



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2017/18

*Buque de Apoyo a Plataformas Offshore “PSV”
(1200 m³ Oil Recovery Tanks & 400 m² Deck cargo)*

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 6

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

ALUMNO

Diego Jesús Bellido Trujillo

TUTOR

Marcos Míguez González

FECHA

Septiembre 2018



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

MASTER EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

CURSO 2.017-2018

PROYECTO NÚMERO 18-103

TIPO DE BUQUE: Buque tipo PSV, Buque de Apoyo a Plataformas petrolíferas, "PLATFORM SUPPLY VESSELS" (PSV)

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV (OILREC, FI-FI I, DYNPOS-AUTR.), SOLAS, MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 1200 M3 OIL RECOVERY TANKS. 400 M2 libres de espacio de carga en cubierta.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 14 nudos en condiciones de servicio al 85% MCR y margen de mar del 15%. 5000 millas de autonomía.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Los específicos y normales para este tipo de buque.

PROPULSIÓN: Diésel eléctrica con propulsores azimutales. Estudio Específico de Viabilidad de propulsión Dual HFO/LNG

TRIPULACIÓN Y PASAJE: Capacidad para 25 personas.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, Febrero de 2.018

ALUMNO: Dº. Diego Jesús Bellido Trujillo

ÍNDICE

1 Presentación	7
2 Estimación de la Resistencia al Avance	8
3 Estimación de Potencia	13
4 Método y Cálculo del propulsor	15
4.1 Tipo de propulsor	15
4.1.1 Configuración en Z (Z-drive)	15
4.1.2 Configuración en L (L-drive).....	16
4.1.3 Sistema Combi-drive (SCD).....	18
4.1.4 Selección del Tipo de Propulsor	20
5 Claras en el Codaste.....	23
5.1 Requerimientos DNV para la disposición de propulsores acimutales.	23
6 Hélice y tobera	26
7 Cálculo de thrusters	28
8 Selección y estudio de la Planta Propulsora.....	30
9 Timón y Servomotor.....	32
9.1 Área y altura del Timón	32
9.2 Cálculo del Servomotor	32
9.2.1 Condición Avante.....	33
9.2.2 Condición Ciar	33
9.2.3 Potencia del Servo.....	33
10 Referencias.....	35
Anexo 1. Resultado Resistencia al Avance	37
Anexo 2. Resultado Potencia	39
Anexo 3. Plano Clara Codaste Vista Popa	43
Anexo 4. Plano Clara Codaste Vista Perfil	45
Anexo 5. Catálogo Shottle SCD	47

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Predicción de potencia.....	9
Ilustración 2. Predicción de potencia.....	9
Ilustración 3. Predicción de potencia.....	10
Ilustración 4. Predicción de potencia.....	11
Ilustración 5. Predicción de potencia.....	11
Ilustración 6. R_{total} vs Speed.....	12
Ilustración 7. Predicción de potencia.....	13
Ilustración 8. Predicción de potencia.....	14
Ilustración 9. P_{Btotal} vs Speed.....	14
Ilustración 10. Configuración Z-drive.....	15
Ilustración 11. Configuración L-drive.....	17
Ilustración 12. Configuración Combi-drive.....	18
Ilustración 13. Comparativa Combi-drive & Z-drive.....	19
Ilustración 11. Shottle combi-drive.....	22
Ilustración 15. Croquis final del codaste Buque Proyecto.....	24
Ilustración 16. Croquis vista popa Buque Proyecto.....	25
Ilustración 17. Tobera propulsor.....	26
Ilustración 18. Thrusters transversales proa.....	29
Ilustración 19. Ejemplo de planta propulsora Buque.....	30

1 PRESENTACIÓN

En dicho cuaderno se tratarán de definir la planta propulsora, los propulsores y timones.

Para ello realizaremos un estudio en el que se calculará la resistencia al avance del buque y a continuación la potencia necesaria para moverlo y a partir de ahí trataremos de definir el propulsor adecuado.

Utilizaremos el software NavCad para calcular la resistencia, potencia necesaria y los distintos parámetros del propulsor.

Con todo ello, nuestro buque debe cumplir con los requerimientos exigidos como RPA que veremos en los siguientes apartados de este mismo cuaderno.

<i>DIMENSIONES PRINCIPALES</i>	
Eslora total	85,00 m
Eslora entre pps	76,26 m
Manga	19,00 m
Puntal de Trazado	7,90 m
Calado de Trazado	6,15 m
Desplazamiento	6607 t
Peso Muerto	3211 t
Coefficiente de bloque	0,69

<i>MAQUINARIA PRINCIPAL</i>	
Propulsión	Diesel eléctrica, híbrida.
Motores principales	4 x 3840 kW Wärtsila Genset 8L34DF
Gen. Puerto/emergencia	1 x 920 kW Wärtsila Genset 4L 20

2 ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE

Como hemos mencionado anteriormente, nuestro buque debe cumplir con los requerimientos de nuestras RPA:

- Velocidad: 14 nudos en condiciones de servicio.
- Propulsión: Diesel eléctrica con propulsores acimutales.

En el Cuaderno 1 ya realizamos una estimación preliminar de la potencia propulsora, a continuación, realizaremos un estudio más exhaustivo de la precisión de potencia según nuestros requerimientos.

Los pasos que seguiremos para realizar la estimación de potencia son los siguientes:

1. Determinación de la resistencia al avance del buque
2. Obtención de la potencia necesaria para superar dicha resistencia al avance.

Para ello, como mencionamos anteriormente, utilizamos el software NavCad introduciendo los inputs que se requieren: dimensiones del buque, formas, desplazamiento, etc.

Estos son los distintos apartados que debemos rellenar:

1. Condiciones (Condition): en primer lugar, definimos los parámetros principales del buque, como el tipo de casco, eslora, desplazamiento, tipo de propulsión, número de propulsores, propiedades del fluido y rango de velocidades.

Project		
Project ID:	PSV C6	
Description:		
Summary		
Scope:	ITTC-78 (CT)	
Configuration:	Monohull	
Chine type:	Round/multiple	
Length on WL:	79,25	m
Displacement:	6607,00	t
Propulsor type:	Propeller	
Count:	2	
Water properties		
Water type:	Salt	
Density:	1026,00	kg/m3
Viscosity:	1,18920e-6	m2/s
Speeds		
Speed [01]	2,00	kt
Speed [02]	4,00	kt
Speed [03]	6,00	kt
Speed [04]	8,00	kt
Speed [05]	10,00	kt
Speed [06]	12,00	kt
Speed [07]	14,00	kt
Speed [08]	18,00	kt
Speed [09]	18,00	kt
Speed [10]	20,00	kt

Ilustración 1. Predicción de potencia.**Fuente:NavCad**

2. Casco (Hull): se definen las características geométricas principales del buque (B, T, superficie mojada, parámetros del bulbo, estampa)

Hull		
Configuration:	Monohull	
Chine type:	Round/multiple	
General		
Length on WL:	79,25	m
Max beam on WL:	19,00	m
Max molded draft:	6,16	m
Displacement:	6607,00	t
Wetted surface:	2130,919	m ²
Demi-hull spacing:		m
ITTC-78 (CT)		
LCB fwd TR:	38,04	m
LCF fwd TR:	45,08	m
Max section area:	115,374	m ²
Waterplane area:	1349,033	m ²
Bulb section area:	7,200	m ²
Bulb ctr below WL:	1,20	m
Bulb nose fwd TR:	81,14	m
Imm transom area:	17,300	m ²
Transom beam WL:	16,76	m
Transom immersion:	0,00	m
Half entrance angle:	27,47	deg
Bow shape factor:	1,0	[WL flow]
Stern shape factor:	1,0	[WL flow]

Ilustración 2. Predicción de potencia.**Fuente:NavCad**

3. Apéndices (Appendage): se definen los apéndices del buque. En nuestro caso introduciremos un área aproximada por timón, el área mojada del skeg o quillote y los thrusters transversales.

Appendage			Skeg/Keel		
Definition:	Component		Count:	1	
Percent of hull drag:		%	Type:	Skeg	
Planing influence			Mean length:	0,00	m
LCE fwd TR:		m	Mean width:	0,00	m
VCE below WL:		m	Height aft:	0,00	m
Shafting			Height mid:	0,00	m
Count:	2		Height fwd:	0,00	m
Max prop diameter:	0,0000	mm	Root chord:		m
Shaft angle to WL:	0,00	deg	Tip chord:		m
Exposed shaft length:	0,00	m	Span:		m
Shaft diameter:	0,00	m	T/C ratio:		
Wetted surface:	0,000	m ²	LE sweep:		deg
Strut bossing length:	0,00	m	Keel bulb length:		m
Bossing diameter:	0,00	m	Keel bulb diameter:		m
Wetted surface:	0,000	m ²	Skeg projected area:	0,000	m ²
Hull bossing length:	0,00	m	Skeg wetted surface:	190,500	m ²
Bossing diameter:	0,00	m	Stabilizer		
Wetted surface:	0,000	m ²	Count:	0	
Strut (per shaft line)			Root chord:		m
Count:	0		Tip chord:		m
Root chord:		m	Span:		m
Tip chord:		m	T/C ratio:		
Span:		m	LE sweep:		deg
T/C ratio:			Projected area:		m ²
Projected area:		m ²	Wetted surface:		m ²
Wetted surface:		m ²	Dynamic multiplier:		

Ilustración
Predicción de potencia.
Fuente:NavCad

Bilge keel		
Count:	0	
Mean length:		m
Mean base width:		m
Mean projection:		m
Wetted surface:		m ²
Tunnel thruster		
Count:	2	
Diameter:	1,45	m
Sonar dome		
Count:	0	
Wetted surface:		m ²
Miscellaneous		
Count:	0	
Drag area:		m ²
Drag coef:		

3.

