



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

**TFG/GTM/E-18-16**

QUE LLEVA POR TÍTULO

## “INGENIERÍA MARINA: PLANTA PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

SEPTIEMBRE - 2016

PABLO GARCÍA ALLEGUE

DIRECTOR: FELIPE ANTELO GONZLEZ



## TRABAJO FIN DE GRADO

# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

**ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

631G02455 - TRABAJO FIN DE GRADO

D. FELIPE ANTELO GONZÁLEZ, en calidad de Director principal, autorizo al alumno D. PABLO GARCÍA ALLEGUE, con DNI Nº 48144202-L a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado titulado:

## “INGENIERÍA MARINA: PLANTA PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

SEPTIEMBRE - 2016

Fdo. El Director

Fdo. El Alumno

FELIPE ANTELO GONZÁLEZ

PABLO GARCÍA ALLEGUE



**ESTRUCTURA GENERAL DEL PROYECTO**

**PRIMER DOCUMENTO: MEMORIA ..... 1-31**

**SEGUNDO DOCUMENTO: ANEXOS ..... 1-35**

**TERCER DOCUMENTO: PLANOS ..... 1-6**

**CUARTO DOCUMENTO: PLIEGO DE CONDICIONES ..... 1-5**

**QUINTO DOCUMENTO: ESTADO DE MEDICIONES ..... 1-17**

**SEXTO DOCUMENTO: PRESUPUESTO ..... 1-8**

---

# “INGENIERÍA MARINA: PLANTA PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”

---

## MEMORIA

---

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y  
MÁQUINAS**

**FECHA: SEPTIEMBRE - 2016**

**AUTOR: El alumno**

**Fdo.: Pablo García Allegue**



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>OBJETO.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ALCANCE.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NORMAS Y REFERENCIAS.....</b>	<b>5</b>
3.1	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	5
3.2	BIBLIOGRAFÍA.....	5
3.3	PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	6
3.3.1	INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE NAVCAD.....	6
<b>4</b>	<b>DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>REQUISITOS DE DISEÑO.....</b>	<b>9</b>
5.1	LEGISLACIÓN, REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVAS APLICABLES.....	9
5.1.1	GUBERNAMENTAL.....	9
5.1.2	NO GUBERNAMENTAL.....	14
5.2	EMPLAZAMIENTO, Y SU ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL.....	15
5.3	ESTUDIOS REALIZADOS ENCAMINADOS A LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	19
5.3.1	ESTUDIO SOBRE LA RESISTENCIA AL AVANCE DEL BUQUE.....	19
5.3.2	ESTUDIO DE LA PROPULSIÓN O PREDICCIÓN DE LA POTENCIA DEL BUQUE.....	20
<b>6</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES.....</b>	<b>21</b>
6.1	VENTAJAS DEL SISTEMA DFDE FRENTE AL SISTEMA DE TURBINAS CONVENCIONAL.....	24
6.2	SOLUCIONES PROPUESTAS.....	27
<b>7</b>	<b>RESULTADOS FINALES.....</b>	<b>30</b>

## **ÍNDICE – ILUSTRACIONES**

<i>Ilustración 1 - Pantalla principal NavCad .....</i>	6
<i>Ilustración 2 - Métodos de predicción.....</i>	7
<i>Ilustración 3 - Cadiz Knutsen .....</i>	15
<i>Ilustración 4 - Tanque de carga GTT nº 96 tipo E2 .....</i>	17
<i>Ilustración 5 - Gráfica de la resistencia .....</i>	22
<i>Ilustración 6 - Gráfica de la potencia.....</i>	23
<i>Ilustración 7 - Eficiencia sistema DFDE .....</i>	25
<i>Ilustración 8 - Disponibilidad de potencia en caso de avería .....</i>	26
<i>Ilustración 9 - Disposición planta propulsora DFDE.....</i>	30

## **ÍNDICE – TABLAS**

<i>Tabla 1 - Características principales del LNG/C Cadiz Knutsen .....</i>	16
<i>Tabla 2 - Capacidad de los tanques de carga.....</i>	17
<i>Tabla 3 - Resumen de la potencia 1ª solución .....</i>	28
<i>Tabla 4 - Potencia disponible 1ª solución.....</i>	28
<i>Tabla 5 - Resumen de la potencia 2ª solución .....</i>	29
<i>Tabla 6 - Potencia disponible 2ª solución.....</i>	29

## 1 OBJETO

La elaboración de este proyecto tiene como objetivo la aplicación de los conocimientos adquiridos por el alumno a lo largo del grado. El alumno quiere demostrar que es capaz de proponer y justificar la implantación de un sistema DFDE en el casco de un buque. Tanto para un buque de nueva construcción o para un buque en servicio, que por diversos motivos se puede llegar a plantear un cambio en la planta propulsora.

Por otra parte, se quiere dar a conocer el software NavCad y demostrar que es una herramienta útil para la elaboración de proyectos.

## 2 ALCANCE

Se tomará como modelo el casco del buque “Cádiz Knutsen”. Un gasero en servicio de la compañía noruega Knutsen OAS Shipping, que transporta 138.000 m<sup>3</sup> de gas natural licuado a -163°C.

Se realizará un cálculo de la resistencia al avance del buque y otro de predicción de la potencia necesaria para la propulsión. Estos cálculos se realizarán con ayuda del programa NavCad 2014. Posteriormente, se dimensionará un sistema propulsivo adecuado para lograr la velocidad de diseño propuesta.

Para el cálculo se introducirán en el programa los datos del casco, los apéndices y la hélice, obtenidos del plano de formas, el plano de disposición general y el plano del timón del buque LNG/C Cadiz Knutsen.

### 3 NORMAS Y REFERENCIAS

#### 3.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.

- SOLAS. Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar.
- MARPOL 73/78. Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques.
- Código CIG. Código Internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel.
- Lloyd's Register Documents.

#### 3.2 Bibliografía.

- Revista “*Infomarine*”, marzo 2008.
- *Maritime Electrical Installations And Diesel Electric Propulsion* – Alf Kåre Ådnanes, ABB Marine, 2003.
- *Dual-fuel-electric for LNGC* – Kristian Ölander, Wärtsilä Korea, 2006.
- *Dual Fuel Electric Propulsion Systems in LNG Shipping* – Alexander Harsema-Mensonides.
- *Dual-Fuel LNGC* – Wärtsilä, marzo 2008.
- *Synchronous motors, high performance in all applications* – ABB Catalogue.
- *MEGADRIVE-LCI drives* – ABB Catalogue.
- *RESIBLOC Transformers* – ABB Catalogue.
- *Wärtsilä 50DF Product Guide*, 2014.
- *Lloyd's Register Documents*, 2013.
- *Basic Principles of Ship Propulsion* – MAN Diesel & Turbo.
- *Pounders Marine Diesel Engines and Gas Turbines* – Doug Woodyard, 2009.
- *Cargamentos especiales: Buques Tanque (Gaseros)* – Apuntes Buques Tanque, 2015.
- Trabajos fin de grado y Proyectos de la E.T.S.N.M. de A Coruña.

