia y diseño de propulsores.



Manuel Fraga Seoane



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

**PROYECTO NÚMERO 15-05**

**TIPO DE BUQUE: FERRY PARA NAVEGACION EN LAGO ONTARIO CANADÁ.**

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: ABS, USCG, SOLAS, MARPOL, ZONA ECA, ICE CLASS (LOW LEVEL).**

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 399 PAX EN ASIENTOS, 6 TRAILERS Y 24 TURISMOS SIMULTÁNEAMENTE o 60 TURISMOS SOLO.**

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 13 NUDOS, 85% MCR, 10 % MM. SIETE DIAS DE OPERACIÓN. EL PERFIL DE LA NAVEGACION SERA DEFINIDO POR EL ALUMNO EN LA ZONA DE NAVEGACION PREVISTA EN EL LAGO ONTARIO A LA VISTA DE LAS CIUDADES DE CONEXION Y DE LOS BUQUES ALLI EXISTENTES.**

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: RAMPAS DE PROA Y POPA.**

**PROPULSIÓN: DUAL FUEL.**

**TRIPULACIÓN Y PASAJE: 399 PAX MAS 7 TRIPULANTES.**

Ferrol, marzo de 2016

Índice

<b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE .....</b>	<b>6</b>
<b>3.- CÁLCULO DEL MOTOR PROPULSOR.....</b>	<b>19</b>
<b>4.- CÁLCULO DEL PROPULSOR .....</b>	<b>23</b>
4.1.- CUATRO PALAS .....	23
4.2.- CINCO PALAS .....	24
4.3.- SEIS PALAS .....	24
4.4.- CONCLUSIÓN .....	25
<b>5.- CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA REFERENTE A ZONAS ECA .....</b>	<b>25</b>
<b>6.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>27</b>

Anexo I. Resultados de *NavCad*

## **1.- Introducción**

Este Cuaderno tiene como objetivo la elección final del motor propulsor del buque proyecto y de su propulsor. Como se introdujo en el Cuaderno 1, el buque proyecto estará dotado de propulsión diésel eléctrica, esto es, constará de un motor principal unido a un alternador, el cual convierte el trabajo mecánico en energía eléctrica. Posteriormente, esta electricidad será distribuída para los diferentes equipos del buque y para el motor propulsor, es decir, un motor eléctrico acoplado directamente a la hélice.

Mediante el programa *NavCad*, se realizarán los cálculos hidrodinámicos necesarios para conocer la resistencia al avance del buque y escoger un motor que proporcione la potencia mnecesaria para que el buque navegue a la velocidad marcada en la RPA.

Otro objetivo del Cuaderno 6 es el diseño de la hélice. Se tratará de diseñar una hélice que trabaje de forma óptima durante la navegación, esto es, que tenga el mayor rendimiento posible y que disponga de una estela lo más uniforme posible para tratar de evitar problemas tales como los de la cavitación.

Para la correcta realización de este Cuaderno, empleará el programa *NavCad* y se adjuntarán los parámetros introducidos en el mismo, con su consiguiente explicación y los resultados obtenidos. Finalizado el análisis, se justificará la elección del motor generador, basándose en los datos obtenidos.

El programa *NavCad* consta de diferentes métodos de predicción de potencia. Teniendo presente que el buque proyecto no es un buque de carga ni guarda características demasiado similares con ellos, la realización de un análisis tipo Holtrop (método con el cual se realizó la estimación del Cuaderno 1) no sería la mejor opción. Indagando en los diferentes métodos de predicción, se consiguió determinar cuáles serían los más adecuados para el tipo de buque que se está proyectando. El método *DeGroot HC* o el *Series 62*, serían los idóneos.

Para contrastar si un método será adecuado, lo que se hizo fue intentar predecir la potencia de un buque ya existente. Esto es, se escogió el buque Damen 7014 (presente en la base de datos) y se introdujeron en *NavCad* los parámetros de los cuales se disponía, que no eran demasiados. Una vez se llegó a este punto, lo siguiente, fue empezar a probar distintas combinaciones de métodos de predicción de resistencia al avance y de propulsión, para ver con cuál o cuáles de ellos se obtenía una potencia más parecida a la real.

La propulsión de este buque es de dos motores de 634 kW, un total de 1268 kW.

La pareja de métodos que nos ofrece un valor más cercano, siempre por debajo del valor de potencia total del buque ya existente, es *Fung (HSTS)* para la predicción de la

resistencia y *Series 62* para la predicción de la propulsión. Nos ofrece un valor de 873 kW, que funcionando al 85% del régimen del motor, sería 1027 kW.

Por lo tanto, los métodos utilizados para las predicciones de resistencia y propulsión del buque proyecto, serán los de *Fung (HSTS)* para resistencia y *Series 62* para propulsión. Además, el método de *Series 62* es realmente apropiado para un buque con codillos. El método *Fung (HSTS)* es menos recomendable.

## 2.- Cálculo de la resistencia al avance

Las dimensiones y demás parámetros del buque proyecto se obtienen de las curvas hidrostáticas del mismo. Estos datos serán necesarios para que el programa *NavCad* pueda relizar un estudio minucioso de la hidrodinámica del buque. Las curvas hidrostáticas se obtienen del programa *Maxsurf* y se calculan al calado de diseño (3,07 m).

Measurement	Value	Units
Displacement	1190	t
Volume (displaced)	1190	m <sup>3</sup>
Draft Amidships	3,07	m
Immersed depth	3,07	m
WL Length	59,245	m
Beam max extents on WL	16,318	m
Wetted Area	877,096	m <sup>2</sup>
Max sect. area	38,004	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	736,989	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0,529	
Block coeff. (Cb)	0,401	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,759	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,762	
LCB length	0	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	0	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	0	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	0	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	2,061	m
KG fluid	0	m
BMt	10,223	m
BML	129,373	m
GMt corrected	12,284	m
GML	131,434	m
KMt	12,284	m
KML	131,434	m
Immersion (TPc)	7,37	tonne/cm
MTc	28,563	tonne.m
RM at 1deg =		
GMt.Disp.sin(1)	255,198	tonne.m
Length:Beam ratio	3,631	
Beam:Draft ratio	5,315	
Length:Vol <sup>0.333</sup> ratio	5,59	

Tabla 1.- Hidrostáticas al calado de diseño.

Primeramente, se selecciona el método *Fung (HSTS)*, la opción de que el buque analizado tiene codillos (single/hard), el rango de velocidades y algunos parámetros que se requieren en esta primera interfaz. Cabe añadir, que el valor de la densidad del agua será 1, ya que, se recuerda que el buque proyecto navegará en un lago.

<b>Vessel drag</b>		Calc	ITTC-78 (CT)
Technique:			Prediction
Prediction:			Fung (HSTS)
Reference ship:			
Model LWL:	[m]		
<b>Viscous</b>			
Expansion:			Standard
Friction line:			ITTC-57
Hull form factor:	On		1,246
Speed corr:	On		
Spray drag corr:	Off		
Corr allowance:			ITTC-78 (v2008)
Roughness [mm]:	On		0,15
<b>Catamaran</b>			
Interference:	Off		
<b>Added drag</b>			
Appendage:	Calc		Holtrop (Compone...)
Wind:	Calc		Taylor
Seas:	Off		
Shallow/channel:	Off		
Towed:	Off		
Margin:	Off		
<input type="checkbox"/>	Type	Task	
<input type="checkbox"/>		Right-click to add a task...	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			
<b>Project</b>			
Project ID:			
Description:			
<b>Summary</b>			
Scope:			Undefined
Configuration:			Monohull
Chine type:			Single/hard
Length on WL:		59,245	m
Displacement:		1190,00	t
Propulsor type:			Propeller
Count:			1
<b>Water properties</b>			
Water type:			Fresh
Density:		999,10	kg/m <sup>3</sup>
Viscosity:		1,13860e-6	m <sup>2</sup> /s
<b>Speeds</b>			
Speed [01]		11,00	kt
Speed [02]		11,50	kt
Speed [03]		12,00	kt
Speed [04]		12,50	kt
Speed [05]		13,00	kt
Speed [06]		13,50	kt
Speed [07]		14,00	kt
Speed [08]		14,50	kt
Speed [09]		15,00	kt
Speed [10]			kt
<b>Design condition</b>			
Desian speed:		13,00	kt

Figura 1.- Datos NavCad 1.

El programa no sitúa el método escogido entre los más adecuados, en cambio, se puede comprobar que solo un valor de los que fija el método se sale del rango esperado.

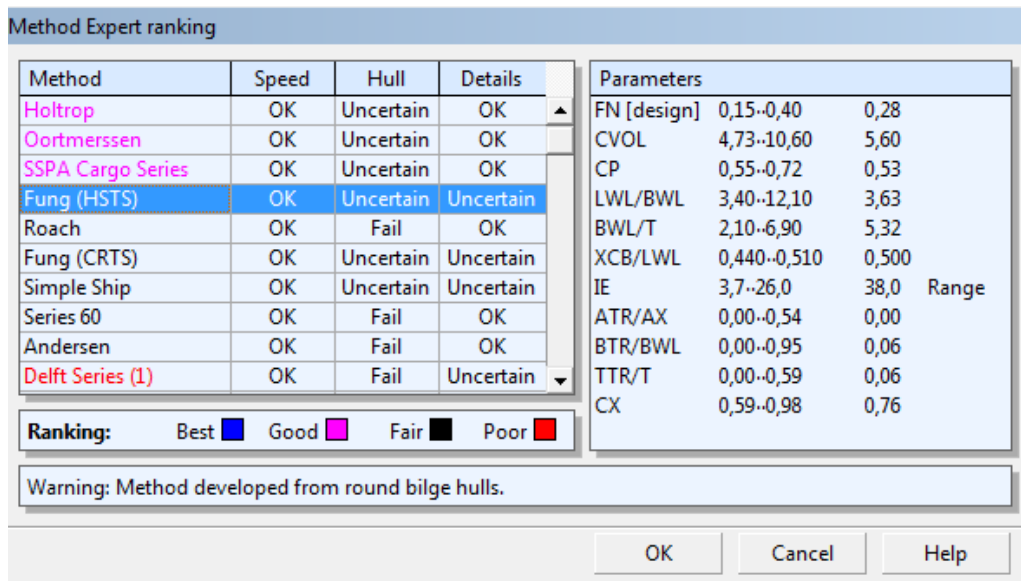


Figura 2.- Datos NavCad 2.

El factor de forma elegido es el de *Holtrop*. Antes se comentó la poca similitud entre el buque proyecto y uno de tipo *Holtrop*, pero debido a que no existe ningún método que proporcione un factor de forma que se ajuste al buque proyecto, se escoge el *Holtrop* por ser el que menos valores deja fuera de rango. El mismo razonamiento se realiza para el cálculo de los apéndices.

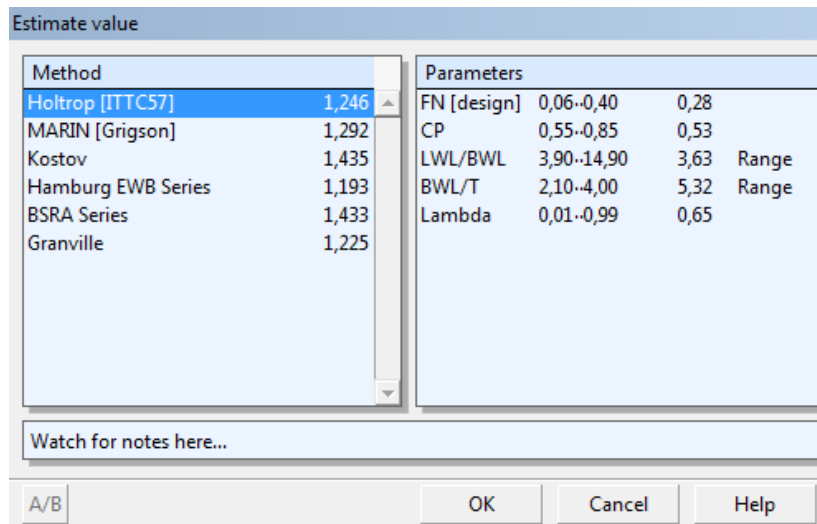


Figura 3.- Datos NavCad 3.