4. Condiciones meteorológicas (Environment): se definen las condiciones meteorológicas. Este apartado no se va a tener en cuenta ya que se introduce un margen de mar que cubre estos posibles efectos.

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

Ilustración 4. Predicción de potencia.
Fuente:NavCad

5. Margenes (Misc): se define el margen de mar que tomaremos un 15%.

Margin		
Design margin:	15	%
Basis:	Hull drag only	

Ilustración 5. Predicción de potencia.
Fuente:NavCad

6. Condiciones de análisis (Vessel drag): Una vez rellenados los campos requeridos, tenemos que especificar unas condiciones para el análisis de la resistencia al avance el buque.

Las técnicas más adecuadas para el buque introducido según el programa NavCad son las siguientes:

- Holtrop
- Oortmerssen
- Fung (CRTS)
- Andersen

Nosotros hemos optado por emplear la técnica de Holtrop para el cálculo.

Con lo cual, se muestra la gráfica “Resistencia total- Velocidad” y los resultados obtenidos empleando dicha técnica.

- Resistencia

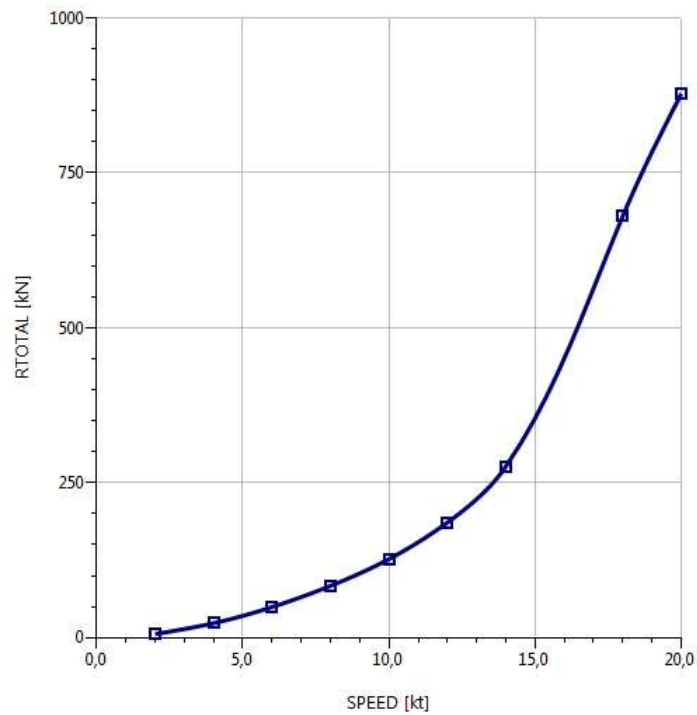


Ilustración 6. Rtotal vs Speed.
Fuente:NavCad

La resistencia total obtenida para la velocidad de diseño de nuestro buque que es de 14 nudos es la siguiente:

$$R_t = 276 \text{ kN}$$

3 ESTIMACIÓN DE POTENCIA

Una vez calculada la resistencia al avance del buque y hemos seleccionado el tipo de propulsor, procedemos a realizar la estimación de potencia efectiva del buque.

Al igual que anteriormente usamos el programa NavCad y para dichos cálculos los parámetros más importantes son la velocidad de servicio del buque (14 kn) y se marcará la opción de propeller sizing by thrust, introduciendo en este, la resistencia al avance obtenida en el apartado anterior para la velocidad del buque.

En primer lugar, rellenamos los datos necesarios de los propulsores a instalar.

Propulsor		
Count:	2	
Propulsor type:	Propeller series	
Propeller type:	FPP	
Propeller series:	B Series	
Propeller sizing:	No sizing	
Reference prop:		
Blade count:	4	
Expanded area ratio:	0,5500	
Propeller diameter:	2600,0000	mm
Propeller mean pitch:	2600,0000	mm
Hub immersion:	1745,0000	mm
Engine/gear		
Engine data:	None defined	
Rated RPM:		RPM
Rated power:		kW
Gear efficiency:	0,000	
Load correction:	Off	
Gear ratio:	0,000	
Shaft efficiency:	0,000	
Propeller options		
Oblique angle corr:	Off	
Shaft angle to WL:	0,00	deg
Added rise of run:	0,00	deg
Propeller cup:	0,0	mm
KTKQ corrections:	Custom	
Scale correction:	None	
KT multiplier:	1.000	

*Ilustración 7. Predicción de potencia.
Fuente:NavCad*

El siguiente paso es calcular los parámetros del propulsor y la PB necesaria. Para ello, dentro de la venta de propeller sizing se introducen los siguientes valores:

Propeller sizing			
To size			
Gear ratio:	Size	1,652	
Expanded area ratio:	Keep	0,550	
Propeller diameter:	Size	2600,0000	mm
Propeller mean pitch:	Size	1875,4120	mm
Design condition			
Design speed:		14,00	kt
Reference thrust:		598	kN
Design point:		1,000	
Reference RPM:		750	
Design point:		1,030	
Max prop diam:		2600	mm
Review			
Tip speed:		208,9 !!	ft/s

Size Save report OK Cancel Help

Ilustración 8. Predicción de potencia.
Fuente:NavCad

Los resultados obtenidos son los calculados para nuestro propulsor de 4 palas, siendo la potencia al freno necesaria para la condición de velocidad de servicio de 1990 KW

Esta potencia es la mínima que debe proporcionar el motor al 85% de su régimen, por lo que la potencia final a considerar será de:

$$PB_{final} = \frac{1990}{0.85} = 2.341,17 \text{ KW}$$

A continuación, se muestran las gráficas correspondientes calculadas mediante el NavCad y los resultados específicos obtenidos con el programa podemos encontrarlo en los Anexos.

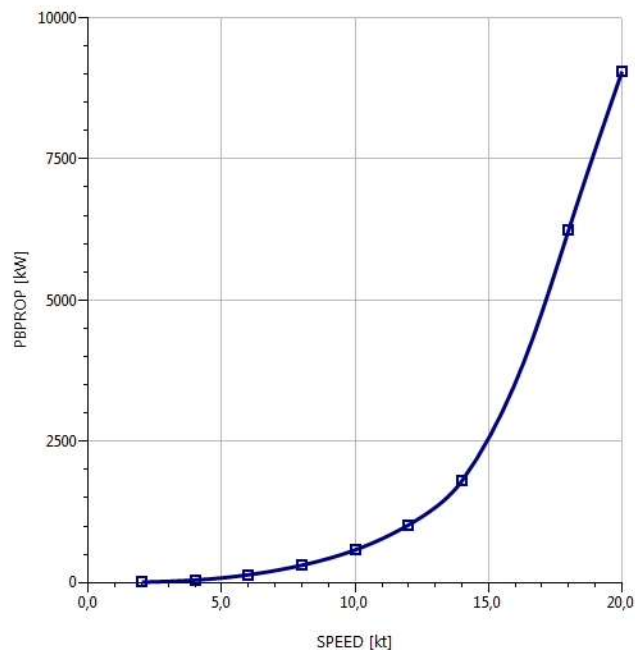


Ilustración 9. PBtotal vs Speed.
Fuente:NavCad

4 MÉTODO Y CÁLCULO DEL PROPULSOR

4.1 Tipo de propulsor

En nuestro caso, vamos a optar por estudiar los propulsores de Schottel debido a su gran tradición y fiabilidad en la propulsión marina, además de que contamos con la documentación necesaria para realizar los cálculos relativos a este apartado.

En primer lugar, veremos las diferentes configuraciones posibles a instalar en esta marca:

4.1.1 Configuración en Z (Z-drive)

La disposición mecánica en Z (mechanical Z-drive) consiste en un conjunto de engranajes cónicos con una entrada de potencia horizontal.

Conducido por un motor eléctrico, la conexión entre el motor y el propulsor azimutal se realiza mediante un eje flexible con elementos elásticos o bien mediante una unión universal del eje con un acoplamiento elástico. Esto dependerá de si el motor eléctrico y la entrada en la caja de engranajes superior se encuentran en el mismo nivel.

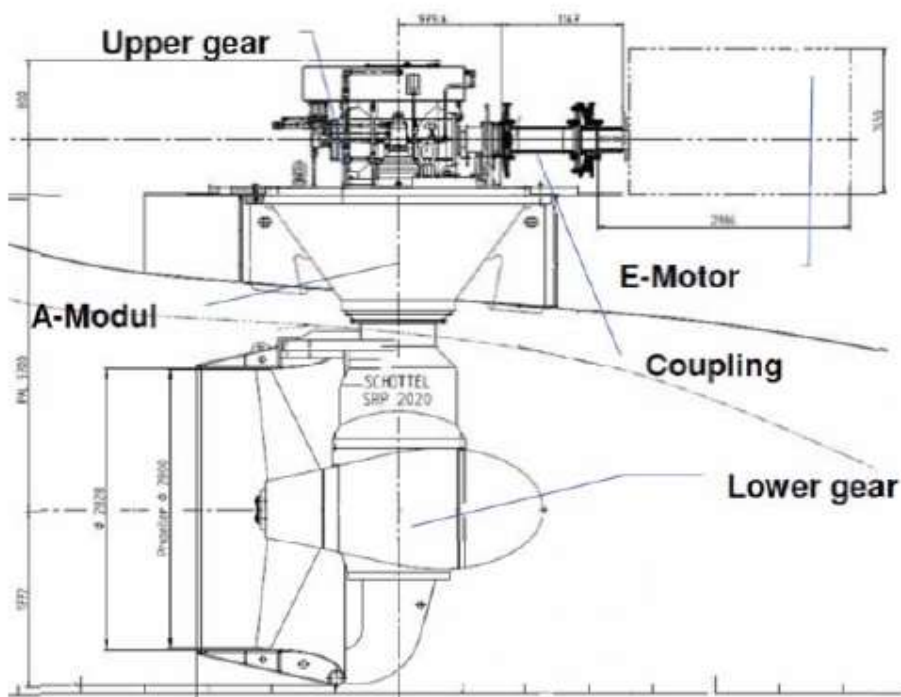


Ilustración 10. Configuración Z-drive.