### 3.3 Programas de cálculo.

- Microsoft Word 2010.
- AutoCAD 2016.
- HydroComp NavCad 2014.

NavCad 2014, disponible en el escritorio virtual de la Universidad de A Coruña para uso académico por parte del estudiantado y el profesorado.

#### 3.3.1 Introducción al software NavCad

El programa se basa en dos tipos de pantallas, una para el cálculo de la resistencia y otro para el cálculo de la propulsión. Cada una de estas pantallas contiene unas tablas para introducir datos, un sumario de resultados, unas graficas referentes a los resultados y unos informes descargables en formato PDF.

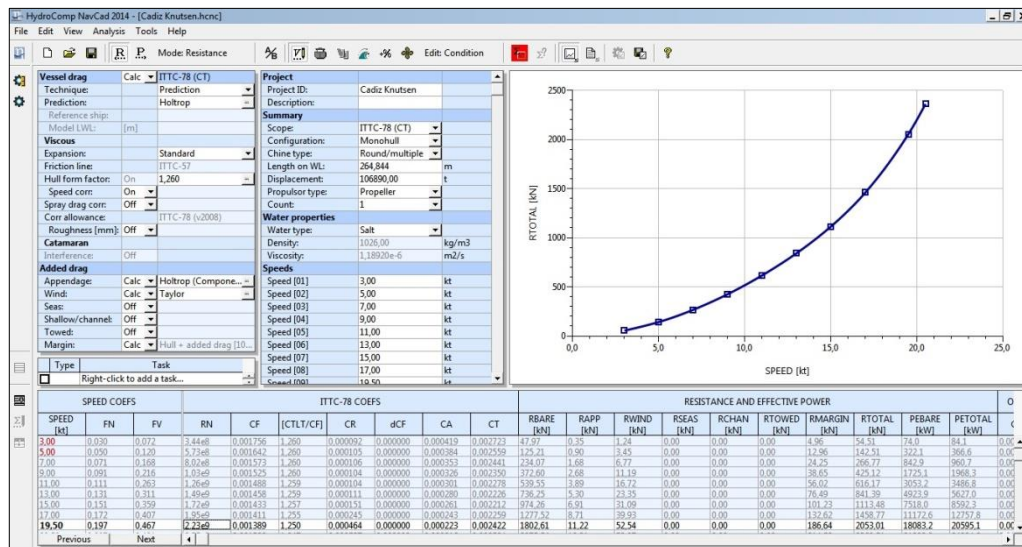
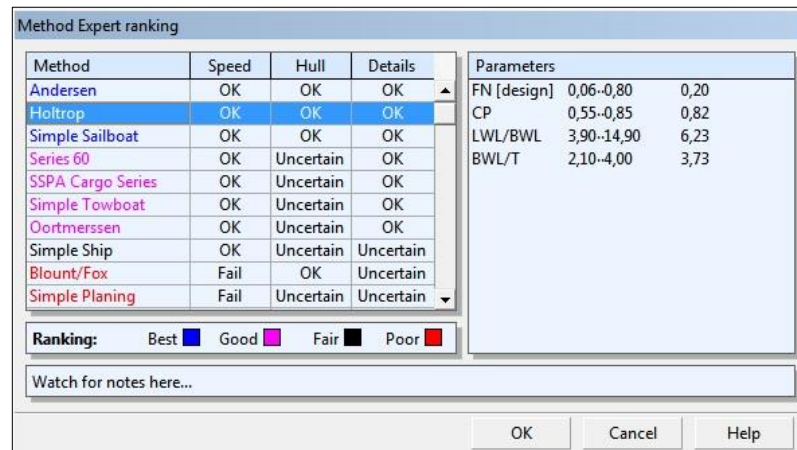


Ilustración 1 - Pantalla principal NavCad

En la parte alta de la pantalla, se encuentra el menú principal (file, edit, view, analysis, tools y help), justo debajo está la barra de herramientas con los modos de análisis de resistencia y propulsión (R y P). A la izquierda de la pantalla, está un recuadro donde se seleccionan los parámetros para el cálculo de la resistencia y de la propulsión. En el centro de la pantalla, se encuentra un recuadro para la

introducción de los diferentes datos del buque y a la derecha, la ventana de salida de gráficos e información. En la parte baja, emerge una tabla con los resultados del cálculo, tanto de resistencia como de propulsión.

El programa utiliza métodos de predicción para realizar diferentes cálculos a partir de los datos introducidos. Entre los diferentes métodos, el programa ofrece: *Series 60*, *Holtrop*, *Andersen*, *Denny*, etc. El usuario debe elegir el método más preciso según NavCad.



*Ilustración 2 - Métodos de predicción*

#### 4 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

<b>BOG:</b>	Boil Off Gas.
<b>CIG:</b>	Código Internacional de Gaseros.
<b>Cofferdam:</b>	espacio de separación situado entre dos mamparos o cubiertas consecutivas de acero. Puede ser un espacio vacío o para lastre.
<b>DFDE:</b>	Dual Fuel Diesel Electric.
<b>FPP:</b>	Fixed Pitch Propeller.
<b>HFO:</b>	Heavy Fuel Oil.
<b>IVA:</b>	Impuesto sobre el Valor Añadido.
<b>LNG:</b>	Liquefied Natural Gas.
<b>LNG/C:</b>	Liquefied Natural Gas Carrier.
<b>MARPOL:</b>	Maritime Pollution.
<b>MCR:</b>	Maximum Continuous Rate.
<b>MDO:</b>	Marine Diesel Oil.
<b>OMI:</b>	Organización Marítima Internacional.
<b>PBPROP:</b>	Potencia al freno por propulsor.
<b>PEBARE:</b>	Potencia efectiva del casco desnudo.
<b>PETOTAL:</b>	Potencia efectiva total.
<b>RAPP:</b>	Resistencia de los apéndices.
<b>RBARE:</b>	Resistencia del casco desnudo.
<b>RPM:</b>	Revoluciones Por Minuto.
<b>RTOTAL:</b>	Resistencia total.
<b>SOLAS:</b>	Safety Of Life At Sea.
<b>SSCC:</b>	Sociedades de Clasificación.
<b>Stand-by:</b>	Estado de un equipo que se encuentra en reposo, listo para funcionar.
<b>Training:</b>	Período de aprendizaje a bordo.
<b>UE:</b>	Unión Europea.

## **5 REQUISITOS DE DISEÑO**

### **5.1 Legislación, reglamentación y normativas aplicables.**

La legislación, reglamentación y normativa a aplicar se divide en dos tipos, la gubernamental y la no gubernamental.

El primer tipo son todos los códigos y convenios que están dictados por los estados o algún tipo de organización de ellos, como puede ser la UE por ejemplo, que certifican el buque a nivel estatal e internacional.