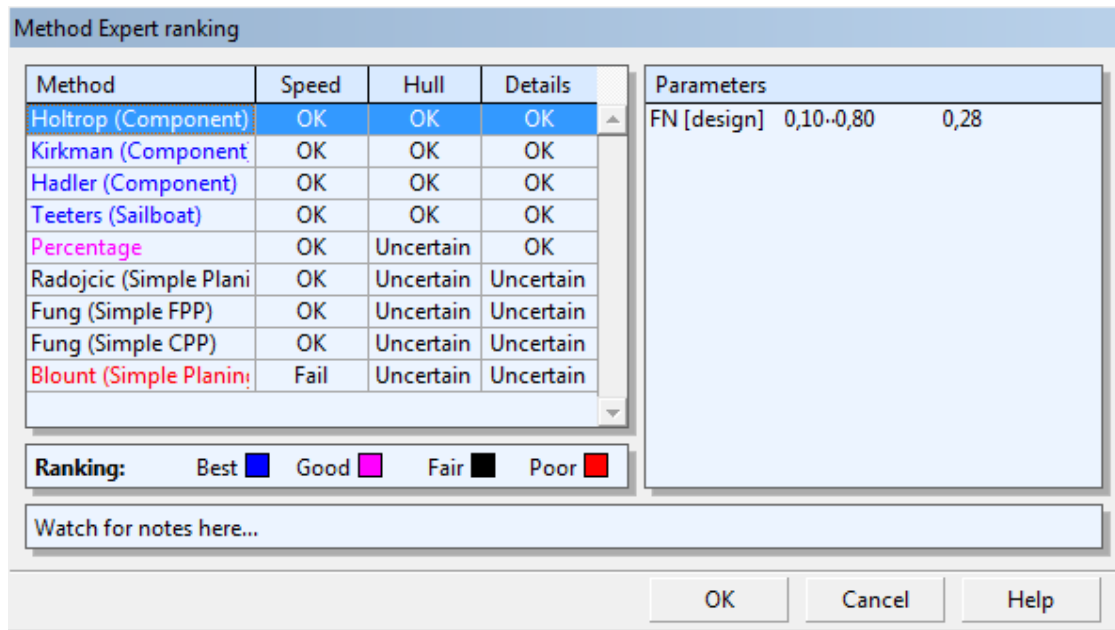


Figura 4.- Datos NavCad 4.

Para el cálculo de viento, se escoge el método *Taylor*.

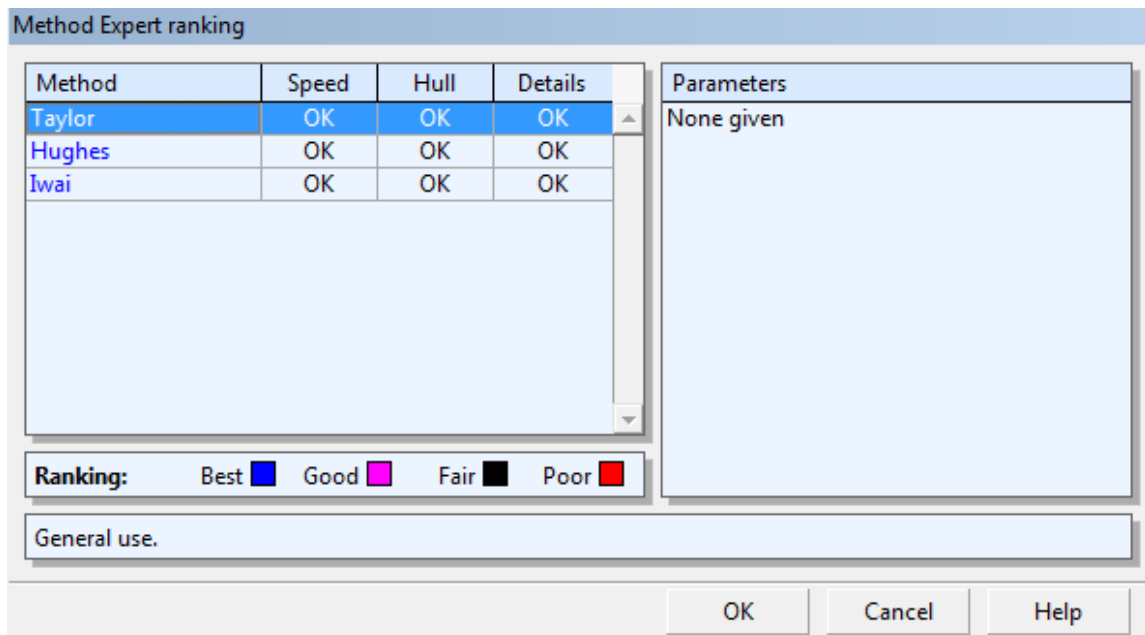


Figura 5.- Datos NavCad 5.

Como rugosidad, se escogen 15 micras, que es el valor de referencia para un barco nuevo.

0,15	Std new ship
0,35	Rough 2 yr
0,30	Clean 2 yr
0,50	Rough 5 yr
0,40	Clean 5 yr
0,65	Rough 10 yr
0,55	Clean 10 yr

OK      Cancel

*Figura 6.- Datos NavCad 6.*

Pasando a la siguiente pestaña, a la de *Hull* (Casco), se introducen los valores que se obtienen de las hidrostáticas adjuntadas anteriormente.

<b>Hull</b>		
Configuration:	Monohull	▼
Chine type:	Single/hard	▼
<b>General</b>		
Length on WL:	59,245	m
Max beam on WL:	16,318	m
Max molded draft:	3,070	m
Displacement:	1190,00	t
Wetted surface:	877,1	m <sup>2</sup>
Demi-hull spacing:		m
<b>ITTC-78 (CT)</b>		
LCB fwd TR:	29,623	m
LCF fwd TR:	29,623	m
Max section area:	38,0	m <sup>2</sup>
Waterplane area:	737,0	m <sup>2</sup>
Bulb section area:	0,0	m <sup>2</sup>
Bulb ctr below WL:	0,000	m
Bulb nose fwd TR:	0,000	m
Imm transom area:	0,4	m <sup>2</sup>
Transom beam WL:	2,370	m
Transom immersion:	-0,300	m
Half entrance angle:	39,00	deg
Bow shape factor:	-1,0	[BTK flow]
Stern shape factor:	-1,0	[BTK flow]

*Figura 7.- Datos NavCad 7.*

Los valores referentes al espejo (en el caso del buque proyecto se tendría a proa y a popa), tales como área bajo el agua, manga en la flotación, inmersión y, a parte, el ángulo de entrada, se justifican a continuación. Cabe destacar que LCB y LCF serían 0, pero el programa sitúa la mitad de la eslora en la flotación en 29,623 metros.

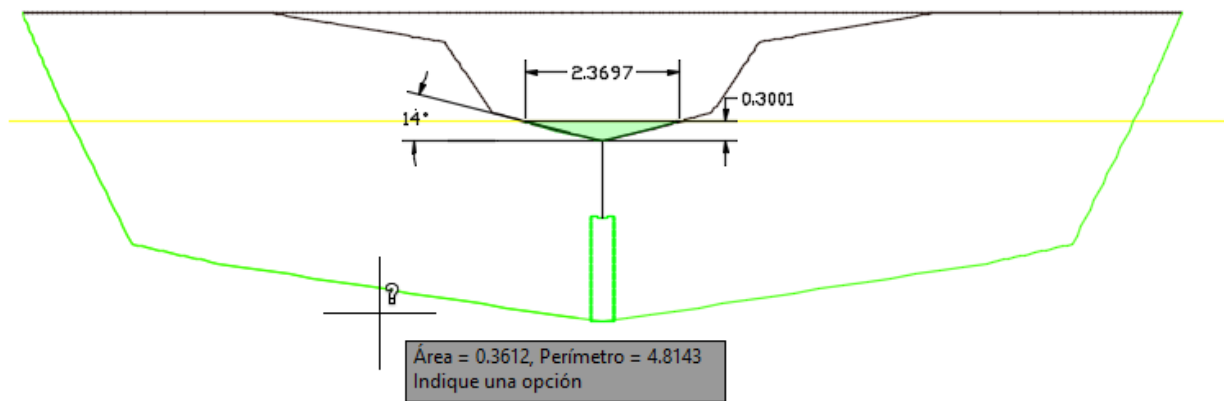


Figura 8.- Justificación de los valores del espejo.

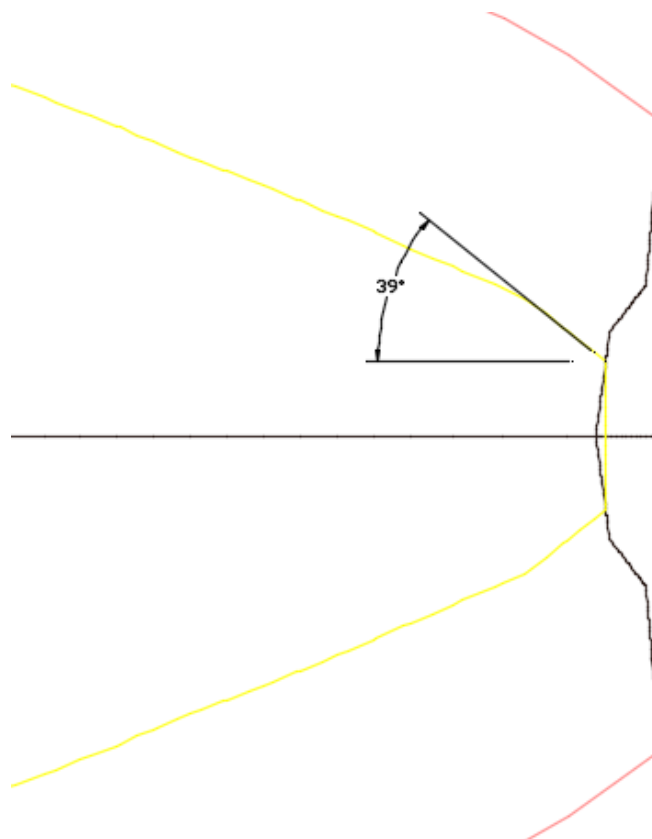


Figura 9.- Justificación del ángulo de entrada.

Además, como el buque proyecto, posee codillos, se despliega la pestaña de *Planing* (Planeo). En realidad, el buque proyecto no va a planear, debido a que la velocidad de diseño, 13 nudos, es relativamente baja.

Planing		
Proj chine length:	61,000	m
Proj bottom area:	348,5	m <sup>2</sup>
LCG fwd TR:	29,623	m
VCG below WL:	1,010	m
Aft station (fwd TR):	0,000	m
Deadrise:	14,00	deg
Chine beam:	3,350	m
Chine ht below WL:	-0,130	m
Fwd station (fwd TR):	59,245	m
Deadrise:	14,00	deg
Chine beam:	3,350	m
Chine ht below WL:	-0,130	m
Propulsor type:	Propeller	
Max prop diameter:	1800,0	mm
Shaft angle to WL:	0,00	deg
Position fwd TR:	5,500	m
Position below WL:	2,170	m

Figura 10.- Datos NavCad 8.

El codillo se extiende por toda la eslora. El área de proyección sobre el fondo se obtiene de *Autocad*.