Fuente: "Propulsion Solutions for All Electric Ships", Dipl. Ing Joachim Müller, Shottle GmbH.

Para este tipo de configuración en buques, tendremos una serie de ventajas e inconvenientes como las siguientes:

- Ventajas
 - Sistema probado.
 - Elementos de sellado estándar.
 - Alta flexibilidad en la disposición del motor eléctrico (horizontal).
 - El motor eléctrico se instala en el interior del buque.
- Desventajas
 - 5% de pérdidas mecánicas.
 - Se necesita una gran cantidad de espacio para albergar el motor eléctrico de manera horizontal.
 - Necesidad de realizar el alineamiento de los ejes en el proceso de instalación abordo.
 - Gran número de partes mecánicas.
 - Necesidad de disponer un soporte extra para el motor eléctrico.
 - Alto contenido aceite.

La principal ventaja a remarcar es que son sistemas ampliamente probados y utilizados desde hace bastante tiempo por lo que esto hace que la probabilidad de fallos graves sea muy baja.

El hecho de que la caja de engranajes superior pueda ser instalada con un cierto ángulo, nos permitirá instalar el motor eléctrico bien de forma longitudinal o transversal o bien con un cierto ángulo con respecto al plano diametral del buque. De esta manera se consigue una alta flexibilidad en el montaje del conjunto propulsor lo que es muy importante en el tipo de buques de suministro a plataformas donde el espacio en popa suele ser muy reducido.

Por otro lado, debido a que el motor eléctrico no está incluido en el propulsor acimutal, se necesitará construir adicionalmente un soporte para el motor eléctrico.

4.1.2 Configuración en L (L-drive)

Este tipo de configuración no lleva instalada la caja de engranajes cónicos superior, a diferencia de la configuración en Z.

En la parte superior del propulsor viene instalado un soporte para el motor eléctrico, por lo que puede ser instalado de forma vertical.

Podemos realizar una comparativa entre la altura ocupada tanto por el sistema Z como el L. Observando la siguiente imagen vemos como existe una importante diferencia en altura entre ellas, por lo que descarta este tipo de configuración en L.

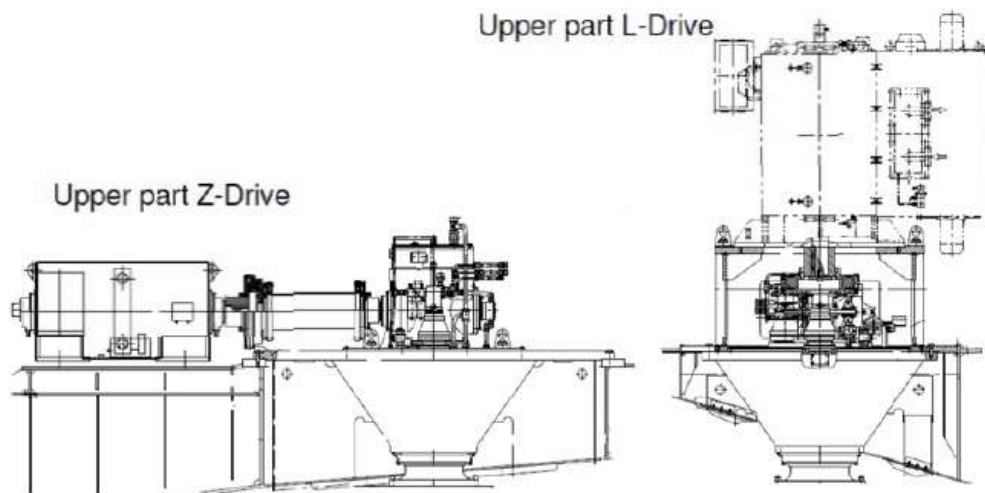


Ilustración 11. Configuración L-drive.

Fuente: "Propulsion Solutions for All Electric Ships", Dipl. Ing Joachim Müller, Shottle GmbH.

Para este tipo de configuración en buques, tendremos una serie de ventajas e inconvenientes que son las siguientes:

- Ventajas
 - Sistema probado.
 - Elemento de sellado estándar.
 - Poco espacio horizontal requerido.
 - Solo 3% de pérdidas mecánicas.
 - Base de motor integrada en el propulsor.
 - El motor eléctrico se instala en el interior del buque.
- Desventajas
 - Necesidad de gran espacio vertical.
 - Motor eléctrico de baja velocidad.
 - Alto contenido de aceite.

Este también es un sistema ampliamente probado y lleva muchos años en el mercado, pero a diferencia del Z-drive, necesita muy poco espacio horizontal ya que el motor se asienta en la parte superior del grupo.

Debido a la ausencia de la caja de engranajes cónicos superior, la configuración en L, tiene una pérdida mecánica del 3% que disminuye el consumo de combustible. Una ventaja

adicional puede ser que esta configuración no necesitará las operaciones de alineado de ejes.

La desventaja más destacada de todas las mostradas anteriormente es el gran espacio vertical requerido y la necesidad de instalar motores eléctricos de baja velocidad.

La altura del sistema hace casi imposible instalar el L-drive en buques de suministro con formas típicas en la popa.

4.1.3 Sistema Combi-drive (SCD)

Esta configuración se creó con la idea de ser la media entre la configuración en Z y los sistemas POD. Consiste en un motor eléctrico vertical parcialmente integrado en conjunto del propulsor acimutal y una caja de engranajes inferior.

El motor está conectado a la caja inferior de engranajes cónicos a través de un eje vertical que dispone de un acoplamiento autoalineante, lo que permite intercambiar el motor sin la necesidad de realinear el acoplamiento.

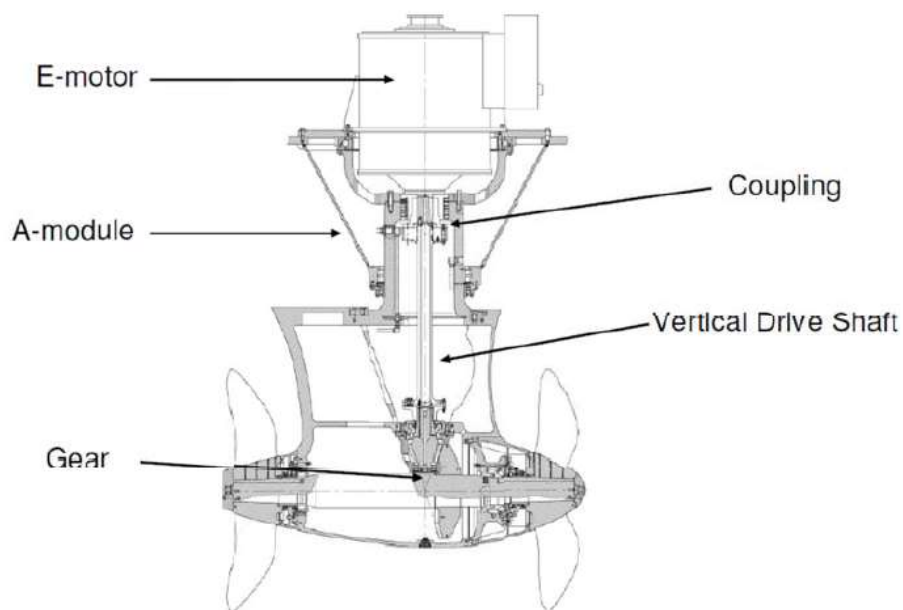


Ilustración 12. Configuración Combi-drive.

Fuente: "Propulsion Solutions for All Electric Ships", Dipl. Ing Joachim Müller, Shottle GmbH.

Viendo esto, la principal diferencia de dicha configuración frente a la L, es la altura requerida para la instalación de ambos sistemas. En la configuración SCD como hemos mencionado anteriormente el motor eléctrico va "incrustado" parcialmente en el conjunto del propulsor acimutal, lo que se traduce en que necesitamos prácticamente la misma altura libre que en el caso de la configuración en Z.

Además de esto, este sistema cuenta con un menor número de partes mecánicas que un sistema en L debido al acoplamiento directo entre el motor eléctrico y el eje vertical.

En la siguiente ilustración podemos ver que la diferencia entre el espacio vertical requerido por el sistema Combi-drive y la configuración Z es mínima. Es más, en un propulsor estándar de 2400 KW, el Combi-drive necesita 200 mm más de altura que el Z-drive.

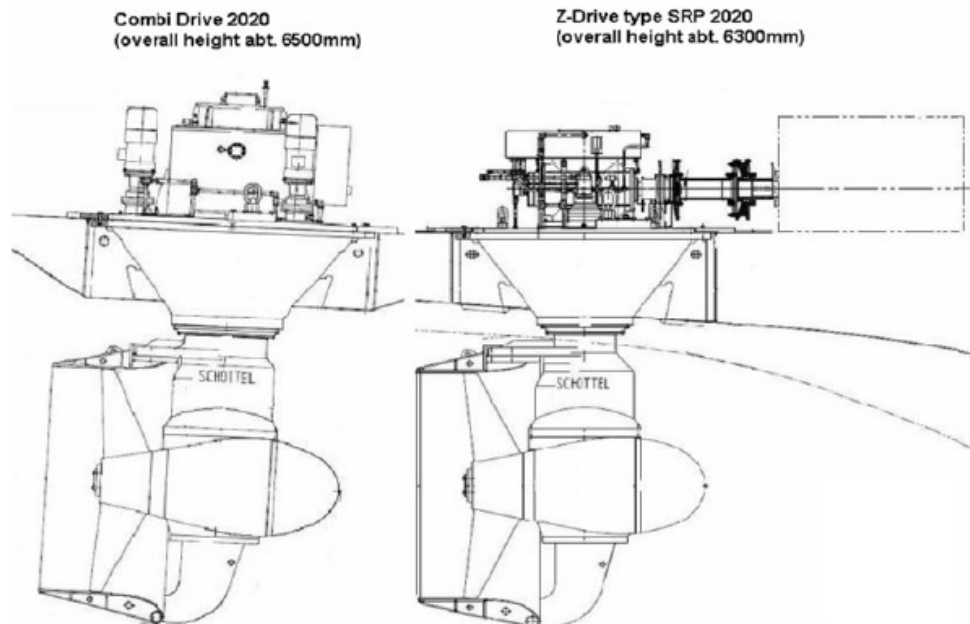


Ilustración 13. Comparativa Combi-drive & Z-drive.