El segundo tipo está formado por normativa dictada por empresas privadas conocidas como Sociedades de clasificación. Estas son organizaciones no gubernamentales, con el objetivo de promover la seguridad de la vida humana y propiedades (buques y plataformas offshore) así como la protección del entorno natural marino. Las SSCC certifican el buque bajo unos estándares propios y proporcionan a los fletadores una clasificación del buque según su calidad.

Para realizar la reforma que se propone, es necesario cumplir con la normativa, tanto gubernamental como la no gubernamental de alguna de las SSCC.

#### **5.1.1 Gubernamental**

- Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques - MARPOL 73/78.

Desarrollado por la OMI en 1973, aunque no entró en vigor hasta el 2 de octubre de 1983. Su objetivo es preservar el ambiente marino mediante la completa eliminación de la contaminación por hidrocarburos y otras sustancias dañinas. Se divide en seis anexos, los cuales están formados por reglas que abarcan las diversas fuentes de contaminación por los buques:

- Anexo I - Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos.
- Anexo II - Reglas para prevenir la contaminación por sustancias nocivas líquidas.
- Anexo III - Reglas para prevenir la contaminación por sustancias perjudiciales en bultos.



- Anexo IV.- Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques.
  - Anexo V - Reglas para prevenir la contaminación por basuras.
  - Anexo VI - Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.
- Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar - Convenio SOLAS.

Sin duda, se trata del Convenio con más solera de la OMI, ratificado, y por tanto de obligado cumplimiento, por más de 180 países. Sobre los buques gaseros establece lo siguiente:

- Capítulo II-1 (Construcción): establece medidas complementarias de seguridad para el aparato de gobierno.
- Capítulo II-2 (Contra Incendios): hace referencia a lo estipulado en el Código Internacional de Gaseros (Código CIG) y a los sistemas de gas inerte.
- Capítulo III (Dispositivos y medios de salvamento): se establece que los botes salvavidas irán provistos de un sistema autónomo de abastecimiento de aire (en el caso de cargas tóxicas) y/o botes salvavidas protegidos contra incendios (en el caso de cargas con el Punto de Inflamación < 60° C).
- Capítulo VII (Transporte de Mercancías Peligrosas): Dedicar la Parte C a la "Construcción y equipo de buques que transporten gases licuados a granel". En su Regla 11 da las Definiciones, Regla 12 Aplicación a los buques gaseros y en su Regla 13, Prescripciones relativas a los buques gaseros, establece que todo buque gasero cumplirá con lo prescrito en el Código CIG.
- Capítulo IX (Código ISM): petroleros, buques quimiqueros, buques gaseros, buques graneleros y naves de carga de gran velocidad de arqueo bruto igual o superior a 500 a más tardar el 1 de julio de 1998.

- Código Internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel – Código CIG, OMI.

Si bien los Códigos de la OMI no constituyen instrumentos de carácter obligatorio, se espera que los Estados miembros apliquen las disposiciones en ellos establecidas.

En Junio de 1983, en su 48º período de sesiones, el Comité de Seguridad Marítima (CSM) aprobó una serie de enmiendas de gran alcance al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (Convenio SOLAS). Mediante una de estas enmiendas, el nuevo Capítulo VII, Transporte de Mercancías Peligrosas, se dio carácter obligatorio, en virtud del Convenio SOLAS, a las disposiciones del Código CIG, en concreto, por medio de la Parte C.- Construcción y equipo de buques que transporten gases licuados a granel, artículo 11, 12 y 13.

La finalidad de este Código es sentar una norma internacional para la seguridad del transporte marítimo a granel de gases licuados y otras sustancias, estableciendo las normas de proyecto y construcción de los buques destinados a dicho transporte y el equipo que deben llevar con miras a reducir al mínimo los riesgos para el buque, la tripulación y el medio ambiente, habida cuenta de la naturaleza de los productos transportados.

El Código CIG está formado por 19 Capítulos:

- Capítulo 1.- Generalidades.
- Capítulo 2.- Aptitud del buque para conservar la flotabilidad y ubicación de los tanques de carga.
- Capítulo 3.- Disposición del buque.
- Capítulo 4.- Contención de la carga.
- Capítulo 5.- Recipientes de elaboración a presión y sistemas de tuberías para líquidos y vapor, y de presión.
- Capítulo 6.- Materiales de construcción.
- Capítulo 7.- Control de la presión y de la temperatura de la carga.

- Capítulo 8.- Sistemas de respiración de los tanques de carga.
  - Capítulo 9.- Control ambiental.
  - Capítulo 10.- Instalaciones eléctricas.
  - Capítulo 11.- Prevención y extinción de incendios.
  - Capítulo 12.- Ventilación mecánica en la zona de carga.
  - Capítulo 13.- Instrumentos de medición y de detección de gas.
  - Capítulo 14.- Protección personal.
  - Capítulo 15.- Límites de llenado de los tanques de carga.
  - Capítulo 16.- Empleo de la carga como combustible.
  - Capítulo 17.- Prescripciones especiales.
  - Capítulo 18.- Prescripciones de orden operacional.
  - Capítulo 19.- Resumen de prescripciones mínimas.
- Tanker Safety Guide: Liquefied Gas.

De la prestigiosa *The International Chamber of Shipping* (ICS). Se trata de una organización de asociaciones nacionales de armadores y operadores. Fue creada en 1921, y en estos momentos representa a más de la mitad del tonelaje mercante mundial.

El interés de la ICS es cubrir todos los aspectos del negocio marítimo, pero están especialmente interesados en el campo de la seguridad marítima, el diseño y la construcción de buques, la prevención de la contaminación, el tráfico y la legislación marítima. La ICS tiene un estatus consultivo con varias organizaciones Inter.-gubernamentales, especialmente con la Organización Marítima Internacional (OMI).

Tiene esta Guía el propósito de proporcionar una serie de recomendaciones de seguridad y de buenas prácticas operacionales a bordo de los buques gaseros. Consta de 9 Capítulos y 8 Apéndices:

- Capítulo 1.- Las propiedades y los peligros de los gases licuados.

- Capítulo 2.-Precauciones generales.
- Capítulo 3.- Peligro de incendio y precauciones.
- Capítulo 4.- Operaciones de carga.
- Capítulo 5.- Sistema de carga.
- Capítulo 6.- Espacios cerrados.
- Capítulo 7.- Procedimientos de emergencia.
- Capítulo 8.- Lucha contra incendios.
- Capítulo 9.- Protección personal y medios de salvamento.
  - Apéndice 1.- Información de la carga (hojas de datos).
  - Apéndice 2.- El transporte por mar del gas licuado a granel.
  - Apéndice 3.- Relicuefacción.
  - Apéndice 4.- Astilleros y períodos de reparación.
  - Apéndice 5.- Manipulación de la planta y el equipo de carga.
  - Apéndice 6.- Instrumentos.
  - Apéndice 7.- Equipos eléctricos en áreas peligrosas.
  - Apéndice 8.- Altas presiones.