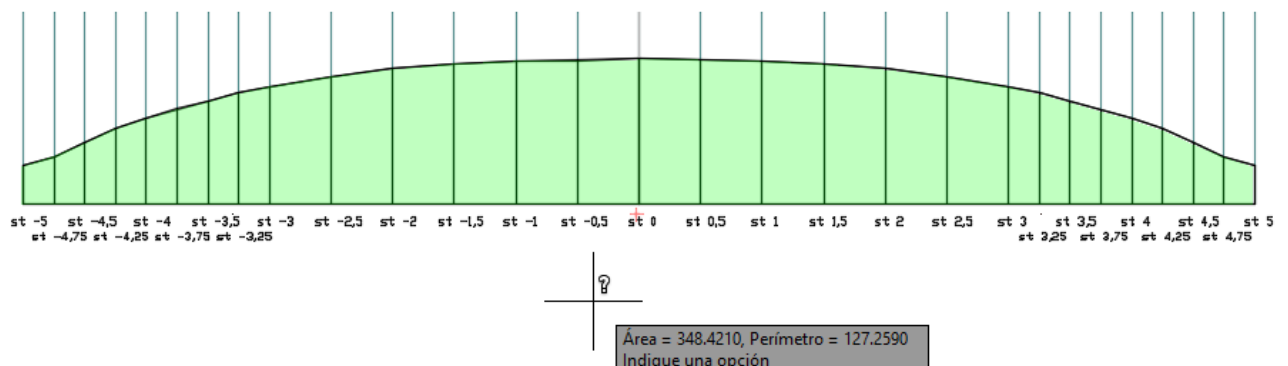
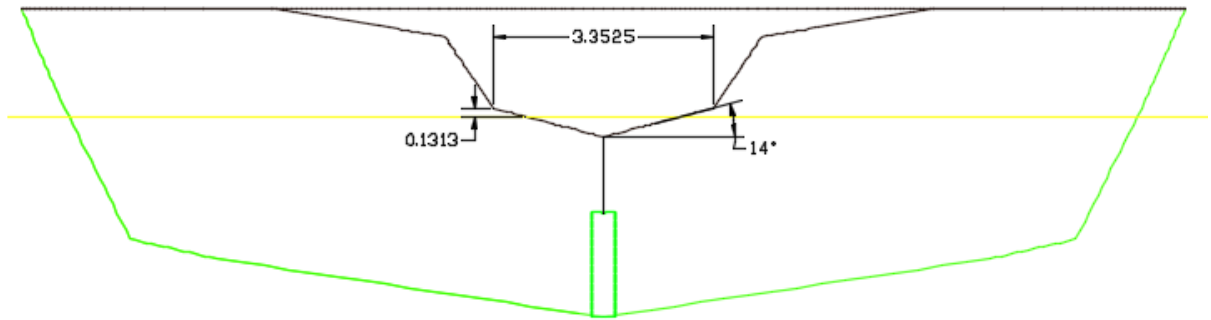


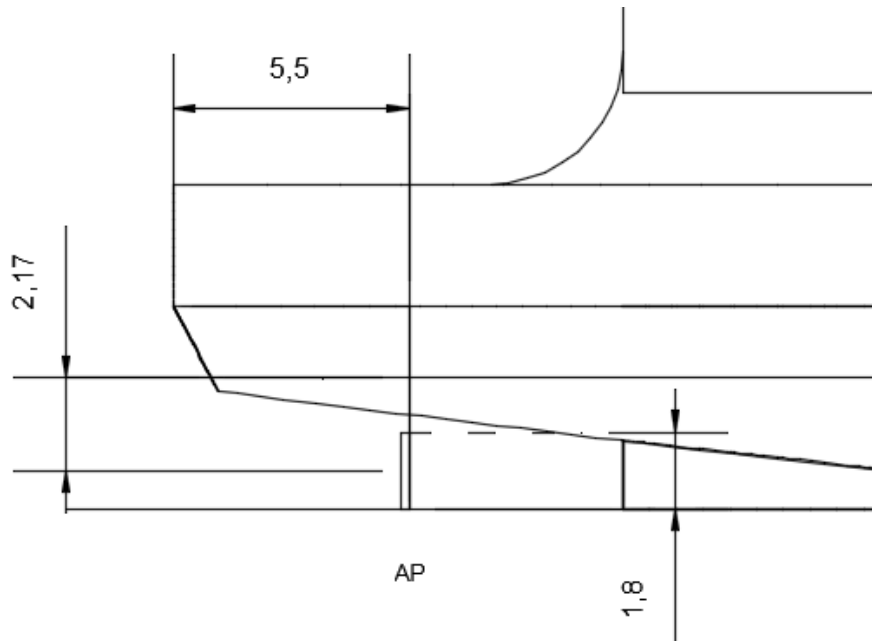
Figura 11.- Justificación de la proyección del codillo.

El ángulo de astilla muerta y la manga y altura del codillo en proa y popa se justifica con el siguiente croquis.



*Figura 12.- Justificación de los valores del codillo y astilla muerta.*

Posteriormente, se muestran los valores de la situación de la hélice.



*Figura 13.- Justificación de los valores de la hélice.*

En la siguiente pestaña, se introducen los valores de los apéndices.

Como no existe eje, se marca que existe un propulsor, pero los parámetros del eje quedan a cero.

<b>Appendage</b>		
Definition:	Component	
Percent of hull drag:		%
<b>Planing influence</b>		
LCE fwd TR:	0,000	m
VCE below WL:	0,000	m
<b>Shafting</b>		
Count:	1	
Max prop diameter:	1800,0	mm
Shaft angle to WL:	0,00	deg
Exposed shaft length:	0,000	m
Shaft diameter:	0,000	m
Wetted surface:	0,0	m <sup>2</sup>
Strut bossing length:	0,000	m
Bossing diameter:	0,000	m
Wetted surface:	0,0	m <sup>2</sup>
Hull bossing length:	0,000	m
Bossing diameter:	0,000	m
Wetted surface:	0,0	m <sup>2</sup>

Figura 14.- Datos NavCad 9.

El otro apéndice que se tiene es un skeg, por lo que también será necesario introducir sus datos.

<b>Skeg/Keel</b>		
Count:	1	
Type:	Skeg	
Mean length:	40,000	m
Mean width:	0,340	m
Height aft:	1,600	m
Height mid:	0,000	m
Height fwd:	1,600	m
Root chord:		m
Tip chord:		m
Span:		m
T/C ratio:		
LE sweep:		deg
Keel bulb length:		m
Keel bulb diameter:		m
Skeg projected area:	25,2	m <sup>2</sup>
Skeg wetted surface:	39,9	m <sup>2</sup>

Figura 15.- Datos NavCad 10.

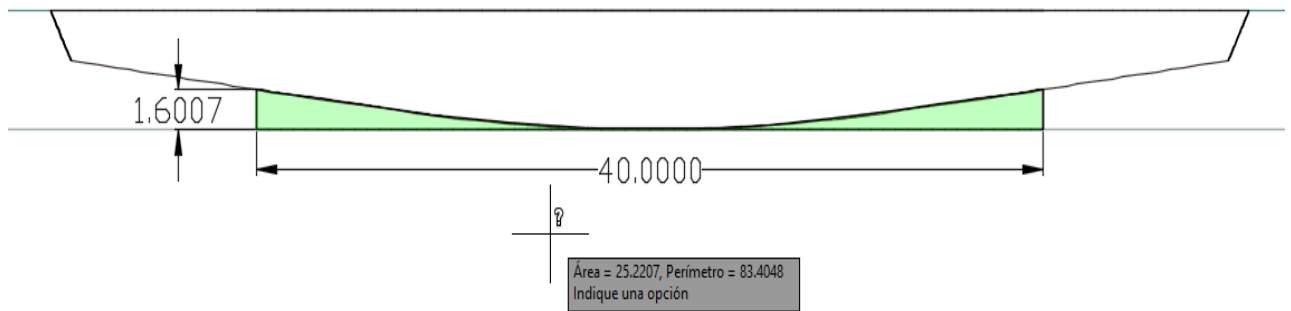


Figura 16.- Justificación de los valores del skag.

La superficie mojada sería el área proyectada dos veces más el área de los límites de proa, popa y fondo. Teniendo una manga de 0,34 metros:

$$\begin{aligned} \text{Superficie mojada} &= \text{Área proyectada} * 2 + (1,6 * 0,34) * 2 + 40 * 0,34 \\ &= 65,09 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

A continuación, se introducen los valores de las áreas expuestas al aire.

Wind		
Wind speed:	0,00	kt
Angle off bow:	0,00	deg
Gradient correction:	Off	
Exposed hull		
Transverse area:	99,8	m2
VCE above WL:	0,000	m
Profile area:	185,2	m2
Superstructure		
Superstructure shape:	Ferry/Liner	
Transverse area:	28,5	m2
VCE above WL:	0,000	m
Profile area:	420,4	m2
Seas		
Significant wave ht:	0,000	m
Modal wave period:	0,0	sec

Figura 17.- Datos NavCad 11.

Se justifican con croquis obtenidos de Autocad.

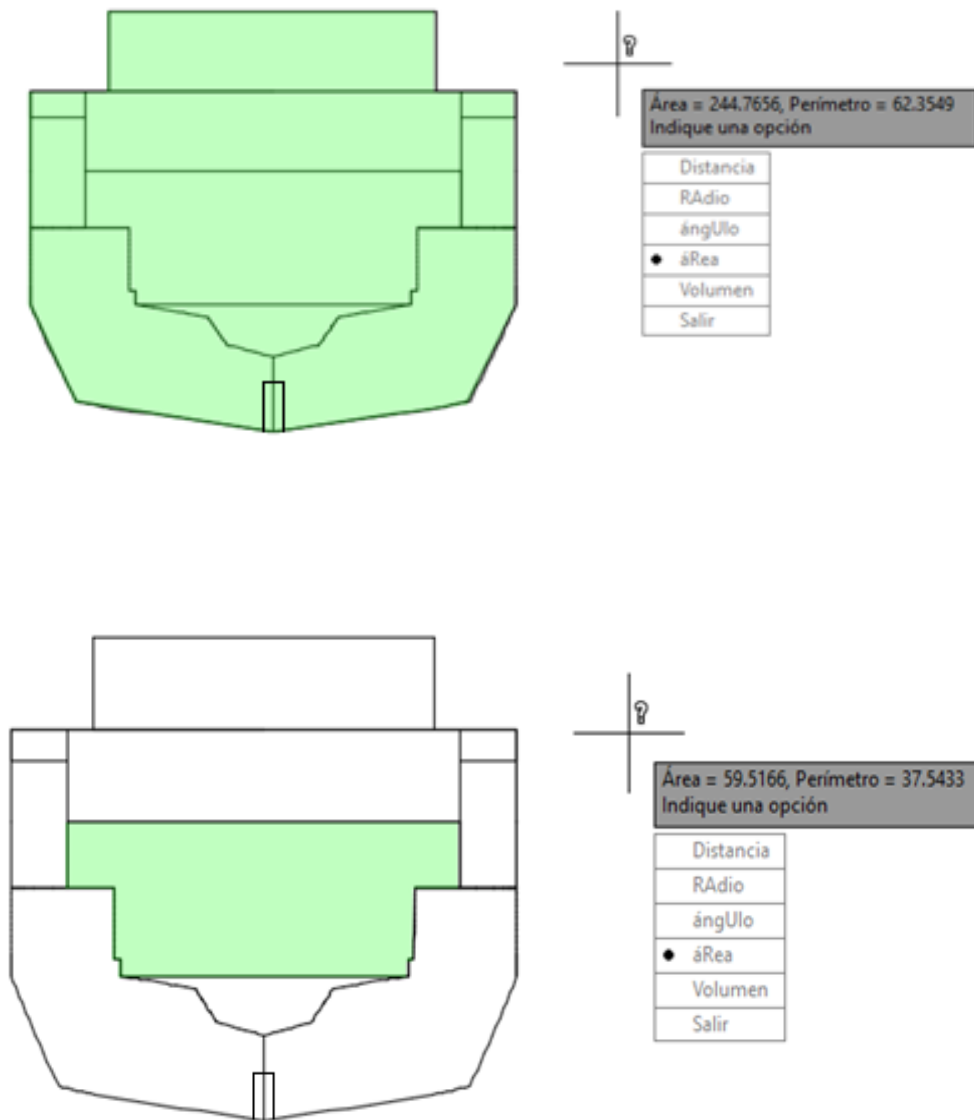


Figura 18.- Justificación de las áreas expuestas al aire de la superestructura.

Si se restan las áreas obtenidas en ambos croquis, se obtiene el área transversal expuesta de la superestructura.

El área del perfil de la superestructura se obtuvo en el Cuaderno 5.

En los dos siguientes, se obtiene el área del perfil y la transversal del casco expuesto.



