



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCOLA POLITÉCNICA  
SUPERIOR

*Grado en Ingeniería en Propulsión y Servicios del Buque*

*TRABAJO DE FIN DE GRADO*

---

*Proyecto Número 15-107P*

***Crucero de Lujo para 200 Pasajeros***

---

***CUADERNO 6***

*Predicción de Potencia y Diseño de Propulsores*

**Alumno**

**Albino Pombo Silva**

**Tutor**

**Fernando Lago Rodríguez**

*Junio de 2016*

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*CURSO 2015-2016*

**Proyecto Número 15-107P**

**TIPO DE BUQUE:** Crucero de pasaje DUAL FUEL.

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** SOLAS, MARPOL, DNV Ice 1A, COMF-V(1) y C(1).

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Pasajeros en cruceros turísticos de lujo incluidas zonas de hielos.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 15 nudos en condiciones de servicio 90%+10% 5000 millas de autonomía.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Los habituales en este tipo de buque.

**PROPULSIÓN:** Diesel-eléctrica / pods DUAL (Diesel y LNG).

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 100 tripulantes 200 pasajeros.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Lo usual en este tipo de barcos.

*Ferrol, diciembre de 2015*

**ALUMNO: D. Albino Pombo Silva**

# Índice

1	Cálculo de la resistencia al avance	2
2	Diseño de los propulsores	4
3	Sobre los Azipod	9
4	Balance eléctrico preliminar	13
5	Cálculo del propulsor de proa	18
<b>Anexo I</b> Hojas de resultados de NavCad		20

**Apartado 1****Cálculo de la resistencia al avance**

El software NavCad permite predecir la resistencia al avance que ofrecerá un casco a partir de sus parámetros fundamentales, y con esta información dimensionar un propulsor adecuado y determinar la potencia que necesitará. Este es, precisamente, el objetivo del presente cuaderno.

Los datos ya conocidos del buque del proyecto y que harán falta en este cuaderno son los siguientes:

Eslora flotación	$L_{WL}$	126 m
Manga	B	18 m
Calado	T	5,92 m
Coef. de bloque	$C_B$	0,70
Coef. de la maestra	$C_M$	0,95
Coef. de flotación	$C_{WL}$	0,79
Velocidad	V	15 kt

Estos se introducen en una nueva hoja de cálculo de NavCad. El programa está equipado con funciones para estimar algunos otros parámetros, como la superficie mojada (la Serie 60 resulta fiable en este aspecto) o el semiángulo de entrada en proa, que se estima con el método Holtrop de 1982. Los centros de carena y de flotación se supondrán en la sección media, a falta de una mejor aproximación.

En este proyecto se decidió no incluir bulbo de proa debido a que la velocidad de navegación requerida no resulta especialmente exigente, y por tanto el supuesto ahorro que podría aportar reduciendo la resistencia al avance no sería tan evidente habida cuenta del coste adicional de construir el casco con bulbo. Por otra parte, la popa del buque carece de espejo, por lo que esta información también podrá ser obviada a la hora de rellenar los datos del programa. No obstante, se introduce un factor de forma igual a -2 para la popa, que es el valor recomendado para formas de popa extremadamente planas, como es el caso.

NavCad no contempla la posibilidad de propulsores azimutales, de modo que para compensar esta carencia se añadirá un 5% extra de resistencia en concepto de apéndices, donde también se incluirán los efectos del túnel del propulsor de proa. También se añade un 10% de margen de mar, requerido por los RPA, junto con un 5% de margen de diseño, cuyo objetivo es cubrir la posibilidad de que en etapas más avanzadas del proyecto se produzca algún cambio que aumente la resistencia, como puede ser un aumento del calado.

La predicción se realizará con la técnica Holtrop, que es la empleada con más frecuencia y la más adecuada en este caso, pues los parámetros del buque entran dentro de los límites de aplicación de dicho método. El factor de forma se calcula con la misma técnica (ITTC-57).

El programa ya dispone de todos los datos para realizar la predicción. Los resultados para la velocidad de diseño son los siguientes:

Velocidad	V	15 kt
Resistencia casco desnudo	$R_{Bare}$	231,90 kN
Resistencia apéndices	$R_{App}$	11,59 kN
Resistencia margen (10+5%)	$R_{Margin}$	34,78 kN
Resistencia total	$R_{Total}$	278,28 kN
Potencia efectiva total	$P_{ETotal}$	2.147,4 kW

La hoja completa con todos los datos introducidos y resultados obtenidos del NavCad se adjunta al final del cuaderno.

## Apartado 2

# Diseño de los propulsores

Una vez conocida la resistencia que ofrece el casco, es hora de dimensionar los propulsores principales que han de proporcionar dicho empuje. El mismo software permite efectuar estos cálculos y determinar las características del propulsor óptimo buscado.

Antes de proceder, es necesario tomar algunas decisiones básicas. El número de propulsores se fija en dos, ya que en un buque de pasaje se exige cierta redundancia y no es de recibo que una avería deje el buque a la deriva, sin posibilidad de navegar hasta el puerto más cercano. Precisamente en esta línea surgió la norma de Retorno Seguro a Puerto (*Safe Return to Port*) de las últimas ediciones del SOLAS, una de cuyas exigencias más elementales es la duplicidad en los sistemas de propulsión. No se contempló instalar más de dos propulsores, pues en buques del tamaño del proyectado resulta poco frecuente (véase la base de datos del cuaderno 1).

Por otra parte, en propulsión eléctrica es común el empleo de hélices de paso fijo, ya que los motores eléctricos son lo suficientemente flexibles como para no necesitar acoplarse a hélices de paso controlable; en consecuencia, se descarta esta opción.

Para conocer más características se contactó con ABB, la empresa que produce los Azipod. Se trata de los equipos propulsores más veteranos del mercado, y por ello de los más utilizados, particularmente en el sector de los cruceros. Por la potencia propulsora requerida, la gama CO de Azipod parece la más adecuada para el buque del proyecto, de modo que en primera instancia se adoptarán sus características para el proyecto.

Los responsables de ABB confirmaron el empleo de propulsores de paso fijo y añadieron que lo más común son hélices de 4 palas para el caso de la gama CO y diseñadas a partir de la Serie B de Wageningen. Tal información se introdujo en el programa para tenerla en cuenta a la hora de realizar los cálculos. La profundidad del eje del propulsor se estimó a partir de mediciones en el casco trazado en AutoCAD, resultando un valor aproximado de 4.200 mm. Por último, es necesario introducir un ratio de reducción igual a 1 (la hélice y el motor están directamente acoplados) y una eficiencia del eje del 0,98 para tener en cuenta las pérdidas por el rozamiento del eje y los cojinetes.

El primer paso para dimensionar los propulsores consiste en encontrar unos adecuados para proporcionar el empuje necesario, que es la resistencia al avance del casco. Como no se disponen datos del motor propulsor, se escoge la opción "*Size by thrust*" que realiza precisamente esto: con el dato de la resistencia calculada en el apartado anterior, se obtienen

un diámetro, un área expandida y un paso medio optimizados para maximizar el rendimiento y reducir al mínimo la probabilidad de cavitación. Solo hace falta añadir un diámetro máximo (que es de 2.600 mm según ABB) y un régimen de giro típico (350 rpm para esta gama).

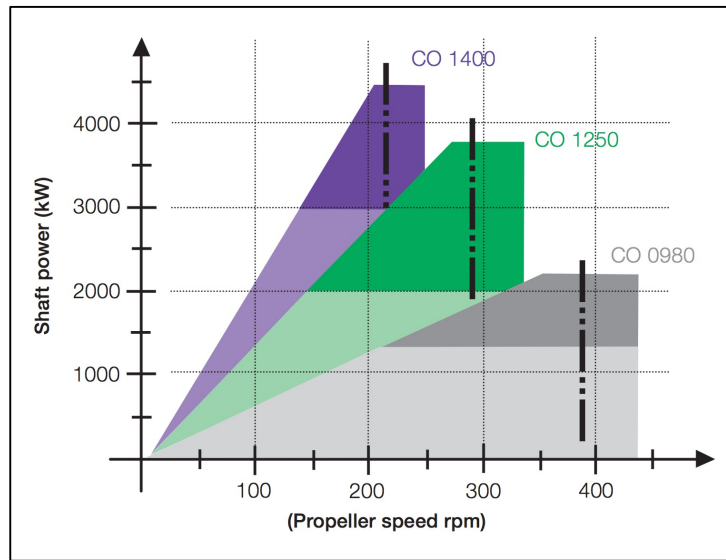
Propeller sizing			
<b>To size</b>			
Gear ratio:	Keep	▼	1,00
Expanded area ratio:	Size	▼	0,000
Propeller diameter:	Size	▼	0,0 mm
Propeller mean pitch:	Size	▼	0,0 mm
<b>Design condition</b>			
Design speed:			15,00 ▼ kt
Reference thrust:			139,14 ... kN
Design point:			1,000 ...
Reference RPM:			350 ...
Design point:			1,000 ...
Max prop diam:			2600,0 mm
<b>Review</b>			
Tip speed:			0,00 m/s

Size Save report OK Cancel Help

El resultado de esta primera aproximación es:

Diámetro del propulsor	2.282,8 mm
Paso medio	1.867,6 mm
Ratio de área expandida	0,5318
Velocidad del buque	15 kt
Potencia al eje	1.751,7 kW
Rendimiento propulsor	61,30 %

En el catálogo de Azipod CO se encuentra el siguiente diagrama, que representa las curvas de potencia entregada por los motores eléctricos:



Para la potencia al eje obtenida, el modelo más adecuado es el Azipod CO980, cuyo motor ofrece una potencia máxima continua de 2.100 kW. En consecuencia, con el motor ya escogido se vuelve al NavCad y se recalculan los parámetros del propulsor, esta vez teniendo en cuenta cuánta potencia ofrece el motor eléctrico en cada régimen de giro. Con la opción “*Size by power*” seleccionada, el programa requiere introducir los datos del motor, lo cual se hace replicando la gráfica dada por el fabricante:

Engine data

Properties		
Description:	AzipodCO980	
Import file:	\\udc.pri.alu...	
Data source:	Defined	
Units		
Power:	[0.0]	kW
Fuel rate:	[0.00]	L/h
Fuel density:	[0.00]	kg/m3
Heating value:	[0]	J/g
Rating		
Rated power:	2100,0	kW
Rated RPM:	350	
Parasitic load:	0,0	kW
Idle (unclutched)		
Power:	0,0	kW
RPM:	0	
Fuel rate:	0,00	L/h
Fuel basis		
Type:	Marine Die...	
Density:	0,00	kg/m3
Heating value:	0	J/g

Power (kW) vs RPM

MAX POWER CURVE			DEFINED LOAD CURVE			
	RPM	Power	Fuel	RPM	Power	Fuel
1	350	2100,0	0,00	1		
2	300	1800,0	0,00	2		
3	250	1500,0	0,00	3		
4	200	1200,0	0,00	4		
5				5		
6				6		
7				7		
8				8		
9				9		
10				10		



Se repite el proceso de cálculo con la única salvedad de que, a fin de no forzar al motor a trabajar a su potencia máxima, se escoge un punto de diseño en el 95% de la MCR del motor:

Propeller sizing			
<b>To size</b>			
Gear ratio:	Keep	1,00	
Expanded area ratio:	Size	0,532	
Propeller diameter:	Size	2282,8	mm
Propeller mean pitch:	Size	1867,6	mm
<b>Design condition</b>			
Design speed:		15,00	kt
Reference power:		2100,0	kW
Design point:		0,95	
Reference RPM:		350,0	
Design point:		1,000	
Max prop diam:		2600,0	mm
<b>Review</b>			
Tip speed:		41,83	m/s

Size Save report OK Cancel Help

El resultado definitivo, y por tanto las características finales de los propulsores a instalar, son:

Diámetro del propulsor	2.358,3 mm		
Paso medio	1.884,1 mm		
Ratio de área expandida	0,5581		
Velocidad del buque	15 kt	12 kt	6 kt (1 pod)
Potencia al eje	1.746,0 kW	692,4 kW	183,1 kW
Régimen de giro	339 rpm	256 rpm	153 rpm
Carga del motor	83,1 %	33,0 %	8,7 %
Rendimiento propulsor	61,49 %	63,04 %	57,31 %
Cavitación	4,6 %	2,0 %	2,0 %

Como se puede apreciar, el software buscó la combinación de parámetros que garantizaba unas condiciones de trabajo adecuadas, con un bajo índice de cavitación y un rendimiento total del propulsor aceptable (en torno al 60%).

En el caso de la navegación a 6 nudos, que es la condición de Retorno Seguro a Puerto, debe realizarse una simulación aparte en el NavCad, pues se supone que solamente trabaja uno de los propulsores. En consecuencia, manteniendo las mismas características de hélice y motor eléctrico, se recalculan el régimen de giro y la potencia requerida bajo el supuesto de que solo funciona un propulsor. El resultado es que el motor trabaja en un régimen extremadamente bajo, puesto que se ha calculado para la velocidad mínima exigida por el SOLAS. En la práctica la potencia entregada podría ser mayor, pues en una condición de emergencia como

esta cabe esperar un estado de la mar más exigente con el propulsor; en cualquier caso, se continuará con el valor calculado.

Las hojas completas con todos los datos introducidos y resultados obtenidos del NavCad se adjuntan al final del cuaderno.

### Apartado 3

## Sobre los Azipod

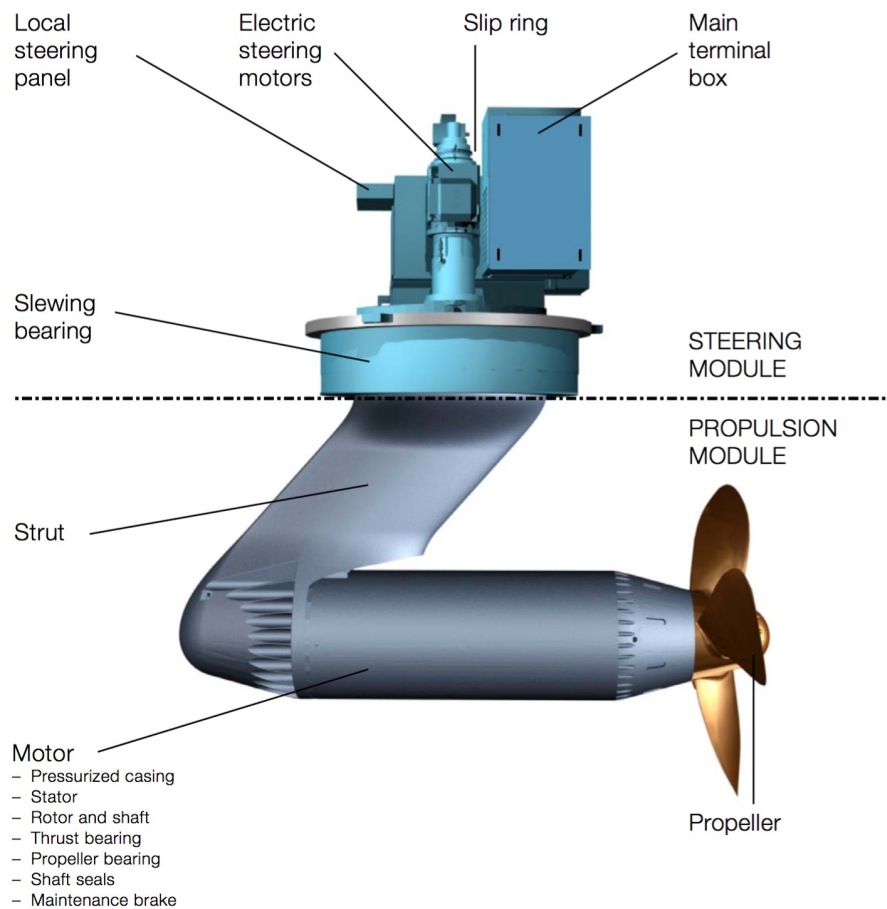
Como ya se adelantó anteriormente, Azipod es el nombre comercial con el que se conoce a los pods de ABB. Se trata de equipos que montan un motor eléctrico dentro de una góndola sumergida bajo el casco, y que por tanto va directamente acoplado a la hélice situada justo a proa de dicha góndola. Dentro del casco se encuentra el módulo de gobierno, que ya sea por medios hidráulicos o eléctricos se encarga de hacer girar la cápsula sumergida alrededor de un eje vertical, permitiendo así orientar el empuje del propulsor en cualquier dirección espacial y por tanto proporcionando una alta maniobrabilidad al buque.

La gama Azipod CO está formada por tres modelos que abarcan potencias de hasta 4,5 MW. El modelo seleccionado es el CO980, nombre que responde a su carácter compacto (C), diseñado para operar en aguas libres sin tobera (O) y con un diámetro del motor de aproximadamente 980 mm. Su potencia máxima al eje es de aproximadamente 2,1 MW tal y como refleja la gráfica recogida en el apartado 2.

El principal componente de un Azipod es el módulo de propulsión, formado por el propulsor de paso fijo, el motor directamente acoplado, la góndola que lo envuelve y el soporte vertical que une el conjunto al buque. El motor que equipan estos pods es un motor síncrono de imanes permanentes, una modalidad que aúna el rendimiento y el control de velocidad de los motores síncronos con la compacidad y la fiabilidad de los motores asíncronos. El diámetro reducido de estos motores permite refrigerar todo el módulo con el agua de mar circundante (sin necesidad de sistemas internos). El interior de la góndola se encuentra presurizado para evitar entradas de agua. Por el interior del soporte vertical se disponen los cables de control, las barras de alimentación y las tuberías de aire comprimido.

Por otra parte, cada Azipod cuenta con un módulo de gobierno a bordo, que además de realizar su función de rotar azimutalmente el módulo de propulsión sirve de interfaz eléctrica y estructural con el resto del buque. El módulo de gobierno tiene una alimentación eléctrica independiente para abastecer los motores eléctricos de gobierno además de la principal, que alimenta el motor propulsor.