Fuente: "Propulsion Solutions for All Electric Ships", Dipl. Ing Joachim Müller, Shottle GmbH.

Las principales ventajas e inconvenientes que nos proporciona este tipo de propulsor son las siguientes:

- Ventajas
 - Compacto
 - Solo alrededor del 3% de pérdidas mecánicas.
 - Elementos de Sellado estándar.
 - Disponible con y sin tobera.
 - Basado en componentes ampliamente probados.
 - Soporte para el motor eléctrico integrado en el propulsor.
 - El motor eléctrico se instala en el interior del buque.
- Desventajas
 - Motor eléctrico de baja velocidad.
 - Alto contenido de aceite.

Como la configuración Combi-drive es una mezcla entre un propulsor acimutal convencional y un POD, nos encontraremos con las ventajas y desventajas de ambos sistemas; aunque en principio, las ventajas de este sistema parecen más importantes que las desventajas.

Este tipo de propulsor acimutal es igual de compacto que un POD, lo cual es una clara ventaja con respecto a las anteriores alternativas presentadas debido a que en los buques de suministro a plataformas las formas de popa suelen traducirse en un disponer de un espacio reducido para la instalación de los propulsores.

4.1.4 Selección del Tipo de Propulsor

Para el cálculo de la potencia requerida a la entrada del propulsor, emplearemos la resistencia al avance calculada en los apartados anteriores de 276 kN, con lo que obtenemos lo siguiente:

$$\text{Potencia Requerida propulsor azimutal} = 3703,5 \text{ kW}$$

Para seleccionar el tipo de configuración de propulsor a instalar tenemos que basarnos en varias cosas.

Tomando con primera referencia el precio del sistema Z-drive, el POD es la alternativa más cara de todas las planteadas y el sistema que menos requerimientos de espacio ofrece, así como es el que mayor rendimiento proporciona.

El sistema Combi-drive es mucho más barato con el sistema POD ofreciendo unas características de eficiencia y espacio similares.

En cuanto a la eficiencia el peor parado es el Z-drive; la diferencia ronda entre un 2% o un 4% con los otros sistemas.

Además, este tipo de sistema proporciona el mismo ahorro de espacio que un POD, es más barato, es un sistema más simple y también más fiable. Con lo cual dicho todo esto, seleccionaremos la propuesta Combi-drive de Schottel con Nozzles como los propulsores azimutales que se instalarán en nuestro proyecto.

Como conclusión, en este tipo de buques Como conclusión, en este tipo de buques se opta por montar propulsores de paso variable, para prevenir las dos situaciones descritas.

Además, debido a las dos condiciones, se suelen adoptar soluciones de compromiso, pero por la particularidad del proyecto para remolque, este conviene examinarlo individualmente.

En cuanto a la serie de propulsor, el programa NavCad ofrece distintos tipos, pero las más adecuadas para buques destinados a remolque son las series Kaplan, y de entre los modelos, las *Kaplan Ka 19A* y *Kaplan Kc 19A*.

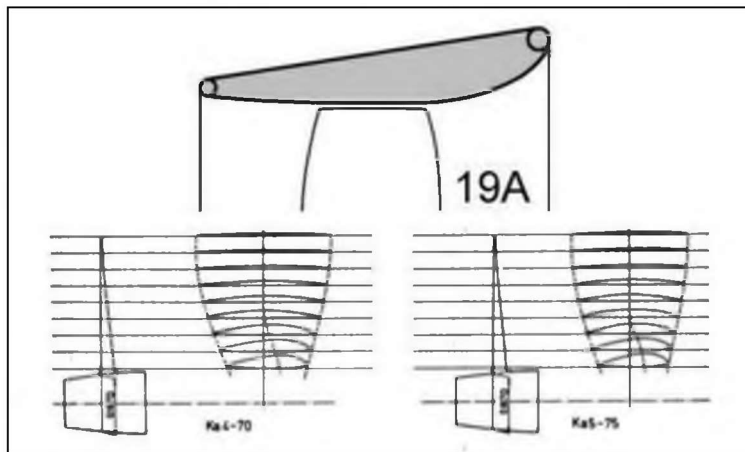
Estas series están diseñadas para usarse en toberas, y esta es la disposición buscada ya que estos mecanismos aumentan el empuje del propulsor sin tobera (a velocidades bajas) y consecuentemente reducen el consumo entre un 15 y un 20%. Por lo otro lado las

desventajas son que a velocidades mayores a 10 kn los propulsores pierden eficiencia respecto a las series sin toberas, y además aumentan la cavitación debido a la caída de presión (aumento de velocidad del fluido).

Aun así, se decide el montaje final de las toberas ya que, todos los buques de referencia van equipados con este sistema.

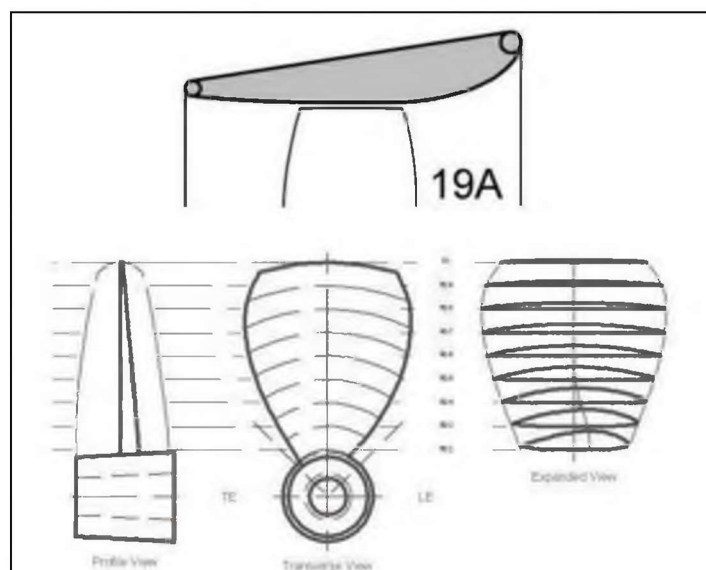
La diferencia entre las *Kaplan Ka 19A* y la *Kc* está en el contorno de la pala, acabando la *Kc* en forma redondeada cerca de la punta.

- Kaplan Ka 19A



Configuration	Ducted
Parameters	Number of blades 3-5 Blade area ratio 3 blades: 0.65 4 blades: 0.55-0.70 5 blades: 0.65-0.95 Pitch/Diameter ratio 0.50-1.40 Advance coefficient (J) 0.05-1.50

- Kaplan Kc 19A



Parameters	Number of blades 3-4 Blade area ratio 3 blades: 0.50-0.80 4 blades: 0.55-1.00 Pitch/Diameter ratio 0.60-1.50 Advance coefficient (J) 0.05-1.50
-------------------	--

El tipo de serie a utilizar va a ser la *Kaplan Ka 19A* al ser esta la más utilizada en este tipo de buques con un número de 4 palas por propulsor.

El fabricante Shottle, nos da diversos modelos a elegir y estos van en función de la potencia y rpm.

Twin propeller version				
SCD 1515:	2100 kW	750 r.p.m.	Propeller diameter	2.5 m
SCD 2020:	2700 kW	800 r.p.m.	Propeller diameter	2.6 m
SCD 3030:	3800 kW	825 r.p.m.	Propeller diameter	3.3 m
Single propeller version with nozzle				
SCD 1515:	1900 kW	700 r.p.m.	Propeller diameter	2.6 m
SCD 2020:	2500 kW	725 r.p.m.	Propeller diameter	2.8 m
SCD 3030:	3300 kW	750 r.p.m.	Propeller diameter	3.5 m

Después de analizar todo lo indicado anteriormente vamos a seleccionar el modelo de Schottle "***Single propeller versión with nozzle***" **SCD 3030**.

Las dimensiones y las características técnicas de dicho propulsor podemos encontrarlo en el Anexo 5.



Ilustración 14. Shottle combi-drive
Fuente: Shottle product guide

5 CLARAS EN EL CODASTE

“Nuestro objetivo es que las palas de la hélice no salgan del agua en ninguna situación de carga, siendo necesario para ello, dejar un 10% del diámetro de la hélice entre el vórtice más alto de la hélice y la superficie de agua. Añadimos que la hélice tiene un mayor rendimiento cuanto menor es la inmersión del eje, intentaremos buscar un diámetro cuyo vórtice más alto quede tan cerca como podamos de ese 10%. Por otra parte, habrá que dejar un margen por encima de la quilla para proteger la hélice de posibles golpes contra el fondo; las normas establecen que este margen sea mayor de 0,10 m”¹

5.1 Requerimientos DNV para la disposición de propulsores acimutales.

“... Pt.4 Ch.5 Sec.3 F203

Azimuth steering gears shall comply with the rules for steering gears in the Rules for Classification of Ships, Pt.3 Ch.3 Sec.2 with respect to the arrangement, performance and other general requirements as applicable. It shall be possible to lock the unit in all required positions to prevent it from free turning if the steering gear is inoperable and allow it to be used to produce thrust in locked position. ...”