Si bien no se trata de una normativa pura, su criterio, elaborado por prestigiosos marinos con una amplia experiencia en el mundo de los gaseros, se hace indispensable a bordo de este tipo de buques. Incluso en ocasiones, ante la inexistencia de una disposición legal, los criterios de entidades de reconocido prestigio, como la ICS, adquieren tanto peso como referencia que nadie duda de su puesta en aplicación.

De obligada presencia a bordo de los buques gaseros, el contenido de esta Guía de Seguridad es más que recomendable para todos aquellos Oficiales que presten su servicio a bordo de estos buques.

### 5.1.2 No gubernamental

- Lloyd's Register Documents.

Rules and Regulations for the Classification of Natural Gas Fuelled Ships,  
July 2012 - Rules for the Classification of Natural Gas Fuelled Ships:

Section 6 System Design:

- 6.4 Gas supply system.
  - 6.4.1. The main gas supply to each gas-fuelled machine or set of machines is to be equipped with a manually operated stop valve and an automatically operated master gas fuel valve coupled in series. The master gas fuel valve is to shut off the gas supply automatically in the event of gas leakage, fire detection, loss of the required ventilation from the pipe duct or casing, or loss of pressurisation of double-walled piping.
  - 6.4.2. For installations with a single source of propulsion power, arrangements are to be such that, in case of loss of the gas supply, a secondary separate and independent fuel supply is to be available. Dual-fuelled machinery is to be capable of operating at its maximum continuous rating on oil fuel alone.
- 6.5 Gas-fuelled reciprocating internal combustion engines and gas turbines.
  - 6.5.7. Dual fuel diesel engines are to be of the type employing pilot oil fuel ignition and capable of immediate changeover to oil fuel at any load in the event of the gas supply being shut off and thereafter capable of continuous operation at any load up to full load on oil fuel alone. In general, oil fuel is to be used when starting the engine, when the operation of the engine is unstable, and/or during manoeuvring and port operations.

- 6.5.8. For dual fuel diesel engines, changeover to gas operation is to be possible only at a load and under conditions where it can be done reliably, as demonstrated by testing. On power reduction, the changeover to oil fuel is to be automatic. The changeover process itself to and from gas operation is to be automatic. Manual interruption is to be possible in all cases.

## 5.2 Emplazamiento, y su entorno socio-económico y ambiental.

El buque elegido como modelo para este proyecto es el “Cádiz Knutsen”. Se trata de un LNG/C construido en el astillero Sestao por la empresa Izar Construcciones Navales S.A. en el año 2004. Es un buque moderno que transporta gas natural licuado a  $-163^{\circ}\text{C}$  y a una presión ligeramente superior a la atmosférica (1060 mbar).

El buque buscado para el desarrollo de este proyecto no debe disponer de planta de relicuefacción, como es el caso del “Cádiz Knutsen”. De esta manera los gases evaporados de la carga, llamados boil-off, producto del aumento de temperatura y del movimiento del GNL en el interior de los tanques (sloshing), se consumirán en los motores duales.



*Ilustración 3 - Cadiz Knutsen*

<http://knutsenoas.com/shipping/lng-carriers/cadiz/>

**Características principales:**

Eslora total	284,379 m
Eslora entre perpendiculares	271,000 m
Manga	42,500 m
Puntal hasta la cubierta principal	25,400 m
Calado de diseño	11,400 m
Desplazamiento	106.890 tn
Peso muerto	90.825 TPM
Velocidad de diseño	19,5 kt
Capacidad de carga (100%)	138.119,3 m3
Capacidad de lastre (100%)	49.699 m3
Potencia propulsora	28.000 kW
Potencia generadores auxiliares	10.530 kW
Sociedad de clasificación	LR

*Tabla 1 - Características principales del LNG/C Cadiz Knutsen*

**Propulsión y auxiliares:**

El “Cádiz Knutsen” dispone de un equipo propulsor formado por turbina de vapor, una línea de ejes y una hélice de paso fijo (FPP). El sistema propulsor está compuesto por:

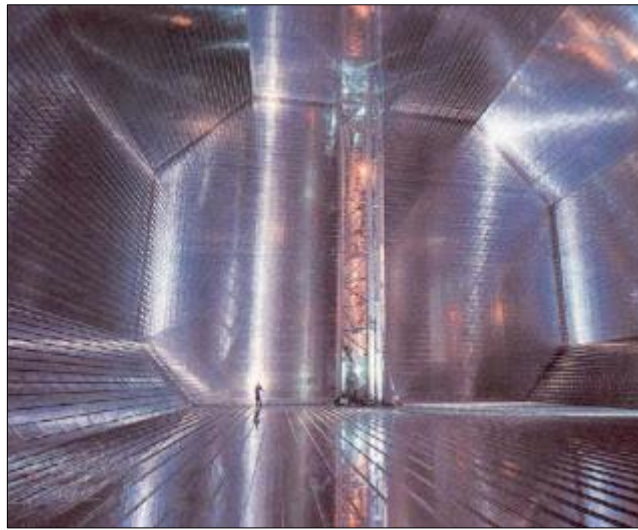
- Turbina Kawasaki-Izar, de 28000 kW a 83 rpm.
- Reductora reversible tipo tándem, doble y articulada.
- Línea de ejes fabricada y tubo de bocina suministrados por Sidenor.
- Hélice de cinco palas fijas y 8.700 mm. de diámetro.

La planta de generación de energía eléctrica está formada por:

- Dos grupos turbogeneradores Mitsubishi de 3.510 kW a 1500 rpm.
- Un diésel-generador accionado por un motor Wärtsilä de 3.510 kW.
- Un diésel-generador de emergencia de 550 kW.

### **Sistema de contención:**

El buque dispone de unos tanques de carga para el LNG de tipo membrana y modelo nº 96 tipo E2 de GTT (Gaz Transport & Technigaz). Estos tanques son independientes de la estructura para minimizar las transferencias de calor a la carga. Van apoyados en la estructura en unos puntos de forma que no estén en contacto con el casco del buque. Dispone de 4 tanques separados por cofferdams y perfectamente aislados para minimizar el aumento de la temperatura en su interior.



*Ilustración 4 - Tanque de carga GTT nº 96 tipo E2*

<http://tecnologia-maritima.blogspot.com.es/2014/04/lng-galicia-spirit.html>

La capacidad total de los tanques de carga, numerados de proa a popa es:

Tanque	Capacidad al 100% (m3)
Tanque nº 1	22.653,4
Tanque nº 2	40.201,5
Tanque nº 3	40.099,6
Tanque nº 4	35.263,8
Capacidad total	138.119,3

*Tabla 2 - Capacidad de los tanques de carga*



**Sistema de carga:**

Para las operaciones de carga y descarga, el buque cuenta con dos colectores de líquido y un colector de vapor común para todos los tanques. Se disponen además de cuatro colectores de líquido y una conexión de vapor a tierra.