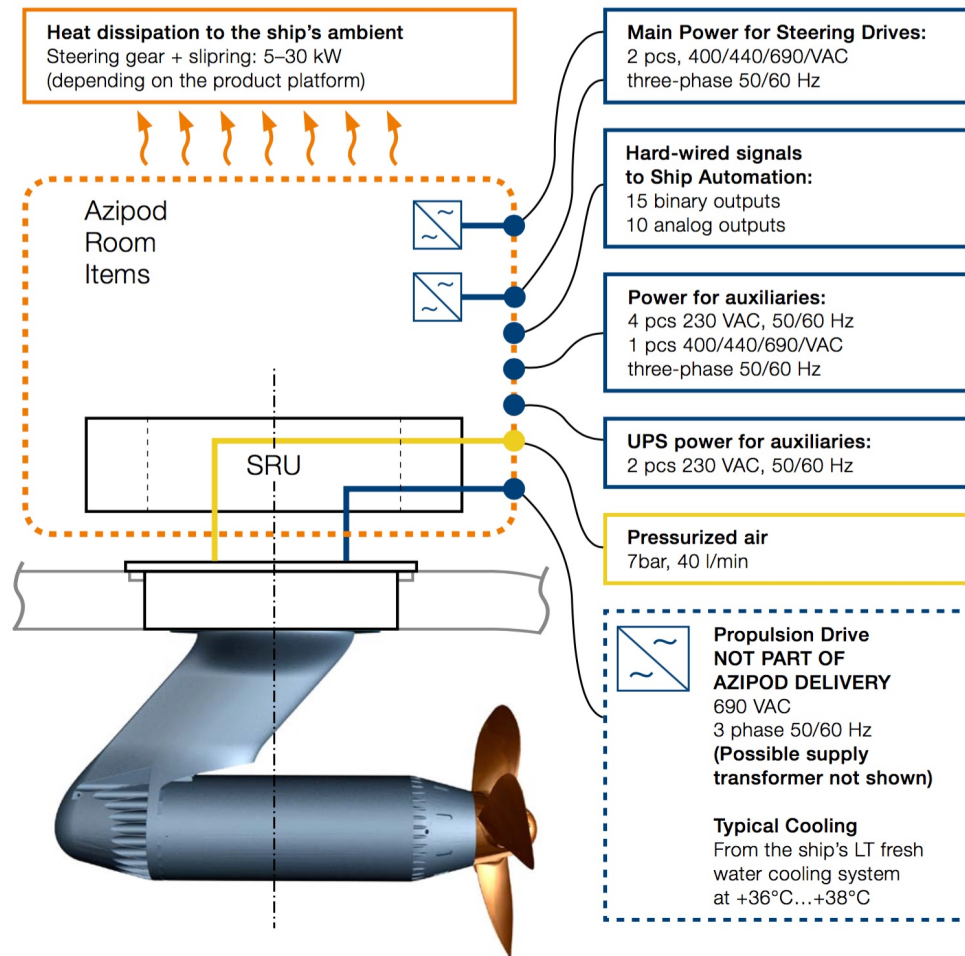
La siguiente imagen muestra las dos partes principales de un Azipod y señala algunos elementos relevantes.



Además del módulo de gobierno, en el interior del buque deberán instalarse por cada Azipod dos unidades de control de gobierno (*Steering Drive Units*) de la serie ACS800, fabricada también por ABB. Una de ellas se conectará al cuadro eléctrico principal, mientras que la otra se conectará al de emergencia, de modo que el gobierno del buque esté garantizado. Así mismo, se instalará una unidad de control de potencia con variador de velocidad (los *Propulsion Power Drives* son los fabricados por ABB) que, como su nombre indica, regula la potencia eléctrica y la frecuencia suministrada a los motores eléctricos principales.

El suministro eléctrico de ambos módulos se realiza a 690 V, lo cual exige a la planta eléctrica del buque de contar con una red de alta tensión. Además, se requiere la ya mencionada toma de aire a 7 bar y otras entradas y salidas electrónicas para la monitorización y el control de todo el sistema. La unidad de control de potencia, a diferencia del motor propulsor, sí necesita un caudal de agua de refrigeración; se empleará agua de los circuitos de baja temperatura de los diesel generadores.

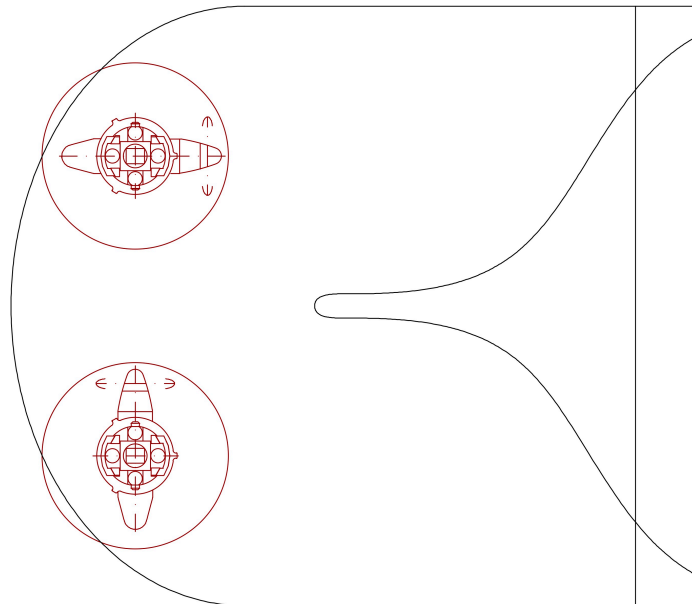
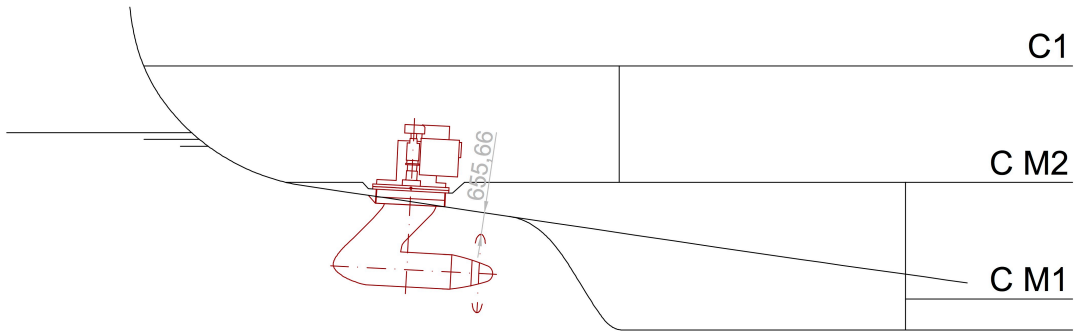
La siguiente ilustración resume el conjunto de conexiones entre cada Azipod y el buque.



En el buque del proyecto los dos Azipod se situarán en la disposición típica que se puede apreciar en buques similares y que se recomienda en el propio catálogo de ABB. Estarán en la misma posición longitudinal, uno a cada banda, y dejando un huelgo de seguridad tanto entre sí como con el quillotre central en el que termina el casco. Para respetar la línea formada por el codaste, los ejes estarán ligeramente inclinados hacia proa formando un ángulo de 3° con la horizontal, valor que entra dentro de los límites marcados por ABB (el máximo se establece en 6°).

En los siguientes trazados puede apreciarse mejor el encaje en el codaste del buque de los propulsores, que se han representado junto con los las distancias mínimas exigidas por el fabricante para un correcto desempeño propulsivo.

En estos planos también se puede comprobar cómo el huelgo de la hélice con la bóveda del codaste es suficiente según los requisitos de la sociedad de clasificación. El DNV establece que para un buque con 2 hélices de 4 palas sin timón, la mínima distancia entre las palas y el codaste no será inferior al 26% del diámetro de los propulsores, que en este caso es  $2358,3 \cdot 0,26 = 613,16$  mm. Tal y como están dispuestos los Azipods, este límite se cumple con holgura.



**Apartado 4****Balance eléctrico preliminar**

En un proyecto con propulsión eléctrica como este la predicción de potencia propulsora no puede ofrecer datos más allá de los motores eléctricos que accionan las hélices. No obstante, es interesante contar con una primera estimación de la potencia total necesaria para la planta eléctrica, pues esto permitirá dimensionar los diesel generadores y con ellos el resto de servicios que los acompañan (cuaderno 10).

Para ello se realiza un balance eléctrico muy elemental en el que se introducen valores generales para los principales consumidores del buque. Estos valores se aproximaron partiendo del balance eléctrico de un buque similar:

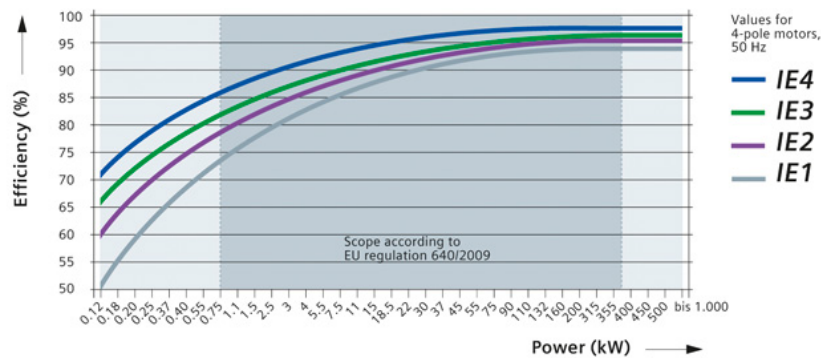
Balance eléctrico del buque de referencia

Situación	Navegación
Propulsión	4.368 kW
HVAC	918 kW
Servicios	914 kW
Habilitación y alumbrado	778 kW
Control y comunicaciones	52 kW
Lastre	31 kW

Del buque del proyecto solo se conoce la partida de propulsión, de modo que las demás se estimarán por regresión lineal con el consumo de la propulsión a 15 nudos. En este balance preliminar solo se tendrán en cuenta las condiciones ya mencionadas: navegación a 15 kt, navegación a 12 kt y Retorno Seguro a Puerto, aunque esta última no se tendrá en cuenta a la hora de escoger los generadores, pues solo se produce en situaciones excepcionales. Las dos condiciones de navegación, por ser en las que el buque se encontrará la mayor parte de su vida útil, serán las más determinantes a la hora de escoger una planta generadora óptima.