Table C1 Minimum clearances	
For single screw ships:	For twin screw ships:
$a \geq 0.2 R$ (m)	
$b \geq (0.7 - 0.04 ZP) R$ (m)	
$c \geq (0.48 - 0.02 ZP) R$ (m)	$c \geq (0.6 - 0.02 ZP) R$ (m)
$e \geq 0.07 R$ (m)	
$R =$ propeller radius in m	
$ZP =$ number of propeller blades.	

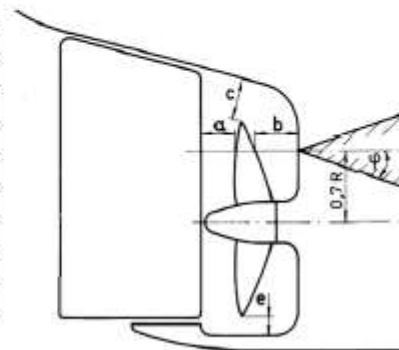


Fig. 2
Propeller clearances

Para el caso de nuestro buque:

$$R = 1,650 \text{ (m)}$$

$$ZP = 4$$

$$a \geq 0,2 * R \text{ (m)} = 0,33 \text{ m}$$

$$c \geq (0.6 - 0.02 ZP) * R \text{ (m)} = 0,858 \text{ m}$$

$$b \geq (0.7 - 0.04 * ZP) * R \text{ (m)} = 0,897 \text{ m}$$

$$e \geq 0.07 * R \text{ (m)} = 0,115 \text{ m}$$

A continuación, se muestra un croquis final del codaste, incluyendo los dos propulsores antes seleccionados:

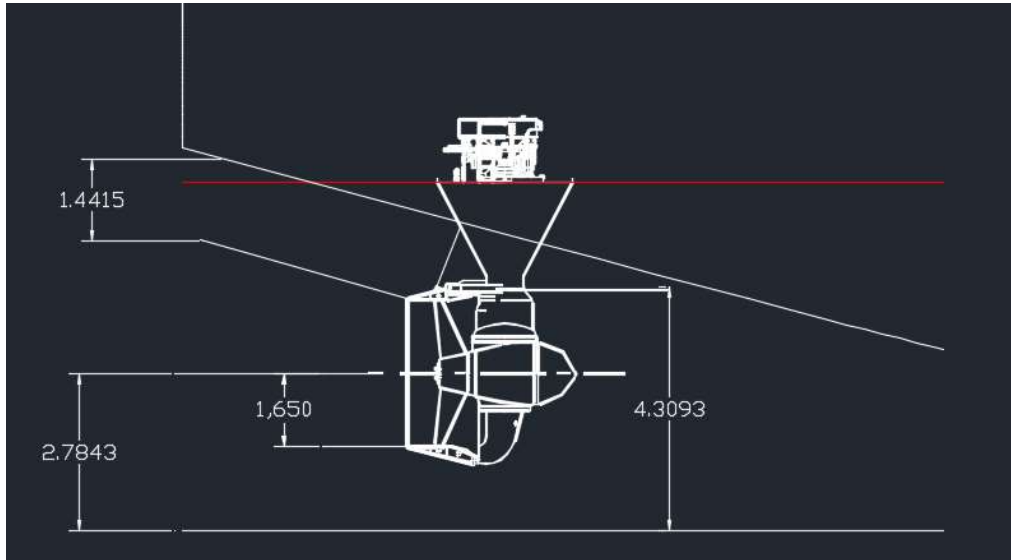
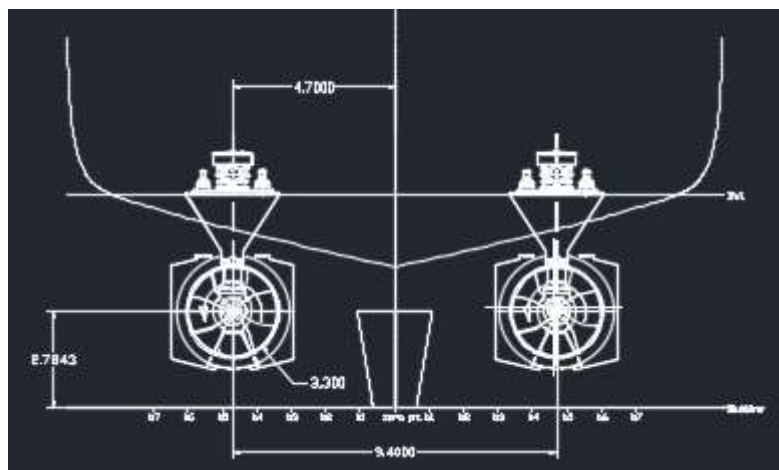


Ilustración 15. Croquis final del codaste Buque Proyecto.
 Fuente: Propia.

Tabla 1. Resumen resultado propulsor.

Radio del Propulsor	1,300 m
Margen superior (ext. tobera)	0,676 m
Distancia eje-quilla	2,7843 m
Inmersión del eje	2,624 m



*Ilustración 16. Croquis vista popa Buque Proyecto.
Fuente: Propia.*

6 HÉLICE Y TOBERA

Para definir y calcular la hélice y tobera del propulsor seleccionado, vamos a citar el manual de Schottle ⁴:

“...Propeller: The propeller (19) is of modified type Kaplan or open propeller with moderate skew, four- or five-bladed, depending on the results of the torsional vibration analysis. The CP propeller is four – bladed only. Standard propeller material is CuAlNi. Both rotating directions are possible.

Nozzle: The nozzle (18) is of modified Kort design, type 19A. It is made of mild steel shipbuilding steel grade A), with stainless steel plating in the inner surface. Zinc anodes in suitable size and quantity are welded to the outerplating. The nozzle is dismountable...”

Las toberas correspondientes al modelo SCD seleccionado son de tipo 19 A. Este tipo de tobera presenta una relación dimensional ($L_{\text{tobera}}/D_{\text{hélice}}$) igual a 0,5.

Teniendo nuestro diámetro de propulsor de 3,3 m, considerando una clara entre el extremo de la pala y el diámetro interior de la tobera de 20 mm, el diámetro final del propulsor para dicho cálculo será de $3300 + 2 * 20 = 3340$ mm. Con dicho dato podemos calcular la longitud de nuestra tobera:

$$\frac{L_{\text{tobera}}}{D_{\text{propulsor}}} = 0,5$$

$$L_{\text{tobera}} = 1670 \text{ mm}$$



Ilustración 17. Tobera propulsor.

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/prod/maucour-france/product-26158-474426.html>

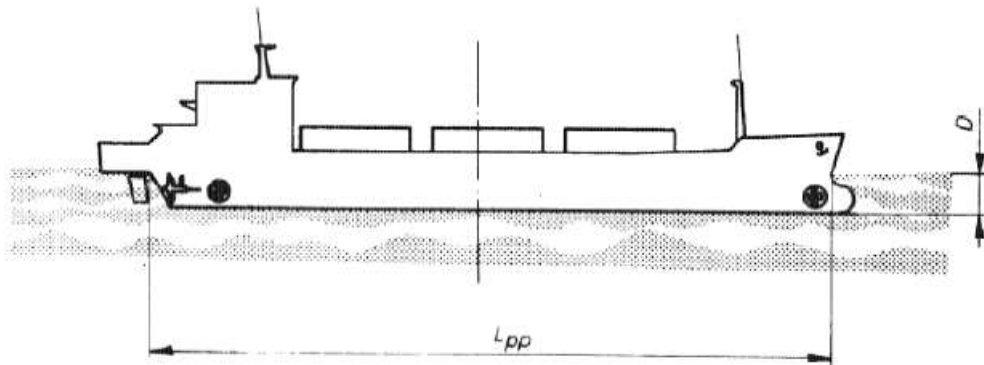
7 CÁLCULO DE THRUSTERS

Instalaremos 2 thrusters transversales de túnel a proa. Para su cálculo utilizaremos las recomendaciones del fabricante Schottle ⁴ en cuanto a la selección de empujadores transversales.

El empuje transversal necesario será:

$$F = L_{pp} * T * \frac{f}{100} = kN$$

$$F = L_{PP} \cdot D \cdot \frac{f}{100} \text{ [kN]} \quad \text{For explanation of symbols, see page 9}$$



For the factor f the following remarks apply:

$8 < f < 15$	low manoeuvring power
$15 < f < 20$	adequate manoeuvring power
$f = 15 - 20$	excellent manoeuvring power
$f = 30 - 40$	for position maintenance in oceanographic survey vessels with only one transverse thruster
$f = 30 - 40$	for drilling rigs and supply vessels with two transverse thrusters, which are required to maintain their position or course against wind and wave
$f = 80$	for cable and pipeline-laying vessels, which are required to maintain their position against wind and wave even under adverse weather conditions

Donde:

$f = 30-40$ para buques de suministro con dos empujadores transversales y que deben mantener su posición.

Vamos a seleccionar el valor de 30 por disponerse de dos empujadores y para ayudar en el posicionamiento dinámico.

$$F = 76,26 * 6,15 * \frac{30}{100} = 140,7 \text{ kN}$$

Si consideramos y le aplicamos un margen de mar de un 10%, el empuje necesario será de:

$$F = 154,77 \text{ kN}$$

Con este valor, si entramos en el catálogo de Schottle, vemos que para dicho empuje necesitamos instalar el modelo STT 550 de 128 kN por unidad, 60 Hz y una potencia de 800 kW a 1170 rpm.

Por lo tanto habrá:

$$2 * STT550 (800kW) = 1600kW$$



Ilustración 18. Thrusters transversales proa.