Cada tanque dispone de un colector de líquido, un colector de vapor y un colector de agotamiento y enfriamiento. Las tuberías de líquido terminan en el fondo y al final de cada tanque, y las líneas de vapor se conectan en lo alto de cada tanque de carga.

El sistema de carga está formado por:

- 8 bombas de carga marca Ebara, de 1.800 m<sup>3</sup>/h a 150 mca.
- 4 bombas para enfriamiento/stripping marca Ebara, de 50 m<sup>3</sup>/h a 145mca.
- 2 compresores de alta marca Cryostar, de 30.000 m<sup>3</sup>/h.
- 2 compresores de baja marca Cryostar, de 8.000 m<sup>3</sup>/h.
- 2 calentadores principales, marca Cryostar.
- 1 vaporizador principal y uno forzado, marca Cryostar.
- Válvulas de alivio: dos por cada tanque de carga y otras dos por cada espacio de aislamiento (cofferdam), marca Fukui/Fuji.
- 4 colectores de líquido de 16 pulgadas ANSI.
- 1 colector de vapor de 16 pulgadas ANSI.
- 4 postes de ventilación.
- 1 tubería de carga AISI 316 L con aislamiento en cubierta.
- 1 generador de gas inerte, marca Smit Gas System, tipo GIN 15.000-0.3 BUFD, de 15.000 Nm<sup>3</sup>/h y una presión de descarga de 0,3 bar.
- 2 generadores de nitrógeno, marca Smit Gas System, tipo MEM 120-3-8 CM, con una capacidad de 120 Nm<sup>3</sup>/h a presión de descarga de 8 bar.

### 5.3 Estudios realizados encaminados a la solución adoptada.

Los estudios realizados para el presente proyecto, se enfocan en la resistencia al avance y la predicción de potencia del buque. Se quiere conocer la potencia necesaria a instalar para escoger una planta propulsora adecuada. Para realizar estos estudios, se ha pensado en utilizar el software NavCad 2014. Un software sencillo y fácil de usar, que permite hacer un estudio sencillo para conocer la resistencia hidrodinámica del casco y la potencia necesaria a instalar.

#### 5.3.1 Estudio sobre la resistencia al avance del buque

Para el estudio de la resistencia al avance del casco del buque, se irán introduciendo en el programa los datos necesarios tales como:

- Eslora, manga y puntal
- Desplazamiento
- Densidad del agua de mar
- Velocidades y velocidad de diseño
- Datos del casco
- Datos de los apéndices
- Margen de mar

La recolección de los datos necesarios se realizará a través de: **“Plano de disposición general”**, **“Plano de formas”**, **“Plano del timón 1”** y **“Plano del timón 2”**, adjuntos en el documento **“Planos”**.

Cuando la entrada de datos está totalmente completa, se elige un método de predicción para el cálculo de la resistencia. Una vez completada la entrada de datos y seleccionado el método de predicción, se procederá al cálculo de la resistencia al avance del casco del buque.

Las mediciones y la introducción de los datos en el programa, se explicarán más explícitamente en el apartado **“2.1.1 Introducción de datos”** del documento **“Anexos”**.

### 5.3.2 Estudio de la propulsión o predicción de la potencia del buque

Para el estudio de la predicción de potencia, se tendrán en cuenta los datos introducidos anteriormente para el cálculo de la resistencia y la siguiente información referente al propulsor:

- Número de propulsores
- Tipo de propulsores
- Tipo de hélice
- Dimensionado de la hélice
- Número de palas
- Diámetro de la hélice
- Paso de la hélice
- Área de expansión de las palas
- Inmersión de la hélice

Toda esta información se recoge de: **“Documento de la hélice”** adjunto en el documento **“Anexos”**, y de **“Plano de disposición general”** adjunto en el documento **“Planos”**.

El programa permite dimensionar una nueva hélice en caso que se desee. Como se pretende aprovechar la hélice, se mantendrán fijos los datos introducidos referentes a las dimensiones de la hélice para que el programa no los calcule. Estos datos son el diámetro, el paso y el área de expansión de las palas.

La reductora, en cambio, sí que se dimensionará una nueva, ya que la relación no será la misma para la propulsión de turbina que para la propulsión con los motores eléctricos.

Cuando la entrada de datos está totalmente completa, se elige un método de predicción para el cálculo de la resistencia. Una vez completada la entrada de datos y seleccionado el método de predicción, se procederá al cálculo de la propulsión del buque.

Las mediciones y la introducción de los datos en el programa, se explicarán más explícitamente en el apartado **“2.2.1 Introducción de datos”** del documento **“Anexos”**.

## 6 ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES

Después de utilizar el software NavCad, se obtienen los resultados reflejados en los apartados **“2.1.3 Resultados”** y **“2.2.3 Resultados”** del documento **“Anexos”**, referentes al análisis de la resistencia y de la propulsión.

Analizando los resultados obtenidos, se tendrán en cuenta a la hora de elegir la planta propulsora los calculados para la velocidad de diseño, 19,5 nudos:

- 82 RPM de la hélice.
- La resistencia del casco desnudo (RBARE) es de 1576,06 kN.
- La resistencia de los apéndices (RAPP) es de 27,12 kN.
- La resistencia total (RTOTAL), resistencia al avance del casco más el timón y teniendo en cuenta el margen de mar, es de 1843,66 kN.
- La potencia efectiva (PEBARE), potencia necesaria que necesita el buque para avanzar teniendo en cuenta el casco es de 15810,5 kW.
- La potencia efectiva total (PETOTAL), potencia necesaria que necesita el buque para moverse a la velocidad de diseño, es de 18495,0 kW.
- La potencia al freno (PBPROP), potencia que debe entregar el motor en el acoplamiento, es de 26411,8 kW.

La siguiente gráfica muestra cómo cambia la resistencia total (RTOTAL) en función de la velocidad del buque. Para la velocidad de diseño, 19,5 nudos, la resistencia total rondaría los 1844 kN.