Con respecto al consumo de la propulsión, hay que tener en cuenta que del apartado anterior solo se obtuvo la potencia al eje de cada propulsor. El consumo eléctrico de los motores dependerá de su rendimiento. Los motores síncronos de imanes permanentes son los más

eficientes de todos los motores eléctricos existentes, pudiendo superar hasta en un 10% a otros motores de igual potencia. Por ese motivo, la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) los considera con la clase IE4 “*Super Premium Efficiency*”, que representa la categoría de motores con la máxima exigencia en cuanto a rendimiento. La siguiente gráfica permite apreciar los requisitos mínimos de eficiencia para los motores de cada categoría en función de su potencia:



La clase IE4 supone ofrecer un rendimiento superior al 95% para los motores por encima de los 400 kW. No obstante, para el proyecto se tomará un valor algo más conservador, un 85%, en parte para tener en cuenta las pérdidas que se produzcan en la instalación: cables, cuadros eléctricos, convertidor, etc. Este rendimiento se bajará al 70% para la condición de Retorno Seguro a Puerto, pues al trabajar a un régimen tan bajo es esperable que el motor tenga un rendimiento más pobre. Así pues, las potencias eléctricas consumidas para la propulsión son:

	15 kt	12 kt	6 kt
	339 rpm	256 rpm	153 rpm
Potencia al eje (kW)	3492,1	1384,7	183,1
Rendimiento	85%	85%	70%
<b>Potencia absorbida (kW)</b>	<b>4108,35</b>	<b>1629,06</b>	<b>261,57</b>

Con estos datos se realiza el ajuste lineal del resto de consumidores del balance. Como podrá apreciarse, lo único que varía entre las distintas situaciones de consumo es la propulsión; los demás consumidores se han mantenido iguales ya que no se dispone de datos suficientes para realizar mejores estimaciones. En la condición de Retorno Seguro a Puerto el SOLAS establece que han de mantenerse todos los servicios básicos para la seguridad y el confort de las personas a bordo, de modo que en este primer balance los consumos se estimarán iguales a los de las condiciones de navegación corrientes.



	Buque de referencia	Buque del proyecto		
	Navegación	Navegación NOCHE (15 kt)	Navegación DÍA (12 kt)	Retorno Seguro a Puerto (6 kt con 1 pod)
Propulsión	4.368	4.108	1.629	262
HVAC	918	863	863	863
Servicios	914	860	860	860
Habilitación y alumbrado	778	732	732	732
Control y comunicaciones	52	49	49	49
Lastre	31	29	29	29
	<b>7.061</b>	<b>6.641</b>	<b>4.162</b>	<b>2.794</b>

Se obtiene así la potencia eléctrica total a generar en cada situación. Este es el dato de partida del siguiente paso, que es la selección del número y potencia de los generadores a instalar. El objetivo es llegar hasta una planta generadora que trabaje en regímenes óptimos independientemente del nivel de consumo eléctrico. Se procurará que los motores diesel se encuentren siempre en un funcionamiento superior al 50% e inferior al 90%, y preferiblemente cercano al 80%. También se buscará instalar el menor número de motores que sea posible, pues siendo la potencia total la misma, el espacio necesario en la cámara de máquinas y el coste de adquisición de los motores son superiores cuando el número de motores es mayor.

Se valoran varias alternativas. El SOLAS obliga a instalar siempre un generador más de los necesarios para poder enfrentarse a una eventual avería en uno de los generadores, es decir, que si se instalan “n” generadores, “n-1” deberán ser capaces de entregar toda la potencia consumida. En otras palabras, siempre habrá al menos un generador inactivo. Así pues, el mínimo de generadores a instalar es 2, y se contemplan también las posibilidades de 3, 4 y 5 generadores. Un menor número de ellos implica tener una reserva de potencia mucho mayor, ya que cada grupo electrógeno tiene más potencia individual y por tanto al añadir el de reserva se produce un mayor incremento de la potencia total instalada. Sin embargo, un mayor número de generadores suele acarrear más flexibilidad en la generación eléctrica y por tanto facilita que los motores trabajen en sus regímenes ideales, especialmente cuando hay multitud de condiciones de consumo distintas.

En una hoja de cálculo se comparan las cuatro alternativas y sus consecuencias. Para “n” generadores se calcula la potencia individual requerida de cada uno, que es el máximo consumo eléctrico obtenido del balance, dividido por 0,90 que es el margen de motor estipulado por los RPA, y dividido por “n-1” que es el número de generadores que deben ser capaces de abastecer dicho consumo:

$$P_{\text{generador}} = \frac{P_{\text{total consumida máxima}}}{0,90 \cdot (n - 1)}$$

En los catálogos de varios fabricantes de motores (Caterpillar, MAN y Wärtsilä) se buscan datos de los distintos modelos de diesel generadores Dual Fuel para determinar el modelo concreto que mejor se ajusta a la necesidad de potencia calculada:

$$P_{\text{catálogo}} \geq P_{\text{generador}}$$

Con este dato se calcula el régimen de carga al que se encontrarán los generadores en cada situación de consumo. Este es igual al consumo total en esa situación dividido por el número de generadores encendidos y sus potencias unitarias:

$$\text{Régimen} = \frac{P_{\text{total consumida}}}{P_{\text{catálogo}} \cdot n_{\text{encendidos}}}$$

Así se obtiene una matriz de regímenes en función del número de generadores encendidos y del consumo para cada situación:

### 1+1 Generadores

Margen de motor	90%		
Potencia unitaria (kW)	7.379		
<b>Potencia catálogo (kW)</b>	<b>7.680</b>	<b>Wärtsilä 16L34DF</b>	
	Régimen de funcionamiento		
1	90%	56%	38%

### 2+1 Generadores

Margen de motor	90%		
Potencia unitaria (kW)	3.690		
<b>Potencia catálogo (kW)</b>	<b>3.840</b>	<b>Caterpillar 8M34DF</b>	
	Régimen de funcionamiento		
2	86%	54%	36%
1	173%	108%	73%

### 3+1 Generadores

Margen de motor	90%		
Potencia unitaria (kW)	2.460		
<b>Potencia catálogo (kW)</b>	<b>2.880</b>	<b>Wärtsilä 6L34DF</b>	
	Régimen de funcionamiento		
3	77%	48%	32%
2	115%	72%	49%
1	231%	145%	97%

### 5+1 Generadores

Margen de motor	90%		
Potencia unitaria (kW)	1.476		
<b>Potencia catálogo (kW)</b>	<b>1.600</b>	<b>Wärtsilä 9L20DF</b>	
	Régimen de funcionamiento		
5	83%	52%	35%
4	104%	65%	44%
3	138%	87%	58%
2	208%	130%	87%
1	415%	260%	175%

- Si se instalan  $n=2$  generadores solamente hay un modo de funcionamiento, que es un generador funcionando y otro en *stand by*. Esto implica unos regímenes muy dispares entre las distintas situaciones, por tanto se descarta.
- Con  $n=3$  generadores se gana en flexibilidad, pues se activan dos generadores para el máximo consumo pero se cuenta con la opción de mantener solo uno cuando el consumo disminuye. No obstante, la diferencia de consumo entre las dos condiciones de navegación no es tan dispar como para reducir a la mitad la potencia generada, por lo que habría que mantener igualmente los dos generadores y el rendimiento sería peor.
- En cambio, instalando  $n=4$  generadores la situación parece óptima, pues tanto encendiendo 3 motores para la navegación a 15 nudos como 2 para la navegación a 12 nudos los diesel generadores trabajan a entre el 70% y el 80%, que es el ideal buscado.
- Con  $n=5$  generadores no se pudo realizar un análisis al no encontrar motores comerciales con una potencia cercana a la requerida, por lo que se subió a  $n=6$  generadores. El resultado es una gran flexibilidad y unos niveles de carga óptimos en todas las situaciones, pero se descarta esta opción por tratarse de un número demasiado elevado de motores, que produciría un gran empacho a bordo y encarecería el coste del buque sin aportar una ventaja sustanciosa con respecto a la segunda opción más favorable.