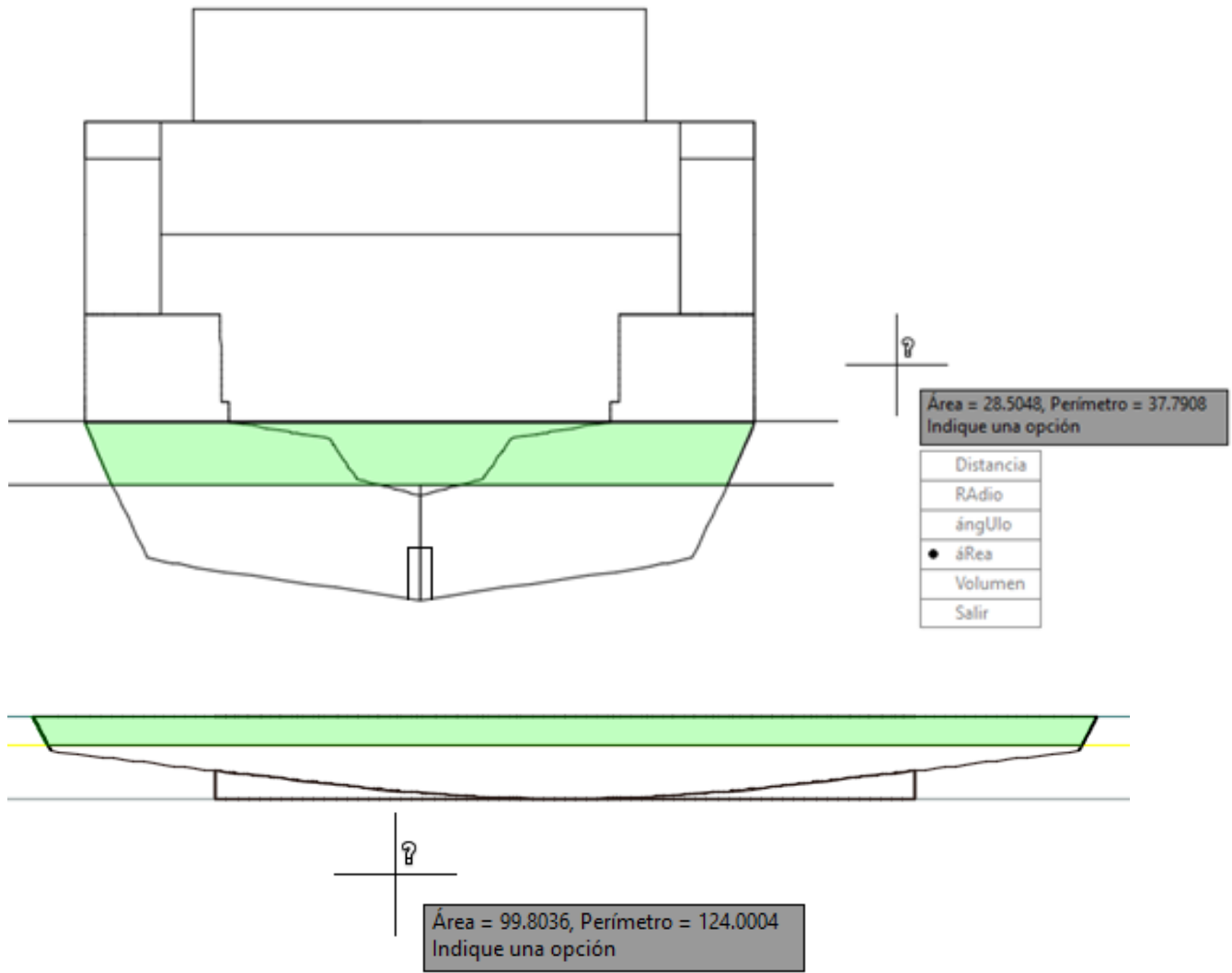


Figura 19.- Justificación de las áreas expuestas al aire del casco.

En la siguiente pestaña, se establece el margen de mar como el 10% de la resistencia total, que lo marca la RPA.

Margin		
Design margin:	10	%
Basis:	Hull drag only	

Figura 20.- Datos NavCad 12.

Una vez se llega a este punto, se está en disposición de realizar el cálculo de la resistencia al avance.

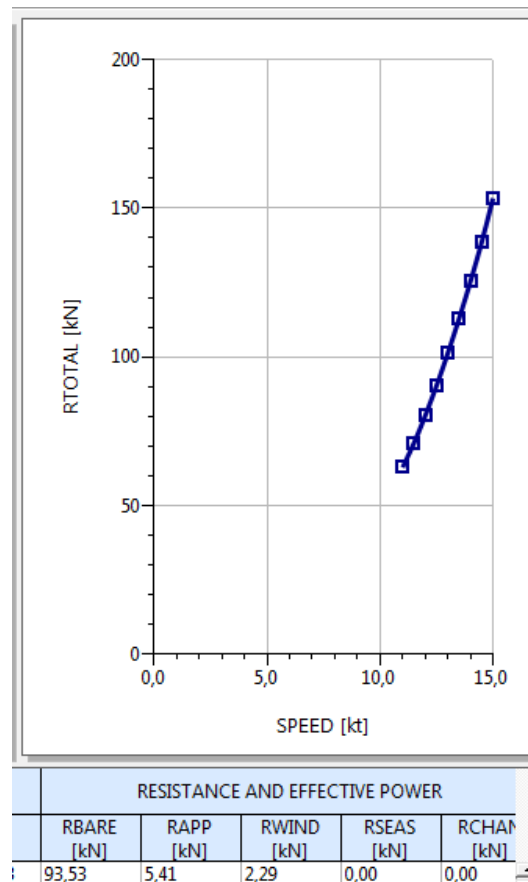


Figura 21.- Resistencia al avance.

Como se puede comprobar la resistencia al avance es la resistencia del casco “desnudo” más la de los apéndices y el viento, esto es:

$$R_{total} = 93,53 + 5,41 + 2,29 = 101,23 \text{ kN}$$

### 3.- Cálculo del motor propulsor

Una vez calculada la resistencia al avance, se está en disposición de hacer lo propio con la potencia propulsiva. Seleccionando el método de predicción *Series 62* y una hélice de 6 palas (más adelante se verá que es la que mejor rendimiento ofrece) se procede al cálculo.

Es necesario añadir que el análisis será un *Free run* (ensayo libre) y que se utiliza el método *Keller* para los criterios de cavitación.

<b>Hull-propulsor</b>	Calc	
Technique:		Prediction
Prediction:		Series 62
Reference ship:		
Max prop diam:	[mm]	1800,0
<b>Corrections</b>		
Viscous scale corr:	Off	
Rudder location:		
Friction line:		
Hull form factor:		
Corr allowance:		
Roughness [mm]:	Off	
Ducted prop corr:	Off	
Tunnel stern corr:	Off	
Effective diam:	[m]	
Recess depth:	[m]	
<b>System analysis</b>		
Cavitation criteria:		Keller eqn
Analysis type:		Free run
CPP method:		Fixed RPM
Engine RPM:		
Mass multiplier:		
RPM constraint:		
Limit [RPM/s]:		

*Figura 22.- Datos NavCad 13.*

Se introduce el número de propulsores. Aunque el buque proyecto tenga dos propulsores, no los va a utilizar al mismo tiempo, por lo que a efectos de propulsión se pondrá un único propulsor. Se marca que es de paso fijo y que se encuentra en la Serie B. El motor se dimensionará en base al empuje necesario para vencer la resistencia al avance.

El valor de *Shaft efficiency* es igual a uno, debido a que al no existir eje propiamente dicho, no hay pérdida de energía en esa transmisión. También sería igual a uno el valor de *Gear efficiency*, ya que la hélice irá directamente acoplada a su motor eléctrico.

Propulsor		
Count:	1	
Propulsor type:	Propeller series	
Propeller type:	FPP	
Propeller series:	B Series	
Propeller sizing:	By thrust	
Reference prop:		
Blade count:	6	
Expanded area ratio:	1,0500	
Propeller diameter:	1800,0	mm
Propeller mean pitch:	2001,6	mm
Hub immersion:	2,2	mm
Engine/gear		
Engine data:	None defined	
Rated RPM:		RPM
Rated power:		kW
Gear efficiency:	1,000	
Load correction:	Off	
Gear ratio:	2,338	
Shaft efficiency:	1,000	

Figura 23.- Datos NavCad 14.

En los datos de la hélice, se dejara que el propio programa calcule sus parámetros principales. Las condiciones de diseño que aparecen justo debajo, son valores ya justificados y datos obtenidos del análisis del programa. El único dato nuevo es el de las revoluciones del motor, obtenidas de un motor de referencia que podría ser válido para el buque proyecto.

Propeller sizing			
To size			
Gear ratio:	Size	2,338	
Expanded area ratio:	Size	1,050	
Propeller diameter:	Size	1800,0	mm
Propeller mean pitch:	Size	2001,6	mm
Design condition			
Design speed:		13,00	kt
Reference thrust:		95,91	kN
Design point:		1,000	
Reference RPM:		750,0	
Design point:		1,050	
Max prop diam:		1800,0	mm
Review			
Tip speed:		31,74	m/s

Size Save report OK Cancel Help

Figura 24.- Datos NavCad 15.

A continuación, se obtiene la potencia propulsiva.

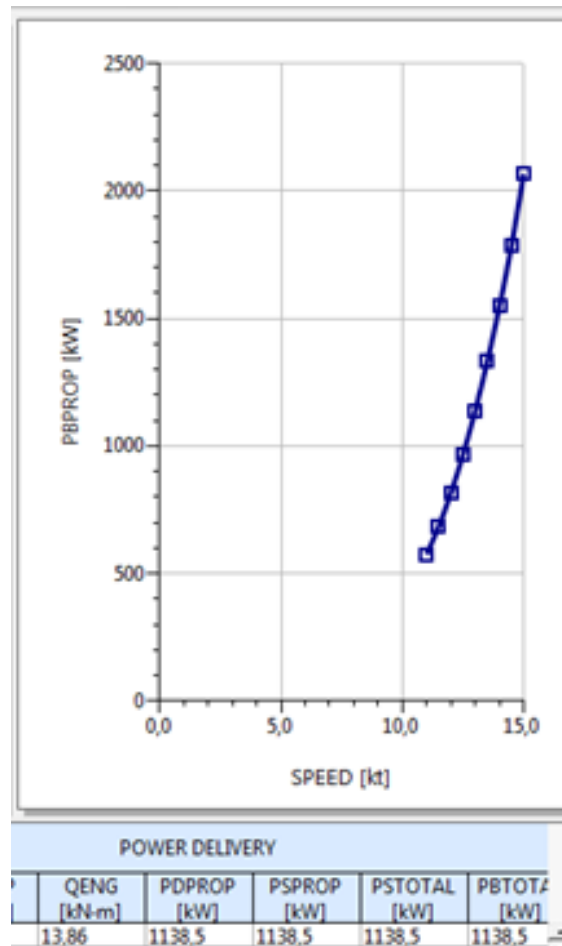


Figura 25.- Potencia mínima necesaria.

Se concluye que la potencia propulsiva calculada mediante *NavCad* es de 1124,8 kW.

El motor propulsor del buque proyecto deberá funcionar al 85% de su régimen. Su potencia mínima será la siguiente:

$$\text{Potencia mínima} = \frac{1138,5}{0,85} = 1339,41 \text{ kW}$$

La empresa de motores Wärtsilä tiene un *thruster* que proporciona 1350 kW. Este es el WST-14. En la tabla de *thrusters* hay una nota que dice que en caso de hielo se reduce la potencia máxima, por lo que se elegirá el siguiente por encima de 1350 kW que es el WST-16, de 1400 kW.

Con este motor propulsor, valdrían los motores generadores escogidos en el Cuaderno 1, ya que:

$$Potencia\ motor\ generador = \frac{1400 + 1400 * 0,292}{0,85} = 2128\ kW$$

Cabe recordar que el motor generador se dimensionaba un 29,2% por encima de la potencia necesaria para propulsar el barco, por la carencia de motores auxiliares. Se justificó en el Cuaderno 1.

Como los motores escogidos en el ya mencionado Cuaderno 1 proporcionan una potencia total de  $1065 * 2$  kW que son 2130 kW, seguirían siendo válidos.

## 4.- Cálculo del propulsor

Para determinar qué propulsor llevará el buque proyecto, se realizan pruebas para probar hélices de 4, 5 y 6 palas. La escogida será la que ofrezca un mayor rendimiento. Es necesario añadir que este análisis, como ya se ha escogido el motor propulsor, se realizará “by power”, es decir, introduciendo la potencia que tiene el motor propulsor y las revoluciones a las que opera. Se muestra en la imagen siguiente.

Design condition			
Design speed:		13,00	kt
Reference power:		1400,0	kW
Design point:		0,850	
Reference RPM:		750,0	
Design point:		1,030	
Max prop diam:		1800,0	mm
Review			
Tip speed:		32,38	m/s

Figura 26.- Datos NavCad 16.