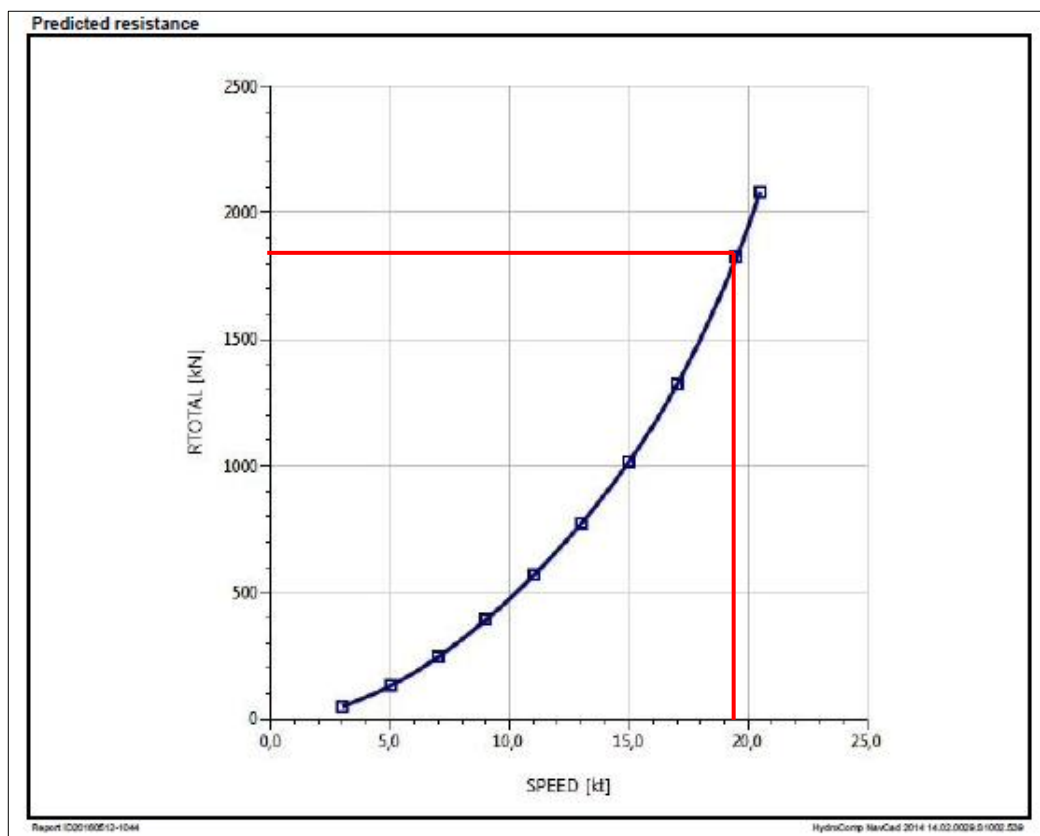


Ilustración 5 - Gráfica de la resistencia

En la siguiente gráfica se muestra la variación de la potencia al freno (PBPROP) en función de la velocidad del buque. Para la velocidad de diseño, 19,5 nudos, la potencia al freno sería de 26411,8 kW.

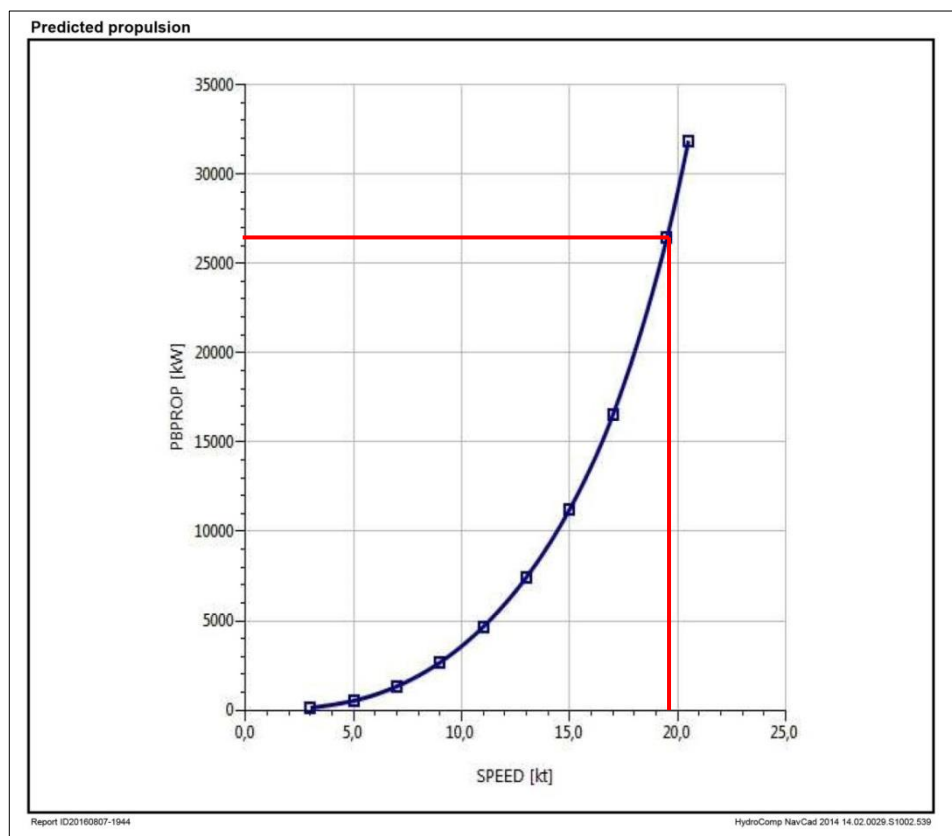


Ilustración 6 - Gráfica de la potencia

La potencia al freno, tiene aplicado un margen de mar del 15%. Se considerará que la potencia de 26.411,8 kW será al 90 % MCR, por lo tanto se buscará una planta propulsora que entregue, por lo menos, 29.347 kW al 100 % MCR. El objetivo es la elección de un sistema propulsivo sobredimensionado para poder responder ante las adversidades y al mismo tiempo tener una reserva de potencia.

Los grupos auxiliares del buque para la generación de energía eléctrica son dos turbogeneradores y un motor diésel de 3.510 kW cada uno. En la situación más desfavorable, con los dos turbogeneradores acoplados se abastece energía eléctrica suficiente para los sistemas del buque. El generador diésel está instalado para que, en caso de un fallo en los turbogeneradores, se arranque automáticamente y se acople a la red. Por lo tanto, se considerará una potencia a sustituir de 7.020 kW para la generación de energía eléctrica auxiliar.

Para la sustitución de la planta de vapor por la DFDE se calcula que se necesita una potencia total requerida de 36.367 kW como mínimo. Esta potencia viene dada por la suma de las potencias de la planta propulsora y la planta auxiliar.

### **6.1 Ventajas del sistema DFDE frente al sistema de turbinas convencional**

- Eficiencia térmica más elevada.
- Menor consumo.
- Mayor redundancia.
- Incremento de la capacidad de carga.
- Tripulación.
- Operación más sencilla.

- Consumo

El consumo es uno de los puntos fuertes del sistema DFDE. Las calderas del sistema de vapor tienen un elevado consumo. A pesar de las pérdidas eléctricas que pueden llegar a ser de hasta un 8%, desde el generador hasta el motor eléctrico, el sistema DFDE es mucho más eficiente que el sistema de turbina. La eficiencia térmica del motor dual consumiendo gas es aproximadamente de un 47%. Teniendo en cuenta las pérdidas en el sistema eléctrico desde el generador, el cuadro, los transformadores, el convertidor de frecuencia y el motor eléctrico, la eficiencia térmica del sistema se reduce hasta un 43.5 %. Además, con las pérdidas mecánicas de la reductora (1,5%) y de la línea de ejes (1%) la eficiencia térmica total del sistema DFDE es sobre un 42,5%. Comparando esto con un sistema de turbina convencional, que suele tener una eficiencia térmica del 30% o incluso menor, el ahorro en combustible es más que significativo. La reducción del consumo de combustible es del 30 al 40 %, el cual tiene un significativo impacto en el coste total del transporte del LNG.