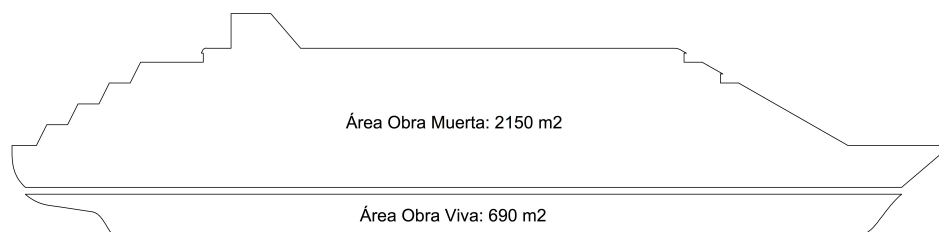
La conclusión es que se instalarán 4 diesel generadores con una potencia eléctrica de salida de 2.880 kW cada uno, que es la que proporciona el modelo 6L34DF de Wärtsilä. Conociendo los motores a instalar, se procederá a calcular los servicios auxiliares y sus consumos eléctricos en el cuaderno 10.

**Apartado 5****Cálculo del propulsor de proa**

Hoy en día prácticamente todos los cruceros son equipados con propulsores transversales en proa que mejoran considerablemente la maniobrabilidad del buque. Se trata de una ventaja notable, puesto que este tipo de buques suelen atracar y desatracar con mucha frecuencia (normalmente lo hacen a diario), con lo cual la celeridad de estas operaciones es un factor crucial a la hora de determinar la duración de las estancias en puerto.

En el caso de un buque con propulsión azimutal, como es el caso, la maniobrabilidad ya es muy buena dado que los propulsores principales pueden orientarse en cualquier dirección espacial y por tanto desplazar o girar el buque en cualquier sentido. Únicamente existe una dirección en la que los pods tienen más dificultades, que es el desplazamiento transversal del buque, es decir, en la dirección perpendicular a la línea de crujía. El hecho de situarse en el extremo de popa del casco hace que al orientarse hacia un costado generen un momento que hace girar el buque alrededor de un eje vertical. Para solucionar esto se instalan los propulsores de proa, que precisamente están orientados en la dirección transversal del buque. Con ellos el buque ya es capaz de moverse autónomamente en esta dirección, lo cual resulta especialmente útil, entre otras cosas, para atracar en un muelle por un costado tal y como los cruceros acostumbran a hacer.

Para dimensionar el propulsor el primer paso es estimar el empuje requerido para desplazar el buque transversalmente. El siguiente método, obtenido de *El proyecto básico del buque mercante*, parte de las áreas laterales proyectadas de la obra viva y de la obra muerta del buque para estimar el empuje necesario. Se tomarán los siguientes ratios de empuje: 12 kg/m<sup>2</sup> de obra viva y 6 kg/m<sup>2</sup> de obra muerta, que según el libro son valores medios en cruceros. Multiplicando estos ratios por las áreas correspondientes se llega a dos valores de empuje, y se tomará el mayor de ambos.



**Propulsor transversal de proa**

Área lateral proyectada obra viva	690	m <sup>2</sup>
Área lateral proyectada obra muerta	2150	m <sup>2</sup>
Factor obra viva	12	kg/m <sup>2</sup>
Factor obra muerta	6	kg/m <sup>2</sup>
Empuje necesario	12.900	kg
	126,42	kN
Relación empuje-potencia	0,15	kN/kW
Potencia necesaria	843	kW
Potencia catálogo	900	kW

Wärtsilä FT175H

El catálogo de Wärtsilä incluye un amplio rango de potencias de este tipo de propulsores. El propio fabricante proporciona el dato de 0,15 kN por cada kW de potencia, con lo cual para dar 126,42 kN de empuje se estima necesaria una potencia mínima de 843 kW. En el catálogo se observa que el modelo más próximo es el FT175H, con una potencia de hasta 900 kW.

Type	Electr. freq.	Rational frequency		Max. power (kW) <sup>1</sup>		D	L	Mass <sup>2</sup>
	(Hz)	Input (rpm)	Output (rpm)	Manoeuv-ring	Dynamic positioning	(mm)	(mm)	(kg)
CT/FT125 H	60	1755	519	614	404	1250	1550	2800
	50	1465	433	516	341			
CT/FT150 H	60	1755	430	880	589	1500	1800	4200
	50	1465	359	735	492			
CT/FT175 H	60	1755	379	1025	713	1750	2000	5900
	50	1465	316	900	595			
CT/FT175 M	60	1170	371	995	995	1750	2000	5900
	50	975	309	829	829			
CT/FT200 H	60	1170	263	1115	742	2000	2250	8100
	50	1465	329	1394	928			
CT/FT200 M	60	1170	324	1515	1227	2000	2250	8100
	50	975	270	1262	1022			
CT/FT225 H	60	1170	287	1785	1201	2250	2350	11500
	50	975	239	1487	1001			
CT/FT225 M	60	880	266	1649	1478	2250	2350	11500
	50	975	295	1827	1502			
CT/FT250 H	60	1170	265	2175	1458	2500	2550	13800
	50	975	221	1813	1215			
CT/FT250 M	60	880	233	1998	1599	2500	2550	13800
	50	975	259	2213	1754			
CT/FT275 H	60	880	216	2532	1735	2750	2800	17800
	50	975	239	2805	1923			
CT/FT275 M	60	880	238	2569	2241	2750	2800	17800
	50	735	199	2145	1858			
CT/FT300 H	60	880	216	3145	2454	3000	3000	22700
	50	735	180	2625	2035			
CT/FT300 M	60	705	210	3405	2657	3000	3000	22700
	50	735	219	3550	2771			

El propulsor irá alojado en la proa, en un túnel de dimensiones definidas por el fabricante. Sobre este se reservará un espacio para el motor eléctrico que acciona el propulsor, tal y como se verá reflejado en la disposición general.

## **Anexo I**

# **Hojas de resultados de NavCad**

# Resistance

30 may 2016 04:38  
HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.hcnc**

## Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Custom	Towed:	[Off]
Friction line:		ITTC-57	Margin:	[Calc] Hull drag only [15%]
Hull form factor:	[On]	1,146	<b>Water properties</b>	
Speed corr:	[Off]		Water type:	Salt
Spray drag corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		0,000000	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:	[Off]			

## Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,22	0,74	7,00	3,04	0,86
Range	0,06-0,40	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00	0,01-1,07

## Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
6,00	0,088	0,215	3,27e8	0,001767	1,146	0,000001	0,000000	0,000000	0,002027
7,00	0,102	0,250	3,82e8	0,001731	1,146	0,000004	0,000000	0,000000	0,001988
8,00	0,117	0,286	4,36e8	0,001701	1,146	0,000012	0,000000	0,000000	0,001961
9,00	0,132	0,322	4,91e8	0,001675	1,146	0,000032	0,000000	0,000000	0,001952
10,00	0,146	0,358	5,45e8	0,001653	1,146	0,000074	0,000000	0,000000	0,001968
11,00	0,161	0,393	6,00e8	0,001633	1,146	0,000147	0,000000	0,000000	0,002018
12,00	0,176	0,429	6,54e8	0,001615	1,146	0,000257	0,000000	0,000000	0,002108
13,00	0,190	0,465	7,09e8	0,001598	1,146	0,000412	0,000000	0,000000	0,002243
14,00	0,205	0,501	7,63e8	0,001583	1,146	0,000612	0,000000	0,000000	0,002426
+ 15,00 +	0,220	0,536	8,18e8	0,001570	1,146	0,000856	0,000000	0,000000	0,002655
RESISTANCE									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
6,00	28,33	1,42	0,00	0,00	0,00	4,25	4,25	33,99	
7,00	37,82	1,89	0,00	0,00	0,00	5,67	5,67	45,38	
8,00	48,73	2,44	0,00	0,00	0,00	7,31	7,31	58,48	
9,00	61,39	3,07	0,00	0,00	0,00	9,21	9,21	73,67	
10,00	76,41	3,82	0,00	0,00	0,00	11,46	11,46	91,69	
11,00	94,78	4,74	0,00	0,00	0,00	14,22	14,22	113,74	
12,00	117,83	5,89	0,00	0,00	0,00	17,68	17,68	141,40	
13,00	147,19	7,36	0,00	0,00	0,00	22,08	22,08	176,63	
14,00	184,64	9,23	0,00	0,00	0,00	27,70	27,70	221,57	
+ 15,00 +	231,90	11,59	0,00	0,00	0,00	34,78	34,78	278,28	
EFFECTIVE POWER		OTHER							
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				
6,00	87,4	104,9	0,00003	0,03885	0,00030				
7,00	136,2	163,4	0,00007	0,03810	0,00040				
8,00	200,6	240,7	0,00022	0,03760	0,00052				
9,00	284,2	341,1	0,00062	0,03742	0,00065				
10,00	393,1	471,7	0,00142	0,03773	0,00081				
11,00	536,4	643,6	0,00281	0,03867	0,00100				
12,00	727,4	872,9	0,00493	0,04040	0,00125				
13,00	984,4	1181,2	0,00789	0,04300	0,00156				
14,00	1329,8	1595,8	0,01173	0,04651	0,00195				
+ 15,00 +	1789,5	2147,4	0,01641	0,05089	0,00245				