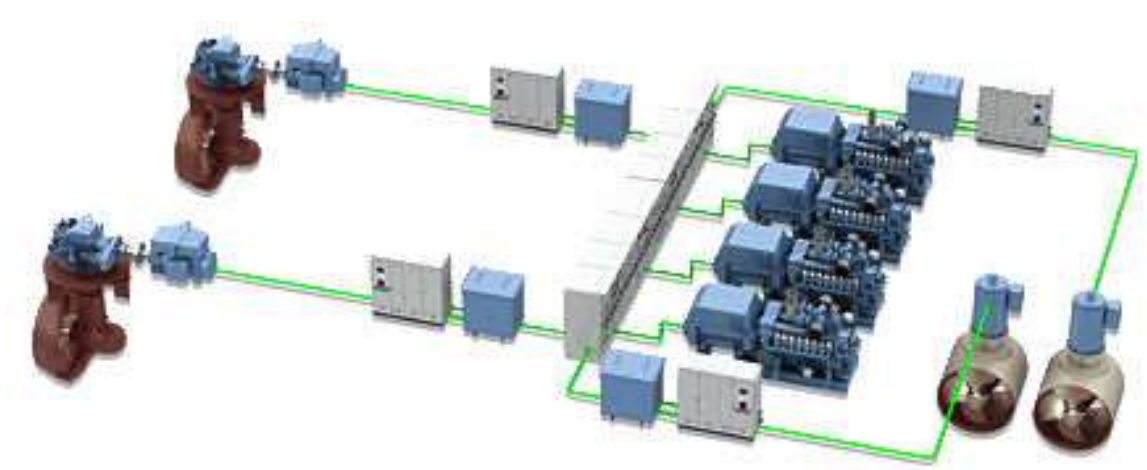
Fuente: <https://www.schottel.de/marine-propulsion/stt-transverse-thruster/>

8 SELECCIÓN Y ESTUDIO DE LA PLANTA PROPULSORA

Como definimos al comienzo del proyecto en las RPA, nuestro buque dispondrá de una propulsión Diesel Eléctrica.

La propulsión diesel-eléctrica consistirá en cuatro motores diesel que darán energía a cuatro generadores, los cuales serán los encargados de producir la potencia eléctrica necesaria para las necesidades del buque, las cuales lleva incluida la propulsión.

Vamos a mostrar un esquema a modo ilustrativo del cual podremos obtener una idea de cuál será la disposición de este tipo de sistemas:



*Ilustración 19. Ejemplo de planta propulsora Buque.
Fuente: <http://www.bpress.cn/im/2014/12/page/3458/>*

Las potencias necesarias calculadas anteriormente tanto para los propulsores principales como para los thrusters son los siguientes:

- Propulsores principales = 2 x 3703,5 kW
- Thrusters = 2 x 800 kW

Vamos a dejar para el cuaderno 11 de este proyecto, el dimensionamiento de nuestro grupo de generadores principales, debido a que aún no tenemos definidas el resto de cargas a considerar.

Ahora realizaremos la selección de los motores eléctricos en cuanto al requerimiento de potencia necesario. Tomaremos como valor la potencia a la entrada de los propulsores azimutales. Vamos a tomar como rendimiento del propulsor el empleado anteriormente (60%).

$$Potencia\ Requerida\ motor\ elect = \frac{1}{2} * \frac{R * 1,15 * v}{rend.\ motor * rend.\ prop.} = 3.898\ kW$$

Esta potencia se refiere a la potencia unitaria por cada motor eléctrico propulsor. Se instalará uno por cada propulsor azimutal por lo que serán 2 motores.

Tomaremos como valor para la elección de dichos motores 3900 kW para poder cumplir con el requerimiento calculado anteriormente de 3.898 kW.

9 TIMÓN Y SERVOMOTOR

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

De todas maneras, se incluye el cálculo del timón aunque no se utilizará. Suponemos un timón detrás de cada una de las toberas Kaplan.

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

9.1 Área y altura del Timón

Para buques con dos líneas de ejes se considera el 1,25% del área de deriva, tal y como viene expresado en el "Proyecto básico del buque mercante" ³:

$$AR = \frac{1,25}{100} * Lpp * T = 0,0125 * 76,26 * 6,15 = 5,86 \text{ m}^2$$

$$\text{DNV} \rightarrow AR = 0,01 * Lpp * T * \left[1 + 50 * Cb^2 * \left(\frac{B}{Lpp} \right)^2 \right] * 0,5 = 5,74 \text{ m}^2$$

Seleccionaremos el valor máximo de los calculados anteriormente:

$$AR = 5,86 \text{ m}^2$$

Por otro lado, la altura del timón debería coincidir con el diámetro del propulsor, que en nuestro caso sería de:

$$Al = 2,600 \text{ m}$$

Teniendo estos dos datos podemos obtener la longitud del timón según la siguiente fórmula:

$$\text{Longitud de la pala} = \frac{AR}{Al} = 2,254 \text{ m}$$

9.2 Cálculo del Servomotor

La resultante de fuerzas sobre el timón se descompone en una perpendicular a la superficie de la pala y otra paralela a esta. Pese que son ambas son fuerzas (expresadas en kg), se les denomina Presión normal (Pn) y Presión Tangencial (Pt). Se estiman en base a la formulación de Joessel ².

$$a = \text{ángulo de medida máximo del timón (35°)}$$

$$\text{cuerda} = \text{longitud timón} = 2,254 \text{ m}$$

$$d = (0,2 + 0,3 * \text{sen } a) * \text{cuerda} = 0,838 \text{ m}$$

9.2.1 Condición Avante

Vamos a considerar los siguientes datos:

$$\text{Distancia del borde de ataque a eje timón} = 0,500 \text{ m}$$

$$\text{Posición centro presión} = 0,838 - 0,500 = 0,338 \text{ m}$$

Con esto obtenemos:

$$\text{Velocidad Buque avante} = 14 \text{ nudos} * 0,5144 \left(\frac{\text{m}}{\text{s} * \text{kn}} \right) = 7,20 \text{ m/s}$$

$$\text{Presión normal} = P_n = \frac{41,35 * AR * v^2 * \sin(a)}{0,2 * 0,3 * \sin(a)} = 23436 \text{ kg}$$

$$\text{Par Torsor Avante} = M_a = 23436 * 0,338 = \mathbf{7,921 \text{ tm}}$$

9.2.2 Condición Ciar

Vamos a considerar los siguientes datos:

$$\text{Distancia del borde de ataque a eje timón} = 1,800 \text{ m}$$

$$\text{Posición centro presión} = 1,800 - 0,838 = 0,962 \text{ m}$$

Con esto obtenemos:

$$\text{Velocidad Buque Ciar} = \frac{2}{3} * (\text{velocidad avante}) = 4,8 \text{ m/s}$$

$$\text{Presión normal} = P_n = 9750 \text{ kg}$$

$$\text{Par Torsor Ciando} = M_c = 9750 * 0,962 = \mathbf{9,379 \text{ tm}}$$

Una vez calculado los Pares torsores, el par torsor de proyecto es el mayor de ambos calculados, que en nuestro caso es el de la condición de ciar:

$$\mathbf{M_c = 9,379 \text{ tm}}$$

9.2.3 Potencia del Servo

Según el SOLAS:

“...el servomotor debe ser capaz de mover la pala de 35° a una banda a 30° a otra banda cuando el buque navega a las máximas RPM y en menos de 28 segundos...”².

Por lo tanto, la potencia necesaria se calcula de la siguiente forma:

$$Potencia = \frac{Momento * angulo}{tiempo}$$

$$Potencia = 9.379 * 10^3 * \frac{65 * \pi}{180 * 28 \frac{rad}{s}} * 9,81 \frac{m}{s^2} = 4012,64 W$$

Si consideramos un rendimiento del órgano de transmisión de 0,6 y un margen de seguridad de un 10%, la potencia del servomotor se estima en:

$$Potencia = 6281,48 W$$

10 REFERENCIAS

- [1] DNV, Det Norske Veritas. Pt.3 Ch.3 Sec. 2.
- [2] SOLAS, Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en la mar.
Capt.2, parte C, Regla 29
- [3] Proyecto Básico del Buque Mercante. Alvariño et al. FEIN. 1997
- [4] Shottle Combi-Drive, SCD Product guide. SCHOTTEL GmbH & Co. KG

ANEXO 1. RESULTADO RESISTENCIA AL AVANCE

Resistance

13 jul 2018 10:33

HydroComp NavCad 2014

Project ID **PSV C6**

Description

File name **PSV_Diego Bellido C6.hcnc**

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Holtrop (Component)
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Custom	Towed:	[Off]
Friction line:		ITTC-57	Margin:	[Off]
Hull form factor:	[On]	1,367	Water properties	
Speed corr:	[Off]		Water type:	Salt
Spray drag corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		0,000380	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:	[On]	0,00		

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,26	0,70	4,17	3,08	0,89
Range	0,06-0,38	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00	0,01-1,02