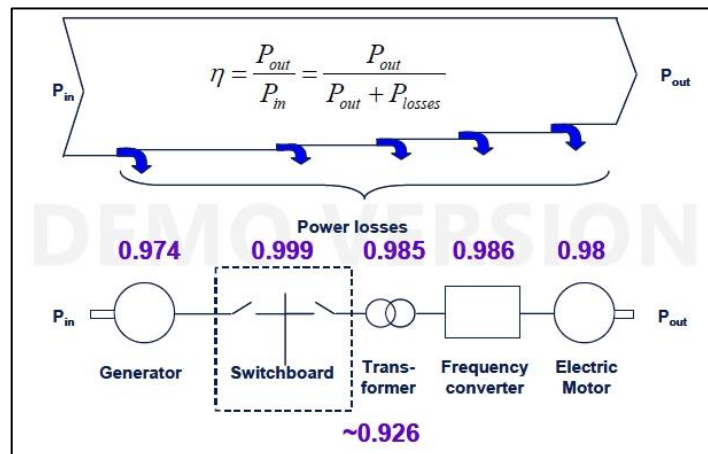


Ilustración 7 - Eficiencia sistema DFDE

- Configuración de la planta

Durante el viaje cargado y el viaje en lastre, la planta suministra energía para la propulsión, los servicios de carga y la acomodación. En puerto, la planta suministra energía para el sistema de carga y la acomodación.



La flexibilidad en la configuración de la planta, permite considerar múltiples opciones.

- Redundancia

La configuración de una planta DFDE consta con varios diésel-generadores, lo que hace que el buque este menos expuesto a que una avería lo deje sin gobierno o sin energía eléctrica. En el caso de que uno de los motores se averíe la velocidad del buque se podría ver afectada, pero en ningún caso se pondrá en peligro la operación del buque.

Un estudio llevado a cabo por la empresa ABB Marine, muestra la potencia propulsiva disponible para un DFDE LNG/C en caso de avería:

Failure leading to	Availability	Downtime per year
Less than 100% propulsion power available	99.941%	5.2 hours
Less than 75% propulsion power available	99.989%	1.0 hour
Less than 50% propulsion power available	99.999%	~0 hour

*Ilustración 8 - Disponibilidad de potencia en caso de avería*

- Incremento del espacio de carga

Varios estudios se han centrado en incrementar la capacidad de carga a partir del cambio al sistema propulsivo DFDE. Comparando el tamaño de una sala de máquinas de un LNG/C de vapor convencional con la de un DFDE LNG/C, se podría acortar la sala de máquinas y mover hacia popa el mamparo del tanque de carga nº4, haciendo la sala de máquinas más corta. Por otra parte, como el consumo del sistema DFDE es menor no se necesitan tantos tanques de combustible, por lo que se ahorraría espacio y peso adicional.

- Tripulación

Encontrar una tripulación debidamente formada para una planta DFDE es más fácil que para una planta de vapor. Los motores duales funcionan básicamente con los mismos principios que los motores diésel semirrápidos. El sistema dual fuel no es un sistema muy complicado de comprender y ha estado presente en el mundo marino en los últimos 20 años. Con un tiempo de *training*, la mayoría de los maquinistas deberían ser capaces de operar y mantener adecuadamente los motores duales.

El sistema eléctrico está compuesto por cuadros eléctricos, generadores, motores eléctricos y transformadores. Todos estos equipos son familiares para la mayoría de los maquinistas. Los convertidores de frecuencia sería la única nueva tecnología para ellos.

- Operación

La propulsión eléctrica facilita la operación de la planta, especialmente durante la maniobra del buque. Los motores eléctricos son fáciles de operar, y tanto la puesta en marcha como la parada es mucho más rápida que en una planta de vapor.

## 6.2 Soluciones propuestas

- 3 x 12V50DF + 1 x 6L50DF Wärtsilä

La primera solución propuesta es la instalación de tres motores duales en “V” modelo 12V50DF y un motor dual en línea de menor potencia modelo 6L50DF. La potencia total instalada sería de 39900 kW. En la “**Tabla 3**”, se representa un resumen de la potencia al 100% MCR de los dos tipos de motores elegidos, así como las RPM a dicha potencia.

MOTOR	POTENCIA [kW]	RPM
6L50DF	5700	500
12V50DF	11400	500
12V50DF	11400	500
12V50DF	11400	500
POT. TOTAL INSTALADA	39900	

*Tabla 3 - Resumen de la potencia 1ª solución*

En la “**Tabla 4**”, se representa la potencia disponible, el consumo de energía eléctrica para la propulsión y para los servicios auxiliares y la reserva de potencia disponible. Todos estos cálculos, son estimados a la velocidad de diseño, es decir, 19,5 nudos. La potencia disponible varía en función de los generadores en operación.

	Todos los generadores en operación	6L50DF parado	12V50DF parado
Potencia total disponible [kW]	39900	34200	28500
Potencia propulsiva[kW]	26412	26412	26412
Potencia eléc. auxiliar[kW]	1500	1500	1500
Reserva de potencia[kW]	11988	6288	588
Velocidad del buque[kn]	19,5	19,5	19,5

*Tabla 4 - Potencia disponible 1ª solución*

- 2 x 12V50DF + 2 x 8L50DF Wärtsilä

La segunda solución propuesta es la instalación de dos motores duales en “V” modelo 12V50DF y dos motores duales en línea de menor potencia

modelo 8L50DF. La potencia total instalada sería de 38000 kW. En la “**Tabla 5**”, se representa un resumen de la potencia al 100% MCR de los dos tipos de motores elegidos, así como las RPM a dicha potencia.

MOTOR	POTENCIA [kW]	RPM
8L50DF	7600	500
8L50DF	7600	500
12V50DF	11400	500
12V50DF	11400	500
POT. TOTAL INSTALADA	38000	

*Tabla 5 - Resumen de la potencia 2ª solución*

En la “**Tabla 6**”, se representa la potencia disponible, el consumo de energía eléctrica para la propulsión y para los servicios auxiliares y la reserva de potencia disponible. Todos estos cálculos, son estimados a la velocidad de diseño, es decir, 19,5 nudos. La potencia disponible varía en función de los generadores en operación.