# Resistance

30 may 2016 04:38

HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.hcnc**

## Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	<i>Proj chine length:</i>	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	<i>Proj bottom area:</i>	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>126,000 m</b>	<i>LCG fwd TR:</i>	<b>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</b>
Max beam on WL:	<b>[LWL/BWL 7,000] 18,000 m</b>	<i>VCG below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Max molded draft:	<b>[BWL/T 3,041] 5,920 m</b>	<i>Aft station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
Displacement:	<b>[CB 0,700] 9642,96 t</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface:	<b>[CS 2,628] 2859,7 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR:	<b>[XCB/LWL 0,500] 63,000 m</b>	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR:	<b>[XCF/LWL 0,500] 63,000 m</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Max section area:	<b>[CX 0,950] 101,2 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
Waterplane area:	<b>[CWP 0,790] 1791,7 m2</b>	<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>0,0 m2</b>	<i>Propulsor type:</i>	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	<i>Max prop diameter:</i>	<b>2600,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	<b>[ATR/AX 0,000] 0,0 m2</b>	<i>Position fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL:	<b>[BTR/BWL 0,000] 0,000 m</b>	<i>Position below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom immersion:	<b>[TTR/T 0,000] 0,000 m</b>	<i>Transom lift device:</i>	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>22,97 deg</b>	<i>Device count:</i>	<b>0</b>
Bow shape factor:	<b>[AVG flow] 0,0</b>	<i>Span:</i>	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	<b>[EX flat] -2,0</b>	<i>Chord length:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Deflection angle:</i>	<b>0,00 deg</b>
		<i>Tow point fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Tow point below WL:</i>	<b>0,000 m</b>



# Resistance

30 may 2016 04:38

HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
 Description **Crucero 200 PAX**  
 File name **Predicción definitiva.hcnc**

## Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Percentage	Count:	0
Percent of hull drag:	5,00 %	Type:	Skeg
<b>Planing influence</b>		Mean length:	0,000 m
LCE fwd TR:	0,000 m	Mean width:	0,000 m
VCE below WL:	0,000 m	Height aft:	0,000 m
<b>Shafting</b>		Height mid:	0,000 m
Count:	2	Height fwd:	0,000 m
Max prop diameter:	2600,0 mm	Projected area:	0,0 m2
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	0,0 m2
Exposed shaft length:	0,000 m	<b>Stabilizer</b>	
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
<b>Strut (per shaft line)</b>		Dynamic multiplier:	1,00
Count:	0	<b>Bilge keel</b>	
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	<b>Tunnel thruster</b>	
Exposed palm depth:	0,000 m	Count:	0
Exposed palm width:	0,000 m	Diameter:	0,000 m
<b>Rudder</b>		<b>Sonar dome</b>	
Count:	0	Count:	0
Rudder location:	Behind propeller	Wetted surface:	0,0 m2
Type:	Balanced foil	<b>Miscellaneous</b>	
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	<b>Shallow/channel</b>	
<b>Exposed hull</b>		Water depth:	0,000 m
Transverse area:	0,0 m2	Type:	Shallow water
VCE above WL:	0,000 m	Channel width:	0,000 m
Profile area:	0,0 m2	Channel side slope:	0,00 deg
<b>Superstructure</b>		Hull girth:	0,000 m
Superstructure shape:	Cargo ship		
Transverse area:	0,0 m2		
VCE above WL:	0,000 m		
Profile area:	0,0 m2		

## Resistance

30 may 2016 04:38

HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.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 Size by thrust

30 may 2016 04:47  
HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.hcnc**

## Analysis parameters

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

## Prediction method check [Simple Ship]

Parameters	FN [design]	CVOL
Value	0,22	5,97
Range	0,05-0,40	4,00-11,00

## Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
6,00	104,9	0,0000	0,0000	1,0000	131	82,8	---	0,0
7,00	163,4	0,0000	0,0000	1,0000	152	128,7	---	0,0
8,00	240,7	0,0000	0,0000	1,0000	173	189,4	---	0,0
9,00	341,1	0,0000	0,0000	1,0000	194	268,3	---	0,0
10,00	471,7	0,0000	0,0000	1,0000	216	371,3	---	0,0
11,00	643,6	0,0000	0,0000	1,0000	239	507,7	---	0,0
12,00	872,9	0,0000	0,0000	1,0000	264	691,7	---	0,0
13,00	1181,2	0,0000	0,0000	1,0000	290	942,4	---	0,0
14,00	1595,8	0,0000	0,0000	1,0000	319	1285,6	---	0,0
+ 15,00 +	2147,4	0,0000	0,0000	1,0000	350	1751,7	---	0,0
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
6,00	131	5,93	5,93	81,2	82,8	165,6	165,6	---
7,00	152	7,94	7,94	126,2	128,7	257,5	257,5	---
8,00	173	10,26	10,26	185,6	189,4	378,7	378,7	---
9,00	194	12,93	12,93	262,9	268,3	536,5	536,5	816,1
10,00	216	16,07	16,07	363,8	371,3	742,5	742,5	655,2
11,00	239	19,87	19,87	497,6	507,7	1015,5	1015,5	527,0
12,00	264	24,54	24,54	677,8	691,7	1383,3	1383,3	422,0
13,00	290	30,39	30,39	923,6	942,4	1884,9	1884,9	335,5
14,00	319	37,72	37,72	1259,9	1285,6	2571,2	2571,2	264,9
+ 15,00 +	350	46,84	46,84	1716,6	1751,7	3503,3	3503,3	208,3
EFFICIENCY				THRUST				
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
6,00	0,6465	1,0000	0,6335	0,42134	17,00	33,99		
7,00	0,6476	1,0000	0,6347	0,41805	22,69	45,38		
8,00	0,6484	1,0000	0,6355	0,41576	29,24	58,48		
9,00	0,6487	1,0000	0,6357	0,41497	36,83	73,67		
10,00	0,6482	1,0000	0,6353	0,41635	45,85	91,69		
11,00	0,6467	1,0000	0,6338	0,42057	56,87	113,74		
12,00	0,6439	1,0000	0,6310	0,42798	70,70	141,40		
13,00	0,6395	1,0000	0,6267	0,4385	88,31	176,63		
14,00	0,6333	1,0000	0,6206	0,45165	110,78	221,57		
+ 15,00 +	0,6255	1,0000	0,6130	0,46656	139,14	278,28		

**Propulsion** Size by thrust  
 30 may 2016 04:47  
 HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
 Description **Crucero 200 PAX**  
 File name **Predicción definitiva.hcnc**

**Prediction results [Propulsor]**

SPEED [kt]	PROPULSOR COEFS								
	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
6,00	0,6211	0,1287	0,01968	0,33364	0,082141	0,8496	1,3143	6,68e6	
7,00	0,6241	0,1274	0,01954	0,32725	0,080419	0,83333	1,2867	7,75e6	
8,00	0,6261	0,1266	0,01945	0,32287	0,079246	0,82219	1,2679	8,83e6	
9,00	0,6268	0,1263	0,01941	0,32137	0,078843	0,81836	1,2615	9,93e6	
10,00	0,6256	0,1268	0,01947	0,324	0,079547	0,82505	1,2727	1,11e7	
11,00	0,6218	0,1284	0,01965	0,33214	0,081735	0,84578	1,3078	1,22e7	
12,00	0,6152	0,1313	0,01997	0,34697	0,085762	0,88356	1,3722	1,35e7	
13,00	0,6057	0,1355	0,02042	0,3693	0,091911	0,94041	1,4706	1,48e7	
14,00	0,5935	0,1407	0,02099	0,39944	0,10038	1,0172	1,6061	1,63e7	
+ 15,00 +	0,5795	0,1468	0,02164	0,43702	0,1112	1,1129	1,7793	1,78e7	

SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
6,00	29,03	11,20	2,14	15,61	0,116	7,81	2,0	2,0	1673,2
7,00	21,33	8,31	1,59	18,13	0,135	10,42	2,0	2,0	1676,8
8,00	16,33	6,40	1,22	20,65	0,157	13,43	2,0	2,0	1679,2
9,00	12,90	5,07	0,97	23,21	0,183	16,92	2,0	2,0	1680,1
10,00	10,45	4,09	0,78	25,84	0,213	21,06	2,0	2,0	1678,6
11,00	8,64	3,34	0,64	28,59	0,251	26,13	2,0	2,0	1674,0
12,00	7,26	2,75	0,53	31,53	0,298	32,48	2,0	2,0	1665,9
13,00	6,18	2,27	0,44	34,69	0,358	40,57	2,3	2,3	1654,3
14,00	5,33	1,88	0,36	38,12	0,435	50,90	3,7	3,7	1639,6
+ 15,00 +	4,64	1,56	0,30	41,83	0,532	63,92 !!	6,5	6,5	1622,9

## Propulsion Size by thrust

30 may 2016 04:47

HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
 Description **Crucero 200 PAX**  
 File name **Predicción definitiva.hcnc**

### Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	Proj chine length:	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	Proj bottom area:	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>126,000 m</b>	LCG fwd TR:	<b>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</b>
Max beam on WL:	<b>[LWL/BWL 7,000] 18,000 m</b>	VCG below WL:	<b>0,000 m</b>
Max molded draft:	<b>[BWL/T 3,041] 5,920 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement:	<b>[CB 0,700] 9642,96 t</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface:	<b>[CS 2,628] 2859,7 m2</b>	Chine beam:	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		Chine ht below WL:	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR:	<b>[XCB/LWL 0,500] 63,000 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR:	<b>[XCF/LWL 0,500] 63,000 m</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Max section area:	<b>[CX 0,950] 101,2 m2</b>	Chine beam:	<b>0,000 m</b>
Waterplane area:	<b>[CWP 0,790] 1791,7 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>0,000 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>2600,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	<b>[ATR/AX 0,000] 0,0 m2</b>	Position fwd TR:	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL:	<b>[BTR/BWL 0,000] 0,000 m</b>	Position below WL:	<b>0,000 m</b>
Transom immersion:	<b>[TTR/T 0,000] 0,000 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>22,97 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor:	<b>[AVG flow] 0,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	<b>[EX flat] -2,0</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>2</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By thrust</b>	KTKQ corrections:	<b>Custom</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>None</b>
Blade count:	<b>4</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,5318 [Size]</b>	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>2282,8 mm [Size]</b>	Blade T/C [0.7R]:	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	<b>[P/D 0,8181] 1867,6 mm [Size]</b>	Roughness:	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>4200,0 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>AzipodCO980</b>	Max prop diam:	<b>2600,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>15,00 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>2100,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	Design point:	<b>0,900</b>
Load correction:	<b>Off</b>	Reference RPM:	<b>350,0</b>
Gear ratio:	<b>1,000 [Keep]</b>	Design point:	<b>1,000</b>
Shaft efficiency:	<b>0,980</b>		

## Propulsion Size by thrust

30 may 2016 04:47

HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.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 Size by power

30 may 2016 04:59  
HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.hcnc**

## Analysis parameters

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

## Prediction method check [Simple Ship]

Parameters	FN [design]	CVOL
Value	0,22	5,97
Range	0,05-0,40	4,00-11,00

## Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
6,00	104,9	0,0000	0,0000	1,0000	127	82,9	---	3,9
7,00	163,4	0,0000	0,0000	1,0000	147	129,0	---	6,1
8,00	240,7	0,0000	0,0000	1,0000	168	189,8	---	9,0
9,00	341,1	0,0000	0,0000	1,0000	189	268,9	---	12,8
10,00	471,7	0,0000	0,0000	1,0000	210	372,1	---	17,7
11,00	643,6	0,0000	0,0000	1,0000	232	508,6	---	24,2
12,00	872,9	0,0000	0,0000	1,0000	256	692,4	---	33,0
13,00	1181,2	0,0000	0,0000	1,0000	282	942,3	---	44,9
14,00	1595,8	0,0000	0,0000	1,0000	309	1283,5	---	61,1
+ 15,00 +	2147,4	0,0000	0,0000	1,0000	339	1746,0	---	83,1
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
6,00	127	6,11	6,11	81,3	82,9	165,9	165,9	---
7,00	147	8,19	8,19	126,4	129,0	258,0	258,0	---
8,00	168	10,57	10,57	186,0	189,8	379,6	379,6	---
9,00	189	13,33	13,33	263,5	268,9	537,8	537,8	814,1
10,00	210	16,57	16,57	364,7	372,1	744,2	744,2	653,7
11,00	232	20,47	20,47	498,5	508,6	1017,3	1017,3	526,0
12,00	256	25,28	25,28	678,5	692,4	1384,7	1384,7	421,6
13,00	282	31,29	31,29	923,4	942,3	1884,6	1884,6	335,6
14,00	309	38,82	38,82	1257,8	1283,5	2567,0	2567,0	265,3
+ 15,00 +	339	48,16	48,16	1711,1	1746,0	3492,1	3492,1	209,0
EFFICIENCY				THRUST				
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
6,00	0,6453	1,0000	0,6324	0,4071	16,99	33,99		
7,00	0,6463	1,0000	0,6333	0,4038	22,69	45,38		
8,00	0,6469	1,0000	0,6339	0,40147	29,24	58,48		
9,00	0,6471	1,0000	0,6342	0,40066	36,83	73,66		
10,00	0,6467	1,0000	0,6338	0,40208	45,85	91,69		
11,00	0,6455	1,0000	0,6326	0,40634	56,86	113,73		
12,00	0,6433	1,0000	0,6304	0,41386	70,70	141,40		
13,00	0,6396	1,0000	0,6268	0,42454	88,31	176,63		
14,00	0,6343	1,0000	0,6217	0,4379	110,78	221,57		
+ 15,00 +	0,6275	1,0000	0,6149	0,45307	139,14	278,28		

**Prediction results [Propulsor]**

SPEED [kt]	PROPULSOR COEFS								
	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
6,00	0,6186	0,1196	0,01825	0,31257	0,077088	0,79594	1,2334	7,26e6	
7,00	0,6214	0,1184	0,01812	0,30662	0,075513	0,78081	1,2082	8,44e6	
8,00	0,6233	0,1175	0,01802	0,30252	0,074429	0,77035	1,1909	9,62e6	
9,00	0,6240	0,1172	0,01799	0,3011	0,074056	0,76675	1,1849	1,08e7	
10,00	0,6228	0,1178	0,01805	0,30358	0,074709	0,77305	1,1953	1,20e7	
11,00	0,6192	0,1193	0,01822	0,31119	0,076723	0,79244	1,2276	1,33e7	
12,00	0,6129	0,1221	0,01852	0,32512	0,080441	0,8279	1,2871	1,47e7	
13,00	0,6038	0,1262	0,01895	0,34603	0,086106	0,88117	1,3777	1,61e7	
14,00	0,5922	0,1313	0,01950	0,37428	0,093907	0,9531	1,5025	1,77e7	
+ 15,00 +	0,5787	0,1371	0,02013	0,40949	0,10386	1,0427	1,6618	1,93e7	
SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
6,00	29,03	11,11	2,13	15,68	0,113	6,97	2,0	2,0	1707,0
7,00	21,33	8,23	1,58	18,21	0,130	9,31	2,0	2,0	1710,5
8,00	16,33	6,34	1,21	20,74	0,151	11,99	2,0	2,0	1712,9
9,00	12,90	5,02	0,96	23,31	0,175	15,11	2,0	2,0	1713,7
10,00	10,45	4,05	0,78	25,95	0,204	18,81	2,0	2,0	1712,3
11,00	8,64	3,31	0,63	28,71	0,239	23,33	2,0	2,0	1707,8
12,00	7,26	2,73	0,52	31,64	0,283	29,00	2,0	2,0	1699,8
13,00	6,18	2,25	0,43	34,80	0,340	36,23	2,0	2,0	1688,5
14,00	5,33	1,87	0,36	38,21	0,411	45,45	2,6	2,6	1674,1
+ 15,00 +	4,64	1,56	0,30	41,89	0,502	57,08 !	4,6	4,6	1657,7



## Propulsion Size by power

30 may 2016 04:59

HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.hcnc**

### Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	<i>Proj chine length:</i>	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	<i>Proj bottom area:</i>	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>126,000 m</b>	<i>LCG fwd TR:</i>	<b>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</b>
Max beam on WL:	<b>[LWL/BWL 7,000] 18,000 m</b>	<i>VCG below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Max molded draft:	<b>[BWL/T 3,041] 5,920 m</b>	<i>Aft station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
Displacement:	<b>[CB 0,700] 9642,96 t</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface:	<b>[CS 2,628] 2859,7 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR:	<b>[XCB/LWL 0,500] 63,000 m</b>	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR:	<b>[XCF/LWL 0,500] 63,000 m</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Max section area:	<b>[CX 0,950] 101,2 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
Waterplane area:	<b>[CWP 0,790] 1791,7 m2</b>	<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>0,0 m2</b>	<i>Propulsor type:</i>	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	<i>Max prop diameter:</i>	<b>2600,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	<b>[ATR/AX 0,000] 0,0 m2</b>	<i>Position fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL:	<b>[BTR/BWL 0,000] 0,000 m</b>	<i>Position below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom immersion:	<b>[TTR/T 0,000] 0,000 m</b>	<i>Transom lift device:</i>	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>22,97 deg</b>	<i>Device count:</i>	<b>0</b>
Bow shape factor:	<b>[AVG flow] 0,0</b>	<i>Span:</i>	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	<b>[EX flat] -2,0</b>	<i>Chord length:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Deflection angle:</i>	<b>0,00 deg</b>
		<i>Tow point fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Tow point below WL:</i>	<b>0,000 m</b>

### Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>2</b>	<i>Oblique angle corr:</i>	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	<i>Added rise of run:</i>	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	<i>Propeller cup:</i>	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>No sizing</b>	<i>KTKQ corrections:</i>	<b>Custom</b>
Reference prop:		<i>Scale correction:</i>	<b>None</b>
Blade count:	<b>4</b>	<i>KT multiplier:</i>	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,5581</b>	<i>KQ multiplier:</i>	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>2358,3 mm</b>	<i>Blade T/C [0.7R]:</i>	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	<b>[P/D 0,7989] 1884,1 mm</b>	<i>Roughness:</i>	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>4200,0 mm</b>	<i>Cav breakdown:</i>	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>AzipodCO980</b>	<i>Max prop diam:</i>	
Rated RPM:	<b>350 RPM</b>	<i>Design speed:</i>	
Rated power:	<b>2100,0 kW</b>	<i>Reference power:</i>	
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	<i>Design point:</i>	
Load correction:	<b>Off</b>	<i>Reference RPM:</i>	
Gear ratio:	<b>1,000</b>	<i>Design point:</i>	
Shaft efficiency:	<b>0,980</b>		