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
2,00 !	0,037	0,076	6,86e7	0,002202	1,367	0,001144	0,000000	0,000380	0,004535
4,00	0,074	0,152	1,37e8	0,001991	1,367	0,001488	0,000000	0,000380	0,004590
6,00	0,111	0,229	2,06e8	0,001882	1,367	0,001365	0,000000	0,000380	0,004318
8,00	0,148	0,305	2,74e8	0,001809	1,367	0,001248	0,000000	0,000380	0,004102
10,00	0,185	0,381	3,43e8	0,001756	1,367	0,001198	0,000000	0,000380	0,003978
12,00	0,221	0,457	4,11e8	0,001714	1,367	0,001341	0,000000	0,000380	0,004064
+ 14,00 +	0,258	0,533	4,80e8	0,001680	1,367	0,001806	0,000000	0,000380	0,004482
18,00	0,332	0,686	6,17e8	0,001627	1,367	0,004276	0,000000	0,000380	0,006879
18,00	0,332	0,686	6,17e8	0,001627	1,367	0,004276	0,000000	0,000380	0,006879
20,00	0,369	0,762	6,86e8	0,001605	1,367	0,004633	0,000000	0,000380	0,007207
SPEED [kt]	RESISTANCE								
	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
2,00 !	5	1	0	0	0	0	0	6	
4,00	21	2	0	0	0	0	0	23	
6,00	45	4	0	0	0	0	0	49	
8,00	76	8	0	0	0	0	0	84	
10,00	115	12	0	0	0	0	0	127	
12,00	169	16	0	0	0	0	0	186	
+ 14,00 +	254	22	0	0	0	0	0	276	
18,00	645	36	0	0	0	0	0	681	
18,00	645	36	0	0	0	0	0	681	
20,00	834	44	0	0	0	0	0	878	
SPEED [kt]	EFFECTIVE POWER		OTHER						
	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				
2,00 !	5	6	0,01501	0,05946	0,00008				
4,00	44	48	0,01951	0,06019	0,00033				
6,00	139	152	0,01790	0,05662	0,00069				
8,00	313	344	0,01637	0,05378	0,00117				
10,00	592	652	0,01571	0,05217	0,00178				
12,00	1045	1147	0,01758	0,05329	0,00261				
+ 14,00 +	1831	1990	0,02368	0,05878	0,00392				
18,00	5971	6302	0,05607	0,09020	0,00995				
18,00	5971	6302	0,05607	0,09020	0,00995				
20,00	8581	9031	0,06075	0,09450	0,01287				

ANEXO 2. RESULTADO POTENCIA

Propulsion

13 jul 2018 10:31

HydroComp NavCad 2014

Project ID **PSV C6**

Description

File name **PSV_Diego Bellido C6.hcnc**

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	2600,0000 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[On] Custom	RPM constraint:	
Rudder location:	Behind propeller	Limit [RPM/s]:	
Friction line:	ITTC-57	Water properties	
Hull form factor:	1,367	Water type:	Salt
Corr allowance:	0,000380	Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:	[On] 0,00	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,26	0,70	4,17	3,08
Range	0,06-0,80	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00

Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE			
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]
2,00 !	6	0,1823	0,1804	1,0112	70	5	---	0,0
4,00	48	0,1812	0,1804	1,0112	140	44	---	0,0
6,00	152	0,1802	0,1804	1,0112	207	137	---	0,0
8,00	344	0,1795	0,1804	1,0112	272	306	---	0,0
10,00	652	0,1790	0,1804	1,0112	337	578	---	0,0
12,00	1147	0,1786	0,1804	1,0112	406	1020	---	0,0
+ 14,00 +	1990	0,1783	0,1804	1,0112	487	1800	---	0,0
18,00	6302	0,1778	0,1804	1,0112	713	6242	---	0,0
18,00	6302	0,1778	0,1804	1,0112	713	6242	---	0,0
20,00	9031	0,1776	0,1804	1,0112	804	9048	---	0,0
SPEED [kt]	POWER DELIVERY							
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
2,00 !	42	1,2	0,7	5	5	11	11	---
4,00	85	4,8	2,9	42	44	87	87	---
6,00	125	10,2	6,2	133	137	274	274	730,6
8,00	165	17,4	10,6	297	306	612	612	435,4
10,00	204	26,5	16,1	560	578	1155	1155	288,5
12,00	246	38,8	23,5	989	1020	2040	2040	196,1
+ 14,00 +	295	57,2	34,6	1746	1800	3600	3600	129,6
18,00	431	135,5	82,1	6055	6242	12484	12484	48,1
18,00	431	135,5	82,1	6055	6242	12484	12484	48,1
20,00	487	174,1	105,4	8776	9048	18095	18095	36,8
SPEED [kt]	EFFICIENCY				THRUST			
	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]		
2,00 !	0,5609	1,0000	0,5515	0,53694	4	6		
4,00	0,5607	1,0000	0,5505	0,53727	14	23		
6,00	0,5675	1,0000	0,5566	0,52731	30	49		
8,00	0,5730	1,0000	0,5614	0,51901	51	84		
10,00	0,5762	1,0000	0,5642	0,51393	77	127		
12,00	0,5744	1,0000	0,5622	0,51673	113	186		
+ 14,00 +	0,5650	1,0000	0,5528	0,53104	169	276		
18,00	0,5163	1,0000	0,5048	0,59204	415	681		
18,00	0,5163	1,0000	0,5048	0,59204	415	681		
20,00	0,5106	1,0000	0,4991	0,59824	535	878		

Propulsion

13 jul 2018 10:31

HydroComp NavCad 2014

Project ID **PSV C6**

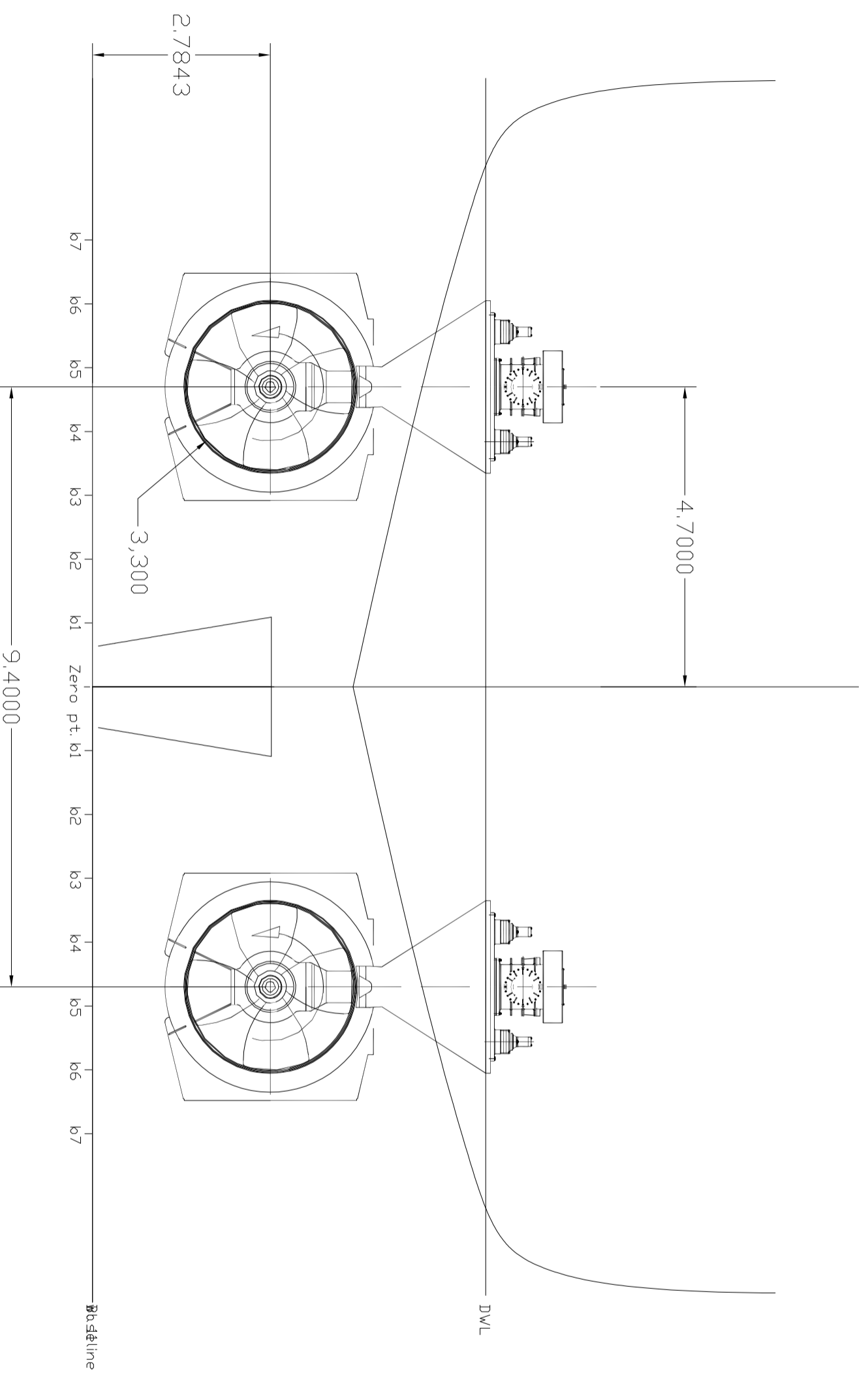
Description

File name **PSV_Diego Bellido C6.hcnc**

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
2,00 !	0,4580	0,1509	0,01961	0,7197	0,20421	1,8327	3,231	2,86e6	
4,00	0,4577	0,1511	0,01963	0,72119	0,20472	1,8365	3,2391	5,74e6	
6,00	0,4664	0,1475	0,01929	0,67798	0,19012	1,7265	3,0081	8,46e6	
8,00	0,4736	0,1445	0,01901	0,64439	0,17899	1,6409	2,8319	1,11e7	
10,00	0,4780	0,1427	0,01885	0,62482	0,17259	1,5911	2,7306	1,38e7	
12,00	0,4756	0,1437	0,01894	0,63552	0,17608	1,6183	2,7859	1,66e7	
+ 14,00 +	0,4632	0,1488	0,01942	0,69379	0,19543	1,7667	3,0921	1,99e7	
18,00	0,4072	0,1712	0,02150	1,0326	0,31831	2,6296	5,0363	2,90e7	
18,00	0,4072	0,1712	0,02150	1,0326	0,31831	2,6296	5,0363	2,90e7	
20,00	0,4012	0,1736	0,02171	1,0782	0,33609	2,7457	5,3177	3,27e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [ft/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
2,00 !	322,73	67,69	13,41	18,9	0,081	1,2	2,0	2,0	1597,3674
4,00	80,47	16,86	3,34	37,9	0,114	4,9	2,0	2,0	1597,0167
6,00	35,67	7,76	1,54	55,9	0,164	10,3	2,0	2,0	1607,5396
8,00	20,03	4,49	0,89	73,5	0,229	17,5	2,0	2,0	1616,2551
10,00	12,81	2,93	0,58	91,1	0,312	26,5	2,0	2,0	1621,5691
12,00	8,88	2,01	0,40	109,9	0,426	38,8	3,0	3,0	1618,6418
+ 14,00 +	6,52	1,40	0,28	131,7	0,601	57,7 !!	7,5	7,5	1603,6027
18,00	3,94	0,65	0,13	192,7 !!	1,383	142,2 !!	78,4 !!	78,4	1537,9539
18,00	3,94	0,65	0,13	192,7 !!	1,383	142,2 !!	78,4 !!	78,4	1537,9539
20,00	3,19	0,51	0,10	217,4 !!	1,763	183,4 !!	100,0 !!	100,0	1531,1275