### 4.1.- Cuatro palas

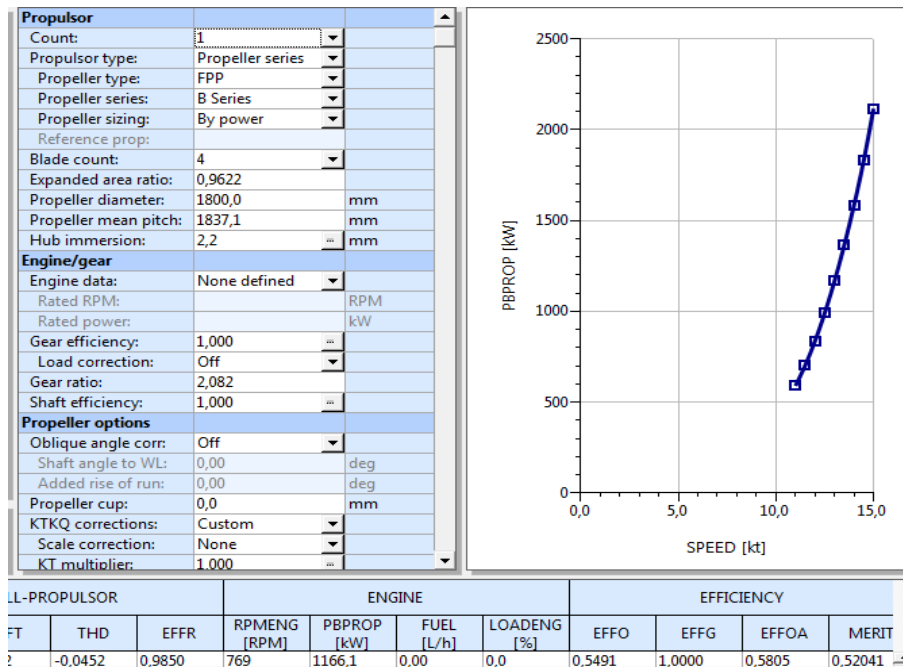


Figura 27.- Hélice con cuatro palas.

Ofrece una eficiencia de 0,5805.

### 4.2.- Cinco palas

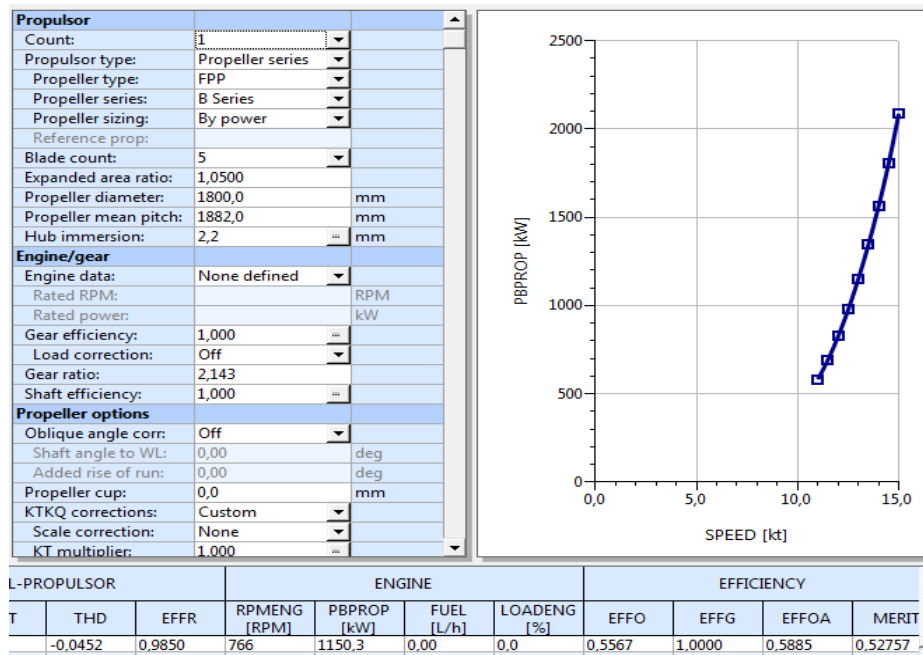


Figura 28.- Hélice con cinco palas.

Ofrece una eficiencia de 0,5885.

### 4.3.- Seis palas

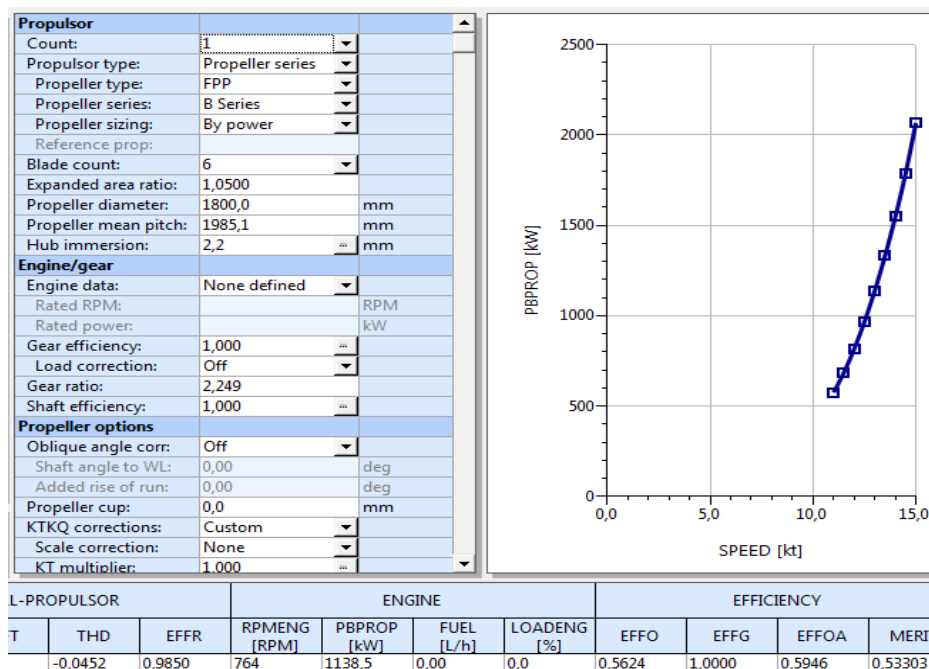


Figura 29.- Hélice con 6 palas.

Ofrece una resistencia de 0,5946.



#### **4.4.- Conclusión**

La hélice escogida será la de 6 palas, ya que ofrece una eficiencia mayor que las otras dos. Sus parámetros principales serán los siguientes:

Relación Ao/AD	Paso	Relación de reducción	Diámetro del propulsor
1,05	1985,1 cm	2,249	1800 cm

*Tabla 2.- Parámetros de la hélice final.*

Como Anexo I se adjuntan los resultados obtenidos del *NavCad*.

### **5.- Cumplimiento de la normativa referente a Zonas ECA**

Las Zonas ECA (Emission Control Area) son zonas en las que están restringidas la cantidad de emisiones que se pueden realizar a la atmosfera. En el caso de los motores diésel lo que interesa reducir son tanto los NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno) como los SO<sub>x</sub> (óxidos de azufre).

Como en el buque proyecto solo se llevan 2 motores diésel, que son los generadores, habrá que demostrar que cumplen con los criterios que el MARPOL (1) establece para las Zonas ECA.

En el catálogo de los motores 20DF de Wärtsilä se puede comprobar la normativa, obtenida de (1), que hay que cumplir, en cuanto a óxidos de nitrógeno:

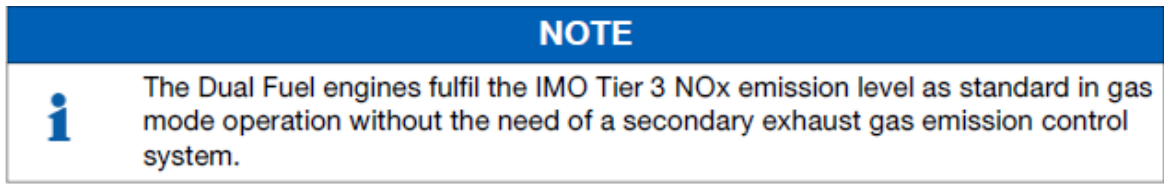
#### **IMO Tier 3 NO<sub>x</sub> emission standard (new ships, upcoming limit in ECA)**

The IMO Tier 3 NO<sub>x</sub> emission standard will enter into force from year 2016. It will by then apply for new marine diesel engines > 130 kW installed in ships which keel laying date is 1.1.2016 or later when operating inside the North American ECA and the US Caribbean Sea ECA.

The IMO Tier 3 NO<sub>x</sub> limit is defined as follows:

$$\text{NO}_x \text{ [g/kWh]} = 9 \times \text{rpm}^{-0.2} \text{ when } 130 < \text{rpm} < 2000$$

El catálogo del motor Wärtsilä no indica la emisión de óxidos de nitrógeno que produce el motor, pero certifica que cumple con la norma, al menos funcionando con gas:



*Figura 30.- Referencia del catálogo 20DF guide (2) sobre NO<sub>x</sub>.*

Funcionando con diésel, sería necesaria la instalación de un sistema de gases de exhaustación para la contención de los mismos.

En cuanto a óxidos de azufre, se tiene lo siguiente:

#### 13.2.1.1.2 Sulphur Oxides, SO<sub>x</sub> emissions

Marpol Annex VI has set a maximum global fuel sulphur limit of currently 3,5% (from 1.1.2012) in weight for any fuel used on board a ship. Annex VI also contains provisions allowing for special SO<sub>x</sub> Emission Control Areas (SECA) to be established with more stringent controls on sulphur emissions. In a SECA, which currently comprises the Baltic Sea, the North Sea, the English Channel, the US Caribbean Sea and the area outside North America (200 nautical miles), the sulphur content of fuel oil used onboard a ship must currently not exceed 0,1 % in weight.

The Marpol Annex VI has undertaken a review with the intention to further reduce emissions from ships. The current and upcoming limits for fuel oil sulphur contents are presented in the following table.

**Table Fuel sulphur caps**  
**13.2.1.1.2.1**

Fuel sulphur cap	Area	Date of implementation
Max. 1.0% S in fuel	SECA Areas	1 July 2010
Max 3.5% S in fuel	Globally	1 January 2012
Max. 0.1% S in fuel	SECA Areas	1 January 2015
Max. 0.5% S in fuel	Globally	1 January 2020

Abatement technologies including scrubbers are allowed as alternatives to low sulphur fuels. The exhaust gas system can be applied to reduce the total emissions of sulphur oxides from ships, including both auxiliary and main propulsion engines, calculated as the total weight of sulphur dioxide emissions.

*Figura 31.- Referencia del catálogo 20DF guide (2) sobre SO<sub>x</sub>.*

Lo que se trata de controlar en cuanto a los SO<sub>x</sub> es el contenido de azufre en los combustibles. Por lo tanto, se tendría que utilizar un combustible con un porcentaje de menos de un 0,1% en peso.

## **6.- Bibliografía**

1. Convenio\_MARPOL\_Refundido\_2002.pdf.
2. 20df-product-guide.pdf [Internet]. [citado 16 de febrero de 2016]. Recuperado a partir de: <http://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines-generating-sets/dual-fuel-engines/20df-product-guide.pdf?sfvrsn=4>

## Anexo I. Resultados de NavCad

# Resistance

22 may 2016 10:57

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Analysis parameters

<b>Vessel drag</b>		<b>ITTC-78 (CT)</b>	<b>Added drag</b>	
Technique:	[Calc] Prediction		Appendage:	[Calc] Holtrop (Component)
Prediction:	Fung (HSTS)		Wind:	[Calc] Taylor
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:	Standard		Towed:	[Off]
Friction line:	ITTC-57		Margin:	[Off]
Hull form factor:	[On] 1,246		<b>Water properties</b>	
Speed corr:	[On]		Water type:	Fresh
Spray drag corr:	[Off]		Density:	999,10 kg/m3
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)		Viscosity:	1,13860e-6 m2/s
Roughness [mm]:	[On] 0,15			

## Prediction method check [Fung (HSTS)]

Parameters	FN [design]	CVOL	CP	LWL/BWL	BWL/T	XCB/LWL	IE	ATR/AX	BTR/BWL
Value	0,28	5,59	0,53	3,63	5,32	0,500	39,0*	0,01	0,15
Range	0,15-0,41	4,73-10,60	0,55-0,72	3,40-12,10	2,10-6,90	0,440-0,510	3,7-26,0	0,00-0,54	0,01-0,95

## Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
11,00	0,235	0,555	2,94e8	0,001792	1,224	0,001228	0,000000	0,000662	0,004083
11,50	0,245	0,580	3,08e8	0,001782	1,219	0,001404	0,000000	0,000660	0,004235
12,00	0,256	0,605	3,21e8	0,001771	1,213	0,001602	0,000000	0,000658	0,004409
12,50	0,267	0,631	3,35e8	0,001762	1,207	0,001808	0,000000	0,000656	0,004590
+ 13,00 +	0,277	0,656	3,48e8	0,001753	1,200	0,002015	0,000000	0,000654	0,004773
13,50	0,288	0,681	3,61e8	0,001744	1,192	0,002219	0,000000	0,000652	0,004951
14,00	0,299	0,706	3,75e8	0,001736	1,184	0,002417	0,000000	0,000650	0,005123
14,50	0,309	0,732	3,88e8	0,001728	1,176	0,002615	0,000000	0,000648	0,005295
15,00	0,320	0,757	4,02e8	0,001720	1,167	0,002835	0,000000	0,000646	0,005488
	RESISTANCE								
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
11,00	57,28	3,95	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00	62,88	
11,50	64,95	4,30	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00	71,04	
12,00	73,62	4,66	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	80,23	
12,50	83,17	5,03	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	90,31	
+ 13,00 +	93,53	5,41	2,29	0,00	0,00	0,00	0,00	101,23	
13,50	104,63	5,81	2,47	0,00	0,00	0,00	0,00	112,91	
14,00	116,43	6,22	2,65	0,00	0,00	0,00	0,00	125,30	
14,50	129,09	6,64	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	138,57	
15,00	143,20	7,08	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	153,32	
	EFFECTIVE POWER		OTHER						
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				
11,00	324,2	355,8	0,02678	0,08906	0,00491				
11,50	384,3	420,3	0,03063	0,09239	0,00557				
12,00	454,5	495,3	0,03494	0,09618	0,00631				
12,50	534,8	580,8	0,03943	0,10013	0,00713				
+ 13,00 +	625,5	677,0	0,04396	0,10411	0,00801				
13,50	726,7	784,2	0,04841	0,10800	0,00897				
14,00	838,5	902,4	0,05272	0,11175	0,00998				
14,50	962,9	1033,7	0,05704	0,11550	0,01106				
15,00	1105,0	1183,1	0,06184	0,11972	0,01227				

# Resistance

22 may 2016 10:57

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	<b>61,000 m</b>
Chine type:	<b>Single/hard</b>	Proj bottom area:	<b>348,5 m2</b>
Length on WL:	<b>59,245 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,486] <b>29,623 m</b>
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,631] <b>16,318 m</b>	VCG below WL:	<b>1,010 m</b>
Max molded draft:	[BWL/T 5,315] <b>3,070 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement:	[CB 0,401] <b>1190,00 t</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Wetted surface:	[CS 3,302] <b>877,1 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>59,245 m</b>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Max section area:	[CX 0,759] <b>38,0 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
Waterplane area:	[CWP 0,762] <b>737,0 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
Bulb section area:	<b>0,0 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	<b>1800,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,009] <b>0,4 m2</b>	Position fwd TR:	<b>5,500 m</b>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,145] <b>2,370 m</b>	Position below WL:	<b>2,170 m</b>
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] <b>-0,300 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>39,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

# Resistance

22 may 2016 10:57

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Component	Count:	1
Percent of hull drag:	0,00 %	Type:	Skeg
Planing influence		Mean length:	40,000 m
LCE fwd TR:	0,000 m	Mean width:	0,340 m
VCE below WL:	0,000 m	Height aft:	1,600 m
Shafting		Height mid:	0,000 m
Count:	1	Height fwd:	1,600 m
Max prop diameter:	1800,0 mm	Projected area:	25,2 m2
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	65,1 m2
Exposed shaft length:	0,000 m	Stabilizer	
Shaft diameter:	0,000 m	Count:	0
Wetted surface:	0,0 m2	Root chord:	0,000 m
Strut bossing length:	0,000 m	Tip chord:	0,000 m
Bossing diameter:	0,000 m	Span:	0,000 m
Wetted surface:	0,0 m2	T/C ratio:	0,000
Hull bossing length:	0,000 m	LE sweep:	0,00 deg
Bossing diameter:	0,000 m	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	Projected area:	0,0 m2
Strut (per shaft line)		Dynamic multiplier:	1,00
Count:	0	Bilge keel	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 mm	Mean length:	0,000 m
Span:	0,000 m	Mean base width:	0,000 m
T/C ratio:	0,000	Mean projection:	0,000 m
Projected area:	0,0 m2	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	Tunnel thruster	
Exposed palm depth:	0,000 m	Count:	0
Exposed palm width:	0,000 m	Diameter:	0,000 m
Rudder		Sonar dome	
Count:	0	Count:	0
Rudder location:	Behind propeller	Wetted surface:	0,0 m2
Type:	Balanced foil	Miscellaneous	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 m	Drag area:	0,0 m2
Span:	0,000 m	Drag coef:	0,00
T/C ratio:	0,000		
LE sweep:	0,00 deg		
Projected area:	0,0 m2		
Wetted surface:	0,0 m2		

## Environment data

Wind		Seas	
Wind speed:	0,00 kt	Significant wave ht:	0,000 m
Angle off bow:	0,00 deg	Modal wave period:	0,0 sec
Gradient correction:	Off	Shallow/channel	
Exposed hull		Water depth:	0,000 m
Transverse area:	99,8 m2	Type:	Shallow water
VCE above WL:	0,000 m	Channel width:	0,000 m
Profile area:	185,2 m2	Channel side slope:	0,00 deg
Superstructure		Hull girth:	0,000 m
Superstructure shape:	Ferry/Liner		
Transverse area:	28,5 m2		
VCE above WL:	0,000 m		
Profile area:	420,4 m2		

# Resistance

22 may 2016 10:57

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Symbols and values

SPEED = Vessel speed

FN = Froude number [LWL]

FV = Froude number [VOL]

RN = Reynolds number [LWL]

CF = Frictional resistance coefficient

CV/CF = Viscous/frictional resistance coefficient ratio [dynamic form factor]

CR = Residuary resistance coefficient

dCF = Added frictional resistance coefficient for roughness

CA = Correlation allowance [dynamic]

CT = Total bare-hull resistance coefficient

RBARE = Bare-hull resistance

RAPP = Additional appendage resistance

RWIND = Additional wind resistance

RSEAS = Additional sea-state resistance

RCHAN = Additional shallow/channel resistance

RTOWED = Additional towed object resistance

RMARGIN = Resistance margin

RTOTAL = Total vessel resistance

PEBARE = Bare-hull effective power

PETOTAL = Total effective power

CTLR = Telfer residuary resistance coefficient

CTLT = Telfer total bare-hull resistance coefficient

RBARE/W = Bare-hull resistance to weight ratio

+ = Design speed indicator

\* = Exceeds parameter limit



# Propulsion

22 may 2016 11:08

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Analysis parameters

<b>Hull-propulsor interaction</b>		<b>System analysis</b>	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Series 62	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	1800,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Fresh
Corr allowance:		Density:	999,10 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,13860e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

## Prediction method check [Series 62]

Parameters	FV [design]	AP:VOL	XCG/LP	LP:AP	Deadrise
Value	0,66*	3,10*	0,486*	10,68*	14,0
Range	1,00-3,50	4,25-8,56	0,353-0,443	2,36-6,72	13,0-20,0

## Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
11,00 !	355,8	0,0307	-0,0477	0,9850	624	575,4	---	0,0
11,50 !	420,3	0,0296	-0,0470	0,9850	660	685,8	---	0,0
12,00 !	495,3	0,0284	-0,0464	0,9850	696	816,2	---	0,0
12,50 !	580,8	0,0273	-0,0458	0,9850	734	966,8	---	0,0
+ 13,00 ! +	677,0	0,0262	-0,0452	0,9850	773	1138,5	---	0,0
13,50 !	784,2	0,0252	-0,0446	0,9850	811	1331,5	---	0,0
14,00 !	902,4	0,0242	-0,0440	0,9850	850	1546,6	---	0,0
14,50 !	1033,7	0,0232	-0,0434	0,9850	890	1787,7	---	0,0
15,00 !	1183,1	0,0222	-0,0429	0,9850	931	2066,6	---	0,0
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
11,00 !	273	19,80	8,67	575,4	575,4	575,4	575,4	114,8
11,50 !	289	22,34	9,78	685,8	685,8	685,8	685,8	100,7
12,00 !	305	25,18	11,02	816,2	816,2	816,2	816,2	88,3
12,50 !	321	28,29	12,39	966,8	966,8	966,8	966,8	77,6
+ 13,00 ! +	338	31,66	13,86	1138,5	1138,5	1138,5	1138,5	68,6
13,50 !	355	35,26	15,44	1331,5	1331,5	1331,5	1331,5	60,9
14,00 !	372	39,08	17,11	1546,6	1546,6	1546,6	1546,6	54,3
14,50 !	390	43,17	18,90	1787,7	1787,7	1787,7	1787,7	48,7
15,00 !	408	47,70	20,88	2066,6	2066,6	2066,6	2066,6	43,6
SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST			
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
11,00 !	0,5808	1,0000	0,6184	0,51452	60,02	62,88		
11,50 !	0,5767	1,0000	0,6128	0,51888	67,85	71,04		
12,00 !	0,5720	1,0000	0,6068	0,52367	76,67	80,23		
12,50 !	0,5672	1,0000	0,6007	0,52845	86,35	90,31		
+ 13,00 ! +	0,5624	1,0000	0,5946	0,53305	96,85	101,23		
13,50 !	0,5579	1,0000	0,5889	0,53733	108,08	112,91		
14,00 !	0,5537	1,0000	0,5835	0,54127	120,02	125,30		
14,50 !	0,5495	1,0000	0,5782	0,54507	132,80	138,57		
15,00 !	0,5449	1,0000	0,5725	0,54919	147,02	153,32		

# Propulsion

22 may 2016 11:08

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
11,00 !	0,6690	0,2758	0,05057	0,61626	0,16886	1,5693	2,7428	1,20e7	
11,50 !	0,6627	0,2793	0,05108	0,63588	0,1755	1,6193	2,8507	1,27e7	
12,00 !	0,6557	0,2831	0,05165	0,65836	0,18319	1,6765	2,9757	1,34e7	
12,50 !	0,6487	0,2869	0,05223	0,68185	0,19134	1,7363	3,108	1,41e7	
+ 13,00 ! +	0,6418	0,2906	0,05278	0,70548	0,19963	1,7965	3,2428	1,48e7	
13,50 !	0,6354	0,2941	0,05331	0,7285	0,20782	1,8551	3,3757	1,55e7	
14,00 !	0,6294	0,2973	0,05379	0,7506	0,21576	1,9114	3,5047	1,63e7	
14,50 !	0,6236	0,3005	0,05426	0,77269	0,22379	1,9676	3,6351	1,70e7	
15,00 !	0,6172	0,3039	0,05478	0,79774	0,23299	2,0314	3,7846	1,78e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00 !	6,63	2,97	0,56	25,76	0,776	22,46	2,0	2,0	1567,3
11,50 !	6,05	2,66	0,50	27,22	0,851	25,39	2,5	2,5	1561,8
12,00 !	5,55	2,38	0,45	28,74	0,936	28,69	3,2	3,2	1555,7
12,50 !	5,10	2,15	0,41	30,29	1,029	32,32	4,1	4,1	1549,6
+ 13,00 ! +	4,70	1,94	0,37	31,88	1,130	36,25	5,3	5,3	1543,6
13,50 !	4,35	1,76	0,34	33,47	1,238	40,45	6,8	6,8	1538,1
14,00 !	4,04	1,60	0,31	35,08	1,352	44,92	8,6	8,6	1533,0
14,50 !	3,76	1,46	0,28	36,71	1,475	49,70	10,8	10,8	1528,0
15,00 !	3,50	1,33	0,26	38,41	1,612	55,02 !	13,7	13,7	1522,6

# Propulsion

22 may 2016 11:08

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	<b>61,000 m</b>
Chine type:	<b>Single/hard</b>	Proj bottom area:	<b>348,5 m2</b>
Length on WL:	<b>59,245 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,486] <b>29,623 m</b>
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,631] <b>16,318 m</b>	VCG below WL:	<b>1,010 m</b>
Max molded draft:	[BWL/T 5,315] <b>3,070 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement:	[CB 0,401] <b>1190,00 t</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Wetted surface:	[CS 3,302] <b>877,1 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>59,245 m</b>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Max section area:	[CX 0,759] <b>38,0 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
Waterplane area:	[CWP 0,762] <b>737,0 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
Bulb section area:	<b>0,0 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	<b>1800,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,009] <b>0,4 m2</b>	Position fwd TR:	<b>5,500 m</b>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,145] <b>2,370 m</b>	Position below WL:	<b>2,170 m</b>
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] <b>-0,300 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>39,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

## Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By thrust</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>6</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>1,0500</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>1800,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 1,1100] <b>1998,0 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>2,2 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>W6LDF20</b>	Max prop diam:	<b>1800,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>13,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>1400,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>750,0</b>
Gear ratio:	<b>2,284</b> [Size]	Design point:	<b>1,030</b>
Shaft efficiency:	<b>1,000</b>		

# Propulsion

22 may 2016 11:08

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Symbols and values

SPEED = Vessel speed

PETOTAL = Total vessel effective power  
WFT = Taylor wake fraction coefficient  
THD = Thrust deduction coefficient  
EFFR = Relative-rotative efficiency

RPMENG = Engine RPM  
PBPROP = Brake power per propulsor  
FUEL = Fuel rate per engine  
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

RPMPROP = Propulsor RPM  
QPROP = Propulsor open water torque  
QENG = Engine torque  
PDPROP = Delivered power per propulsor  
PSPROP = Shaft power per propulsor  
PSTOTAL = Total vessel shaft power  
PBTOTAL = Total vessel brake power  
TRANSP = Transport factor

EFFO = Propulsor open-water efficiency  
EFFG = Gear efficiency (load corrected)  
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]  
MERIT = Propulsor merit coefficient

THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust

J = Propulsor advance coefficient  
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]  
KQ = Propulsor torque coefficient  
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
CP = Propulsor thrust loading coefficient  
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R

SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria  
PRESS = Average propeller loading pressure  
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation

+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds recommended parameter limit  
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
--- = Insignificant or not applicable

# Propulsion

22 may 2016 11:04

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Series 62	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	1800,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Fresh
Corr allowance:		Density:	999,10 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,13860e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

## Prediction method check [Series 62]

Parameters	FV [design]	AP:VOL	XCG/LP	LP:AP	Deadrise
Value	0,66*	3,10*	0,486*	10,68*	14,0
Range	1,00-3,50	4,25-8,56	0,353-0,443	2,36-6,72	13,0-20,0

## Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
11,00 !	355,8	0,0307	-0,0477	0,9850	622	589,7	---	0,0
11,50 !	420,3	0,0296	-0,0470	0,9850	657	702,8	---	0,0
12,00 !	495,3	0,0284	-0,0464	0,9850	693	836,3	---	0,0
12,50 !	580,8	0,0273	-0,0458	0,9850	731	990,5	---	0,0
+ 13,00 ! +	677,0	0,0262	-0,0452	0,9850	769	1166,1	---	0,0
13,50 !	784,2	0,0252	-0,0446	0,9850	807	1363,6	---	0,0
14,00 !	902,4	0,0242	-0,0440	0,9850	846	1583,6	---	0,0
14,50 !	1033,7	0,0232	-0,0434	0,9850	885	1830,2	---	0,0
15,00 !	1183,1	0,0222	-0,0429	0,9850	925	2115,3	---	0,0
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
11,00 !	299	18,57	8,92	589,7	589,7	589,7	589,7	112,0
11,50 !	315	20,95	10,07	702,8	702,8	702,8	702,8	98,2
12,00 !	333	23,62	11,35	836,3	836,3	836,3	836,3	86,1
12,50 !	351	26,54	12,75	990,5	990,5	990,5	990,5	75,8
+ 13,00 ! +	369	29,70	14,27	1166,1	1166,1	1166,1	1166,1	66,9
13,50 !	388	33,08	15,89	1363,6	1363,6	1363,6	1363,6	59,4
14,00 !	406	36,67	17,62	1583,6	1583,6	1583,6	1583,6	53,1
14,50 !	425	40,50	19,46	1830,2	1830,2	1830,2	1830,2	47,6
15,00 !	445	44,76	21,50	2115,3	2115,3	2115,3	2115,3	42,6
SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST			
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
11,00 !	0,5667	1,0000	0,6034	0,50198	60,01	62,87		
11,50 !	0,5627	1,0000	0,5980	0,50632	67,85	71,04		
12,00 !	0,5582	1,0000	0,5922	0,51107	76,67	80,22		
12,50 !	0,5536	1,0000	0,5863	0,51583	86,35	90,31		
+ 13,00 ! +	0,5491	1,0000	0,5805	0,52041	96,85	101,23		
13,50 !	0,5448	1,0000	0,5750	0,52469	108,08	112,91		
14,00 !	0,5407	1,0000	0,5699	0,52863	120,02	125,30		
14,50 !	0,5368	1,0000	0,5648	0,53243	132,80	138,57		
15,00 !	0,5324	1,0000	0,5593	0,53657	147,02	153,32		

# Propulsion

22 may 2016 11:04

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
11,00 !	0,6123	0,2310	0,03972	0,61622	0,17306	1,5692	2,8111	1,79e7	
11,50 !	0,6066	0,2340	0,04014	0,6359	0,17986	1,6193	2,9216	1,89e7	
12,00 !	0,6003	0,2373	0,04061	0,65835	0,1877	1,6765	3,049	2,00e7	
12,50 !	0,5940	0,2406	0,04108	0,68187	0,19603	1,7364	3,1842	2,10e7	
+ 13,00 ! +	0,5879	0,2438	0,04154	0,70547	0,20448	1,7965	3,3215	2,21e7	
13,50 !	0,5821	0,2468	0,04197	0,7285	0,21282	1,8551	3,457	2,32e7	
14,00 !	0,5767	0,2496	0,04237	0,75059	0,22092	1,9114	3,5885	2,43e7	
14,50 !	0,5715	0,2524	0,04276	0,7727	0,2291	1,9677	3,7215	2,54e7	
15,00 !	0,5658	0,2553	0,04319	0,79774	0,23848	2,0314	3,8737	2,65e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00 !	6,63	2,49	0,48	28,14	0,665	24,51	2,1	2,1	1434,3
11,50 !	6,05	2,23	0,43	29,73	0,725	27,71	2,7	2,7	1429,5
12,00 !	5,55	2,00	0,38	31,39	0,794	31,31	3,5	3,5	1424,2
12,50 !	5,10	1,80	0,35	33,08	0,869	35,27	4,5	4,5	1418,9
+ 13,00 ! +	4,70	1,63	0,31	34,80	0,950	39,55	6,0	6,0	1413,8
13,50 !	4,35	1,47	0,28	36,54	1,037	44,14	7,8	7,8	1409,1
14,00 !	4,04	1,34	0,26	38,29	1,129	49,01	10,0	10,0	1404,6
14,50 !	3,76	1,23	0,24	40,06	1,228	54,24 !	12,8	12,8	1400,4
15,00 !	3,50	1,12	0,22	41,90	1,338	60,04 !!	16,5	16,5	1395,7

# Propulsion

22 may 2016 11:04

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	<b>61,000 m</b>
Chine type:	<b>Single/hard</b>	Proj bottom area:	<b>348,5 m2</b>
Length on WL:	<b>59,245 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,486] <b>29,623 m</b>
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,631] <b>16,318 m</b>	VCG below WL:	<b>1,010 m</b>
Max molded draft:	[BWL/T 5,315] <b>3,070 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement:	[CB 0,401] <b>1190,00 t</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Wetted surface:	[CS 3,302] <b>877,1 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>59,245 m</b>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Max section area:	[CX 0,759] <b>38,0 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
Waterplane area:	[CWP 0,762] <b>737,0 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
Bulb section area:	<b>0,0 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	<b>1800,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,009] <b>0,4 m2</b>	Position fwd TR:	<b>5,500 m</b>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,145] <b>2,370 m</b>	Position below WL:	<b>2,170 m</b>
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] <b>-0,300 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>39,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

## Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>4</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,9622</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>1800,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 1,0206] <b>1837,1 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>2,2 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>W6LDF20</b>	Max prop diam:	<b>1800,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>13,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>1400,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>750,0</b>
Gear ratio:	<b>2,082</b> [Size]	Design point:	<b>1,030</b>
Shaft efficiency:	<b>1,000</b>		

# Propulsion

22 may 2016 11:04

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Symbols and values

SPEED = Vessel speed

PETOTAL = Total vessel effective power  
WFT = Taylor wake fraction coefficient  
THD = Thrust deduction coefficient  
EFFR = Relative-rotative efficiency

RPMENG = Engine RPM  
PBPROP = Brake power per propulsor  
FUEL = Fuel rate per engine  
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

RPMPROP = Propulsor RPM  
QPROP = Propulsor open water torque  
QENG = Engine torque  
PDPROP = Delivered power per propulsor  
PSPROP = Shaft power per propulsor  
PSTOTAL = Total vessel shaft power  
PBTOTAL = Total vessel brake power  
TRANSP = Transport factor

EFFO = Propulsor open-water efficiency  
EFFG = Gear efficiency (load corrected)  
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]  
MERIT = Propulsor merit coefficient

THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust

J = Propulsor advance coefficient  
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]  
KQ = Propulsor torque coefficient  
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
CP = Propulsor thrust loading coefficient  
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R

SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria  
PRESS = Average propeller loading pressure  
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation

+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds recommended parameter limit  
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
--- = Insignificant or not applicable



# Propulsion

22 may 2016 11:05

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Series 62	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	1800,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Fresh
Corr allowance:		Density:	999,10 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,13860e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

## Prediction method check [Series 62]

Parameters	FV [design]	AP:VOL	XCG/LP	LP:AP	Deadrise
Value	0,66*	3,10*	0,486*	10,68*	14,0
Range	1,00-3,50	4,25-8,56	0,353-0,443	2,36-6,72	13,0-20,0

## Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
11,00 !	355,8	0,0307	-0,0477	0,9850	619	581,9	---	0,0
11,50 !	420,3	0,0296	-0,0470	0,9850	654	693,4	---	0,0
12,00 !	495,3	0,0284	-0,0464	0,9850	691	825,0	---	0,0
12,50 !	580,8	0,0273	-0,0458	0,9850	728	977,1	---	0,0
+ 13,00 ! +	677,0	0,0262	-0,0452	0,9850	766	1150,3	---	0,0
13,50 !	784,2	0,0252	-0,0446	0,9850	804	1345,0	---	0,0
14,00 !	902,4	0,0242	-0,0440	0,9850	843	1562,0	---	0,0
14,50 !	1033,7	0,0232	-0,0434	0,9850	882	1805,1	---	0,0
15,00 !	1183,1	0,0222	-0,0429	0,9850	922	2086,2	---	0,0
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
11,00 !	289	18,93	8,84	581,9	581,9	581,9	581,9	113,5
11,50 !	305	21,35	9,97	693,4	693,4	693,4	693,4	99,6
12,00 !	322	24,07	11,23	825,0	825,0	825,0	825,0	87,3
12,50 !	340	27,05	12,62	977,1	977,1	977,1	977,1	76,8
+ 13,00 ! +	358	30,26	14,12	1150,3	1150,3	1150,3	1150,3	67,8
13,50 !	375	33,70	15,73	1345,0	1345,0	1345,0	1345,0	60,3
14,00 !	393	37,35	17,43	1562,0	1562,0	1562,0	1562,0	53,8
14,50 !	412	41,26	19,26	1805,1	1805,1	1805,1	1805,1	48,2
15,00 !	430	45,58	21,28	2086,2	2086,2	2086,2	2086,2	43,2
EFFICIENCY					THRUST			
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
11,00 !	0,5743	1,0000	0,6115	0,50874	60,01	62,87		
11,50 !	0,5703	1,0000	0,6061	0,51318	67,85	71,04		
12,00 !	0,5658	1,0000	0,6003	0,51804	76,67	80,22		
12,50 !	0,5612	1,0000	0,5943	0,5229	86,35	90,31		
+ 13,00 ! +	0,5567	1,0000	0,5885	0,52757	96,85	101,23		
13,50 !	0,5523	1,0000	0,5830	0,53194	108,08	112,91		
14,00 !	0,5482	1,0000	0,5778	0,53596	120,02	125,30		
14,50 !	0,5442	1,0000	0,5726	0,53983	132,80	138,57		
15,00 !	0,5398	1,0000	0,5671	0,54404	147,02	153,32		