## Propulsion Size by power

30 may 2016 04:59  
HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.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 Safe Return to Port

30 may 2016 05:02  
HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.hcnc**

## Analysis parameters

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

## Prediction method check [Simple Ship]

Parameters	FN [design]	CVOL
Value	0,22	5,97
Range	0,05-0,40	4,00-11,00

## Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
6,00	104,9	0,0000	0,0000	1,0000	153	183,1	---	8,7
7,00	163,4	0,0000	0,0000	1,0000	177	284,0	---	13,5
8,00	240,7	0,0000	0,0000	1,0000	202	417,2	---	19,9
9,00	341,1	0,0000	0,0000	1,0000	227	590,7	---	28,1
10,00	471,7	0,0000	0,0000	1,0000	253	818,3	---	39,0
11,00	643,6	0,0000	0,0000	1,0000	280	1122,0	---	53,4
12,00	872,9	0,0000	0,0000	1,0000	309	1535,4	---	73,1
13,00	1181,2	0,0000	0,0000	1,0000	342	2105,4	---	100,3
14,00	1595,8	0,0000	0,0000	1,0000	377	2894,3	---	137,8
+ 15,00 +	2147,4	0,0000	0,0000	1,0000	416	3978,0	---	189,4
POWER DELIVERY								
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
6,00	153	11,21	11,21	179,4	183,1	183,1	183,1	---
7,00	177	14,99	14,99	278,4	284,0	284,0	284,0	---
8,00	202	19,34	19,34	408,9	417,2	417,2	417,2	932,8
9,00	227	24,38	24,38	578,9	590,7	590,7	590,7	741,2
10,00	253	30,32	30,32	801,9	818,3	818,3	818,3	594,5
11,00	280	37,51	37,51	1099,5	1122,0	1122,0	1122,0	477,0
12,00	309	46,43	46,43	1504,7	1535,4	1535,4	1535,4	380,2
13,00	342	57,65	57,65	2063,2	2105,4	2105,4	2105,4	300,4
14,00	377	71,79	71,79	2836,4	2894,3	2894,3	2894,3	235,3
+ 15,00 +	416	89,46	89,46	3898,4	3978,0	3978,0	3978,0	183,4
EFFICIENCY				THRUST				
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
6,00	0,5848	1,0000	0,5731	0,52179	33,99	33,99		
7,00	0,5871	1,0000	0,5753	0,51877	45,38	45,38		
8,00	0,5886	1,0000	0,5769	0,51666	58,48	58,48		
9,00	0,5892	1,0000	0,5774	0,51592	73,66	73,66		
10,00	0,5882	1,0000	0,5765	0,51721	91,69	91,69		
11,00	0,5853	1,0000	0,5736	0,52109	113,73	113,73		
12,00	0,5801	1,0000	0,5685	0,52787	141,40	141,40		
13,00	0,5725	1,0000	0,5611	0,53743	176,63	176,63		
14,00	0,5626	1,0000	0,5513	0,54924	221,56	221,56		
+ 15,00 +	0,5508	1,0000	0,5398	0,56248	278,27	278,27		

**Prediction results [Propulsor]**

SPEED [kt]	PROPULSOR COEFS								
	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
6,00	0,5136	0,1649	0,02306	0,62524	0,17016	1,5922	2,7225	8,66e6	
7,00	0,5166	0,1637	0,02293	0,61327	0,16625	1,5617	2,6601	1,00e7	
8,00	0,5187	0,1628	0,02283	0,60507	0,1636	1,5408	2,6176	1,14e7	
9,00	0,5195	0,1625	0,02280	0,60221	0,16267	1,5335	2,6028	1,29e7	
10,00	0,5182	0,1630	0,02286	0,60717	0,16428	1,5461	2,6284	1,43e7	
11,00	0,5143	0,1647	0,02303	0,62242	0,16924	1,585	2,7078	1,59e7	
12,00	0,5075	0,1675	0,02332	0,65023	0,17838	1,6558	2,8541	1,75e7	
13,00	0,4979	0,1715	0,02374	0,69207	0,19239	1,7623	3,0782	1,93e7	
14,00	0,4857	0,1766	0,02426	0,74855	0,21176	1,9062	3,3882	2,13e7	
+ 15,00 +	0,4718	0,1823	0,02485	0,81897	0,23663	2,0855	3,7861	2,35e7	

SPEED [kt]	CAVITATION								
	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
6,00	29,03	7,66	1,50	18,88	0,308	13,94	2,0	2,0	1580,7
7,00	21,33	5,69	1,12	21,90	0,344	18,62	2,0	2,0	1584,2
8,00	16,33	4,39	0,86	24,93	0,385	23,99	2,0	2,0	1586,6
9,00	12,90	3,48	0,68	28,00	0,433	30,22	2,0	2,0	1587,5
10,00	10,45	2,81	0,55	31,19	0,490	37,61	2,3	2,3	1586,0
11,00	8,64	2,28	0,45	34,57	0,560	46,66 !	3,5	3,5	1581,5
12,00	7,26	1,87	0,37	38,21	0,648	58,01 !!	5,6	5,6	1573,8
13,00	6,18	1,53	0,30	42,20	0,760	72,46 !!	9,2	9,2	1562,7
14,00	5,33	1,26	0,25	46,59	0,902	90,89 !!	15,6	15,6	1549,0
+ 15,00 +	4,64	1,03	0,20	51,38	1,082	114,15 !!	26,7 !!	26,7	1533,5

## Propulsion Safe Return to Port

30 may 2016 05:02

HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**

Description **Crucero 200 PAX**

File name **Predicción definitiva.hcnc**

### Hull data

General		Planing	
Configuration:	<b>Monohull</b>	<i>Proj chine length:</i>	<b>0,000 m</b>
Chine type:	<b>Round/multiple</b>	<i>Proj bottom area:</i>	<b>0,0 m2</b>
Length on WL:	<b>126,000 m</b>	<i>LCG fwd TR:</i>	<b>[XCG/LP 0,000] 0,000 m</b>
Max beam on WL:	<b>[LWL/BWL 7,000] 18,000 m</b>	<i>VCG below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Max molded draft:	<b>[BWL/T 3,041] 5,920 m</b>	<i>Aft station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
Displacement:	<b>[CB 0,700] 9642,96 t</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface:	<b>[CS 2,628] 2859,7 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
<b>ITTC-78 (CT)</b>		<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
LCB fwd TR:	<b>[XCB/LWL 0,500] 63,000 m</b>	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR:	<b>[XCF/LWL 0,500] 63,000 m</b>	<i>Deadrise:</i>	<b>0,00 deg</b>
Max section area:	<b>[CX 0,950] 101,2 m2</b>	<i>Chine beam:</i>	<b>0,000 m</b>
Waterplane area:	<b>[CWP 0,790] 1791,7 m2</b>	<i>Chine ht below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>0,0 m2</b>	<i>Propulsor type:</i>	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>0,000 m</b>	<i>Max prop diameter:</i>	<b>2600,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>0,000 m</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	<b>[ATR/AX 0,000] 0,0 m2</b>	<i>Position fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL:	<b>[BTR/BWL 0,000] 0,000 m</b>	<i>Position below WL:</i>	<b>0,000 m</b>
Transom immersion:	<b>[TTR/T 0,000] 0,000 m</b>	<i>Transom lift device:</i>	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>22,97 deg</b>	<i>Device count:</i>	<b>0</b>
Bow shape factor:	<b>[AVG flow] 0,0</b>	<i>Span:</i>	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	<b>[EX flat] -2,0</b>	<i>Chord length:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Deflection angle:</i>	<b>0,00 deg</b>
		<i>Tow point fwd TR:</i>	<b>0,000 m</b>
		<i>Tow point below WL:</i>	<b>0,000 m</b>

### Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	<i>Oblique angle corr:</i>	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	<i>Shaft angle to WL:</i>	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	<i>Added rise of run:</i>	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	<i>Propeller cup:</i>	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>No sizing</b>	<i>KTKQ corrections:</i>	<b>Custom</b>
Reference prop:		<i>Scale correction:</i>	<b>None</b>
Blade count:	<b>4</b>	<i>KT multiplier:</i>	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,5581</b>	<i>KQ multiplier:</i>	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>2358,3 mm</b>	<i>Blade T/C [0.7R]:</i>	<b>0,00</b>
Propeller mean pitch:	<b>[P/D 0,7989] 1884,1 mm</b>	<i>Roughness:</i>	<b>0,00 mm</b>
Hub immersion:	<b>4200,0 mm</b>	<i>Cav breakdown:</i>	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>AzipodCO980</b>	<i>Max prop diam:</i>	
Rated RPM:	<b>350 RPM</b>	<i>Design speed:</i>	
Rated power:	<b>2100,0 kW</b>	<i>Reference power:</i>	
Gear efficiency:	<b>1,000</b>	<i>Design point:</i>	
Load correction:	<b>Off</b>	<i>Reference RPM:</i>	
Gear ratio:	<b>1,000</b>	<i>Design point:</i>	
Shaft efficiency:	<b>0,980</b>		

## Propulsion Safe Return to Port

30 may 2016 05:02

HydroComp NavCad 2014

Project ID **TFG Albino Pombo**  
Description **Crucero 200 PAX**  
File name **Predicción definitiva.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