ANEXO 3. PLANO CLARA CODASTE VISTA POPA



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	LOA	85.00	M
ESLORA EN LA FLOTACION	LWL	79.25	M
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	LBP	76.26	M
MANGA DE TRAZADO	B	19.00	M
PUNTA DE TRAZADO	D	7.90	M
COEFICIENTE DE BLOQUE	CB	0.69	-
COEFICIENTE DE SECCION MEDIA	CM	0.98	-
CALADO DE PROYECTO	T	6.15	M
COEFICIENTE DE FLOTACION	CWL	0.89	-

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Buque de apoyo y suministros a plataformas offshore - PSV

Realizado por:
Diego Jesus Bellido Trujillo

Descripción del plano:
Codaste Vista Popa

Archivo CAD:
06DMG

Fecha:
16/07/2018

Escala:
1/100

T. Papel:
A/3

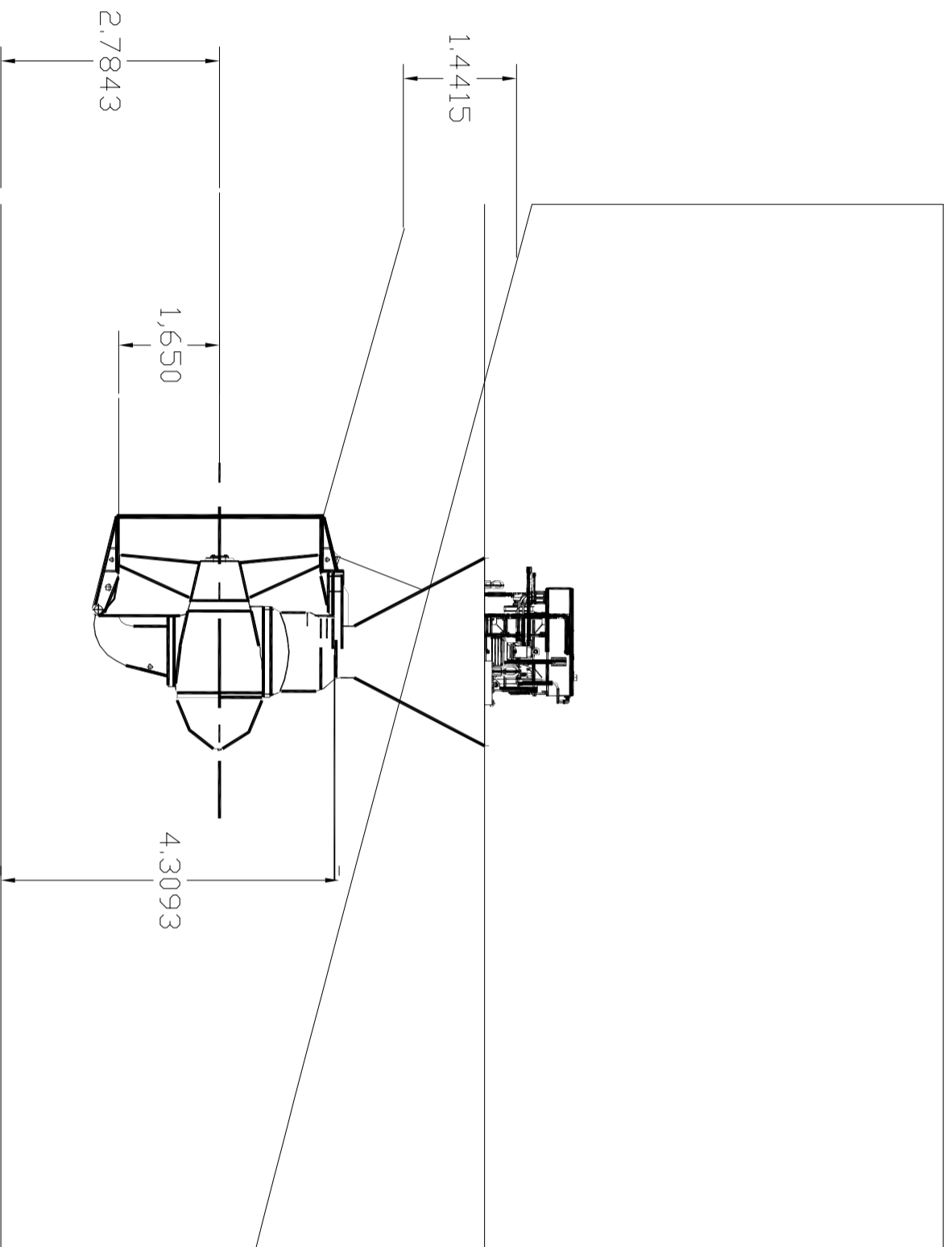
Master en Ingeniería Naval
y Oceanica

Número de Plano:
UDC-2018-0061

Edición:
0

Hojas nº:
1/1

ANEXO 4. PLANO CLARA CODASTE VISTA PERFIL



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	LOA	85.00	M
ESLORA EN LA FLOTACION	LWL	79.25	M
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	LBP	76.26	M
MANGA DE TRAZADO	B	19.00	M
PUNTA DE TRAZADO	D	7.90	M
COEFICIENTE DE BLOQUE	CB	0.69	-
COEFICIENTE DE SECCION MEDIA	CM	0.98	-
CALADO DE PROYECTO	T	6.15	M
COEFICIENTE DE FLOTACION	CWL	0.89	-

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Buque de apoyo y suministros a plataformas offshore - PSV

Realizado por:
Diego Jesus Belido Trujillo

Archivo CAD: DGDWG
Fecha: 16/07/2018
Escala: 1/100
T. Papel: A/3

Master en Ingeniería Naval
Codaste Vista Perfil

y Oceánica

Número de Plano:
UDC-2018-0062

Edición: 0
Hoja nº: 1/1

ANEXO 5. CATÁLOGO SHOTTLE SCD

SCD

SCHOTTEL Combi Drive



**Application-oriented
propulsion systems**



Innovators in steerable propulsion

SCHOTTEL GmbH & Co. KG · Mainzer Str. 99 · D-56322 Spay / Germany

Tel.: + 49 (0) 26 28 / 6 10 · Fax: + 49 (0) 26 28 / 6 13 00 · eMail: info@schottel.de · www.schottel.de

SCHOTTEL Combi Drive – A new propulsion system for the power range from 1900 to 3800 kW

With power ratings of up to 6000 kW, SCHOTTEL Rudderpropellers (SRP) have proven themselves world-wide for over five decades as mechanical azimuth drives for all sectors of the shipping world and the offshore industry. The optimized-efficiency version of the Rudderpropeller, the SCHOTTEL Twin-Propeller (STP), has likewise achieved extraordinary success. In addition, for the power range from 1 to 5 MW the company supplies a diesel-electric pod drive, the SCHOTTEL Electric Propulsor (SEP). SCHOTTEL engineers are now developing a new concept that combines the main technical and economic criteria of both mechanical Rudderpropellers and pod drives: the **SCHOTTEL Combi Drive (SCD)**.

In contrast to pod drives with an electric motor inside the underwater pod, the motor in the new propulsion system will be integrated vertically into the support tube of the Rudderpropeller. This arrangement of the electric motor means that the new concept is similar to that of a Rudderpropeller with a vertical power input ("L system"). Moreover, neither an above-water gearbox nor a cardan shaft will be required, making the system extremely compact and easy for the shipyard to install in the vessel. This very small space requirement will be particularly advantageous, for example, in the case of offshore supply vessels, whose hull design means that space in the stern is limited in any event. Further potential applications are RoPax and double-ended ferries, tankers, container ships and yachts.

The SCHOTTEL Combi Drive will be based on the successful Rudderpropeller types SRP 1515, SRP 2020 and SRP 3030, with their proven mechanical components, and will cover the power range from 1900 to 3800 kW with propeller diameters from 2500 to 3500 mm.

As a recognized propulsion specialist, SCHOTTEL has extensive expertise in the fields of mechanical engineering, hydrodynamics and electrical systems and their respective interactions. We are thus confident that this innovative and very compact drive will continue to build on the success of traditional SCHOTTEL products and their reputation for cost-effectiveness and reliability.

Standard types

Specification is subject to change without notice. Status: November 2003.

Twin propeller version

SCD 1515:	2100 kW	750 r.p.m.	Propeller diameter	2.5 m
SCD 2020:	2700 kW	800 r.p.m.	Propeller diameter	2.6 m
SCD 3030:	3800 kW	825 r.p.m.	Propeller diameter	3.3 m

Single propeller version with nozzle

SCD 1515:	1900 kW	700 r.p.m.	Propeller diameter	2.6 m
SCD 2020:	2500 kW	725 r.p.m.	Propeller diameter	2.8 m
SCD 3030:	3300 kW	750 r.p.m.	Propeller diameter	3.5 m

Main advantages of the SCD:

- Combination of electric drive system with proven mechanical components
- High degree of utilization
- Highly efficient azimuth drive
- Utmost manoeuvrability due to 360° steering
- Electric motor is located in the support tube installed in the vessel
- No shaftline required
- Extremely compact design
- Easy to install by the shipyard
- Available as single propeller version with nozzle or twin propeller version