# Propulsion

22 may 2016 11:05

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
11,00 !	0,6324	0,2465	0,04320	0,61623	0,17076	1,5692	2,7738	1,52e7	
11,50 !	0,6266	0,2497	0,04365	0,6359	0,17746	1,6193	2,8825	1,60e7	
12,00 !	0,6201	0,2531	0,04415	0,65835	0,18518	1,6765	3,008	1,69e7	
12,50 !	0,6135	0,2567	0,04466	0,68186	0,19337	1,7363	3,1411	1,78e7	
+ 13,00 ! +	0,6072	0,2601	0,04515	0,70547	0,2017	1,7965	3,2764	1,87e7	
13,50 !	0,6012	0,2633	0,04561	0,7285	0,20992	1,8551	3,4099	1,96e7	
14,00 !	0,5956	0,2663	0,04604	0,7506	0,2179	1,9114	3,5395	2,06e7	
14,50 !	0,5902	0,2691	0,04645	0,77269	0,22596	1,9676	3,6704	2,15e7	
15,00 !	0,5843	0,2723	0,04691	0,79774	0,2352	2,0314	3,8204	2,25e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00 !	6,63	2,65	0,51	27,25	0,720	22,46	2,0	2,0	1481,6
11,50 !	6,05	2,38	0,45	28,79	0,788	25,39	2,2	2,2	1476,6
12,00 !	5,55	2,13	0,41	30,39	0,865	28,69	2,8	2,8	1471,1
12,50 !	5,10	1,92	0,37	32,03	0,949	32,32	3,6	3,6	1465,6
+ 13,00 ! +	4,70	1,73	0,33	33,70	1,040	36,25	4,8	4,8	1460,3
13,50 !	4,35	1,57	0,30	35,38	1,137	40,45	6,2	6,2	1455,3
14,00 !	4,04	1,43	0,28	37,07	1,241	44,92	8,0	8,0	1450,7
14,50 !	3,76	1,31	0,25	38,79	1,352	49,70	10,2	10,2	1446,2
15,00 !	3,50	1,20	0,23	40,57	1,475	55,02 !	13,1	13,1	1441,3

# Propulsion

22 may 2016 11:05

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	<b>61,000 m</b>
Chine type:	<b>Single/hard</b>	Proj bottom area:	<b>348,5 m2</b>
Length on WL:	<b>59,245 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,486] <b>29,623 m</b>
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,631] <b>16,318 m</b>	VCG below WL:	<b>1,010 m</b>
Max molded draft:	[BWL/T 5,315] <b>3,070 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement:	[CB 0,401] <b>1190,00 t</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Wetted surface:	[CS 3,302] <b>877,1 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>59,245 m</b>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Max section area:	[CX 0,759] <b>38,0 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
Waterplane area:	[CWP 0,762] <b>737,0 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
Bulb section area:	<b>0,0 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	<b>1800,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,009] <b>0,4 m2</b>	Position fwd TR:	<b>5,500 m</b>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,145] <b>2,370 m</b>	Position below WL:	<b>2,170 m</b>
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] <b>-0,300 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>39,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

## Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>5</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>1,0500</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>1800,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 1,0456] <b>1882,0 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>2,2 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>W6LDF20</b>	Max prop diam:	<b>1800,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>13,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>1400,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>750,0</b>
Gear ratio:	<b>2,143</b> [Size]	Design point:	<b>1,030</b>
Shaft efficiency:	<b>1,000</b>		

# Propulsion

22 may 2016 11:05

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Symbols and values

SPEED = Vessel speed

PETOTAL = Total vessel effective power  
WFT = Taylor wake fraction coefficient  
THD = Thrust deduction coefficient  
EFFR = Relative-rotative efficiency

RPMENG = Engine RPM  
PBPROP = Brake power per propulsor  
FUEL = Fuel rate per engine  
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

RPMPROP = Propulsor RPM  
QPROP = Propulsor open water torque  
QENG = Engine torque  
PDPROP = Delivered power per propulsor  
PSPROP = Shaft power per propulsor  
PSTOTAL = Total vessel shaft power  
PBTOTAL = Total vessel brake power  
TRANSP = Transport factor

EFFO = Propulsor open-water efficiency  
EFFG = Gear efficiency (load corrected)  
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]  
MERIT = Propulsor merit coefficient

THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust

J = Propulsor advance coefficient  
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]  
KQ = Propulsor torque coefficient  
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
CP = Propulsor thrust loading coefficient  
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R

SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria  
PRESS = Average propeller loading pressure  
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation

+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds recommended parameter limit  
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
--- = Insignificant or not applicable

# Propulsion

22 may 2016 11:06

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Series 62	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	1800,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[Off]	RPM constraint:	
Rudder location:		Limit [RPM/s]:	
Friction line:		<b>Water properties</b>	
Hull form factor:		Water type:	Fresh
Corr allowance:		Density:	999,10 kg/m3
Roughness [mm]:		Viscosity:	1,13860e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

## Prediction method check [Series 62]

Parameters	FV [design]	AP:VOL	XCG/LP	LP:AP	Deadrise
Value	0,66*	3,10*	0,486*	10,68*	14,0
Range	1,00-3,50	4,25-8,56	0,353-0,443	2,36-6,72	13,0-20,0

## Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
11,00 !	355,8	0,0307	-0,0477	0,9850	617	575,5	---	0,0
11,50 !	420,3	0,0296	-0,0470	0,9850	652	685,9	---	0,0
12,00 !	495,3	0,0284	-0,0464	0,9850	689	816,3	---	0,0
12,50 !	580,8	0,0273	-0,0458	0,9850	726	966,9	---	0,0
+ 13,00 ! +	677,0	0,0262	-0,0452	0,9850	764	1138,5	---	0,0
13,50 !	784,2	0,0252	-0,0446	0,9850	802	1331,5	---	0,0
14,00 !	902,4	0,0242	-0,0440	0,9850	841	1546,5	---	0,0
14,50 !	1033,7	0,0232	-0,0434	0,9850	880	1787,5	---	0,0
15,00 !	1183,1	0,0222	-0,0429	0,9850	920	2066,4	---	0,0
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
11,00 !	275	19,72	8,77	575,5	575,5	575,5	575,5	114,7
11,50 !	290	22,24	9,89	685,9	685,9	685,9	685,9	100,7
12,00 !	306	25,07	11,15	816,3	816,3	816,3	816,3	88,3
12,50 !	323	28,17	12,53	966,9	966,9	966,9	966,9	77,6
+ 13,00 ! +	340	31,52	14,02	1138,5	1138,5	1138,5	1138,5	68,6
13,50 !	357	35,11	15,61	1331,5	1331,5	1331,5	1331,5	60,9
14,00 !	374	38,91	17,30	1546,5	1546,5	1546,5	1546,5	54,3
14,50 !	391	42,98	19,11	1787,5	1787,5	1787,5	1787,5	48,7
15,00 !	409	47,49	21,12	2066,4	2066,4	2066,4	2066,4	43,6
EFFICIENCY					THRUST			
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
11,00 !	0,5807	1,0000	0,6183	0,51441	60,02	62,88		
11,50 !	0,5766	1,0000	0,6127	0,51879	67,85	71,04		
12,00 !	0,5719	1,0000	0,6067	0,52361	76,67	80,23		
12,50 !	0,5671	1,0000	0,6006	0,52841	86,35	90,31		
+ 13,00 ! +	0,5624	1,0000	0,5946	0,53303	96,85	101,23		
13,50 !	0,5579	1,0000	0,5889	0,53734	108,08	112,91		
14,00 !	0,5537	1,0000	0,5835	0,5413	120,02	125,30		
14,50 !	0,5496	1,0000	0,5783	0,54512	132,80	138,57		
15,00 !	0,5450	1,0000	0,5726	0,54926	147,02	153,32		

# Propulsion

22 may 2016 11:06

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
11,00 !	0,6660	0,2733	0,04989	0,61626	0,16889	1,5693	2,7435	1,21e7	
11,50 !	0,6597	0,2768	0,05040	0,63588	0,17553	1,6193	2,8512	1,27e7	
12,00 !	0,6528	0,2805	0,05097	0,65836	0,18322	1,6765	2,9761	1,34e7	
12,50 !	0,6458	0,2844	0,05153	0,68185	0,19135	1,7363	3,1083	1,41e7	
+ 13,00 ! +	0,6390	0,2880	0,05208	0,70548	0,19964	1,7965	3,2429	1,49e7	
13,50 !	0,6326	0,2915	0,05260	0,7285	0,20781	1,8551	3,3756	1,56e7	
14,00 !	0,6266	0,2947	0,05308	0,7506	0,21575	1,9114	3,5045	1,63e7	
14,50 !	0,6208	0,2978	0,05354	0,77269	0,22377	1,9676	3,6348	1,71e7	
15,00 !	0,6145	0,3012	0,05405	0,79774	0,23296	2,0314	3,7841	1,79e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
11,00 !	6,63	2,94	0,56	25,87	0,776	22,46	2,0	2,0	1560,2
11,50 !	6,05	2,63	0,50	27,34	0,851	25,39	2,4	2,4	1554,7
12,00 !	5,55	2,36	0,45	28,87	0,936	28,69	3,1	3,1	1548,7
12,50 !	5,10	2,13	0,40	30,43	1,029	32,32	4,0	4,0	1542,6
+ 13,00 ! +	4,70	1,92	0,37	32,02	1,130	36,25	5,2	5,2	1536,7
13,50 !	4,35	1,74	0,33	33,62	1,238	40,45	6,7	6,7	1531,3
14,00 !	4,04	1,59	0,30	35,24	1,352	44,92	8,5	8,5	1526,2
14,50 !	3,76	1,45	0,28	36,87	1,475	49,70	10,7	10,7	1521,3
15,00 !	3,50	1,32	0,25	38,58	1,612	55,02 !	13,6	13,6	1515,9

# Propulsion

22 may 2016 11:06

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name Cuaderno 6.hcnc

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	<b>61,000 m</b>
Chine type:	<b>Single/hard</b>	Proj bottom area:	<b>348,5 m2</b>
Length on WL:	<b>59,245 m</b>	LCG fwd TR:	[XCG/LP 0,486] <b>29,623 m</b>
Max beam on WL:	[LWL/BWL 3,631] <b>16,318 m</b>	VCG below WL:	<b>1,010 m</b>
Max molded draft:	[BWL/T 5,315] <b>3,070 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement:	[CB 0,401] <b>1190,00 t</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Wetted surface:	[CS 3,302] <b>877,1 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>59,245 m</b>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] <b>29,623 m</b>	Deadrise:	<b>14,00 deg</b>
Max section area:	[CX 0,759] <b>38,0 m2</b>	Chine beam:	<b>3,350 m</b>
Waterplane area:	[CWP 0,762] <b>737,0 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>-0,130 m</b>
Bulb section area:	<b>0,0 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	Max prop diameter:	<b>1800,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,009] <b>0,4 m2</b>	Position fwd TR:	<b>5,500 m</b>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,145] <b>2,370 m</b>	Position below WL:	<b>2,170 m</b>
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] <b>-0,300 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>39,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

## Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By power</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>6</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>1,0500</b> [Size]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>1800,0 mm</b> [Size]	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 1,1028] <b>1985,1 mm</b> [Size]	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>2,2 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>W6LDF20</b>	Max prop diam:	<b>1800,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>13,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>1400,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,850</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>750,0</b>
Gear ratio:	<b>2,249</b> [Size]	Design point:	<b>1,030</b>
Shaft efficiency:	<b>1,000</b>		

# Propulsion

22 may 2016 11:06

HydroComp NavCad 2014

Project ID

Description

File name **Cuaderno 6.hcnc**

## Symbols and values

SPEED = Vessel speed

PETOTAL = Total vessel effective power  
WFT = Taylor wake fraction coefficient  
THD = Thrust deduction coefficient  
EFFR = Relative-rotative efficiency

RPMENG = Engine RPM  
PBPROP = Brake power per propulsor  
FUEL = Fuel rate per engine  
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

RPMPROP = Propulsor RPM  
QPROP = Propulsor open water torque  
QENG = Engine torque  
PDPROP = Delivered power per propulsor  
PSPROP = Shaft power per propulsor  
PSTOTAL = Total vessel shaft power  
PBTOTAL = Total vessel brake power  
TRANSP = Transport factor

EFFO = Propulsor open-water efficiency  
EFFG = Gear efficiency (load corrected)  
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]  
MERIT = Propulsor merit coefficient

THRPROP = Open-water thrust per propulsor  
DELTHR = Total vessel delivered thrust

J = Propulsor advance coefficient  
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]  
KQ = Propulsor torque coefficient  
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio  
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio  
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient  
CP = Propulsor thrust loading coefficient  
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R

SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed  
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM  
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R  
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed  
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria  
PRESS = Average propeller loading pressure  
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage  
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]  
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation

+ = Design speed indicator  
\* = Exceeds recommended parameter limit  
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]  
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]  
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]  
--- = Insignificant or not applicable