	Todos los generadores en operación	8L50DF parado	12V50DF parado
Potencia total disponible [kW]	38000	30400	26600
Potencia propulsiva[kW]	26412	26412	26412
Potencia eléc. auxiliar[kW]	1500	1500	1500
Reserva de potencia[kW]	10088	2488	0
Velocidad del buque[kn]	19,5	19,5	19,5

*Tabla 6 - Potencia disponible 2ª solución*

## 7 RESULTADOS FINALES

La segunda solución propuesta es la elegida en este proyecto. Se opta por la instalación de una planta equipada con 4 diésel-generadores de la casa Wärtsilä. La disposición de la planta estará formada por dos diésel-generadores 12V50DF y dos diésel-generadores 8L50DF. La propulsión será realizada por dos motores eléctricos de media velocidad acoplados a una reductora, que mediante un eje de cola mueven la hélice de paso fijo. En la siguiente ilustración se representa un esquema general de la planta.

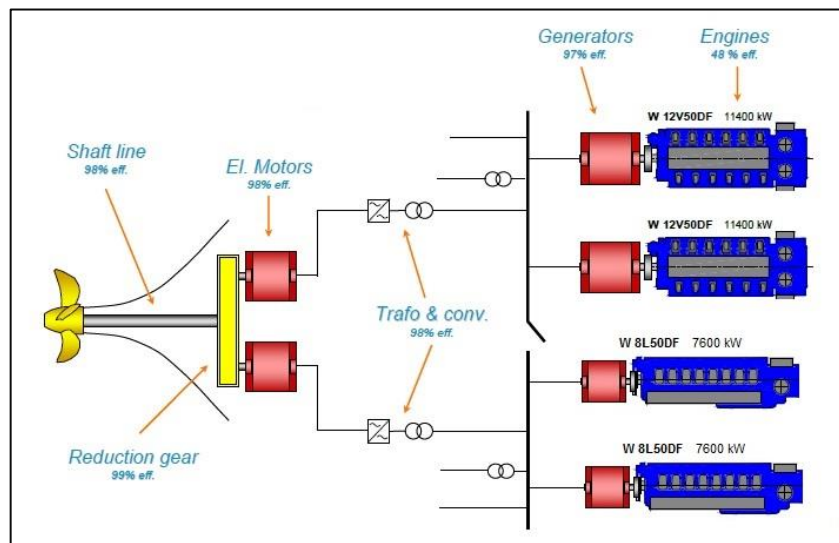


Ilustración 9 - Disposición planta propulsora DFDE

Las razones para la elección de este tipo de configuración de la planta DFDE son varias:

- La potencia total instalada sería de 38.000 kW, ajustándose más a la potencia total requerida de 36.367 kW que la primera solución propuesta.
- Un ahorro en kW instalados es un ahorro en costes.
- Este tipo de configuración es común en DFDE LNG/C, instalada en varios buques de conocidas navieras internacionales.

Esta configuración permite que uno de los generadores más pequeños quede en *Stand-by* cuando se navega a plena carga. Dependiendo de la velocidad y del programa de viaje del barco, puede ser posible desacoplar uno de los

generadores 12V50DF para su mantenimiento durante el viaje. Durante la carga, el generador 8L50DF será capaz de generar la energía eléctrica suficiente para abastecer a los consumidores cuando uno de los generadores 12V50DF necesita ser desacoplado para su mantenimiento o por alguna avería.

---

**“INGENIERÍA MARINA: PLANTA  
PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”**

---

**ANEXOS**

---

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y  
MÁQUINAS**

**FECHA: SEPTIEMBRE - 2016**

**AUTOR: El alumno**

**Fdo.: Pablo García Allegue**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA .....</b>	<b>4</b>
1.1	PROPUESTA DE TFG.....	4
1.2	DOCUMENTO DE LA HÉLICE.....	5
<b>2</b>	<b>CÁLCULOS.....</b>	<b>6</b>
2.1	RESISTENCIA AL AVANCE.....	6
2.1.1	INTRODUCCIÓN DE DATOS.....	6
2.1.2	CÁLCULO DE RESISTENCIA.....	18
2.1.3	RESULTADOS.....	21
2.2	PROPULSIÓN.....	26
2.2.1	INTRODUCCIÓN DE DATOS.....	26
2.2.2	CÁLCULO DE LA PROPULSIÓN.....	28
2.2.3	RESULTADOS.....	31



**ÍNDICE – ILUSTRACIONES**

<i>Ilustración 1 - Condition data</i> .....	6
<i>Ilustración 2 - Hull data</i> .....	9
<i>Ilustración 3 - Medición del área del bulbo</i> .....	11
<i>Ilustración 4 - Medición del ángulo de proa</i> .....	12
<i>Ilustración 5 - Gráfica para determinar la forma de la popa 1</i> .....	13
<i>Ilustración 6 - Gráfica para determinar la forma de la popa 2</i> .....	13
<i>Ilustración 7 - Datos introducidos del timón</i> .....	14
<i>Ilustración 8 - Sección de la pala del timón a 10700 mm</i> .....	15
<i>Ilustración 9 - Sección de la pala del timón a 300 mm</i> .....	16
<i>Ilustración 10 - Esquema del timón</i> .....	16
<i>Ilustración 11 - Environment data</i> .....	17
<i>Ilustración 12 - Margin</i> .....	17
<i>Ilustración 13 - Resistance mode</i> .....	18
<i>Ilustración 14 - Métodos de predicción para el cálculo de la resistencia</i> .....	19
<i>Ilustración 15 - Propulsor</i> .....	26
<i>Ilustración 16 - Propulsion mode</i> .....	28
<i>Ilustración 17 - Métodos de predicción para el cálculo de la propulsión</i> .....	29

# 1 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

## 1.1 Propuesta de TFG.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

### TRABAJO FIN DE GRADO

## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

631G02455 - TRABAJO FIN DE GRADO

D. FELIPE ANTELO GONZÁLEZ, en calidad de Director principal, autorizo al alumno D. PABLO GARCÍA ALLEGUE, con DNI Nº 48144202-L a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado titulado:

### “INGENIERÍA MARINA: PLANTA PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

SEPTIEMBRE - 2016

Fdo. El Director

Fdo. El Alumno

FELIPE ANTELO GONZÁLEZ

PABLO GARCÍA ALLEGUE

## 1.2 Documento de la hélice.

Información de la hélice obtenida gracias a la colaboración del Jefe de Máquinas del LNG/C Hispania Spirit, quien proporcionó cierta información sobre la hélice del LNG/C Cadiz Knutsen. La información facilitada es la siguiente:

- Diámetro: 8700 mm.
- Número de palas: 5.
- Paso: 8001 mm.
- Área de expansión de las palas: 0,7765
- Tipo de hélice: FPP (Fixed Pitch Propeller).

## 2 CÁLCULOS

### 2.1 Resistencia al avance.

#### 2.1.1 Introducción de datos.

Se procede a introducir los datos necesarios del casco y sus apéndices en las tablas:

- Condition data

Edit: Condition		
<b>Project</b>		
Project ID:	Cadiz Knutsen	
Description:		
<b>Summary</b>		
Scope:	ITTC-78 (CT)	▼
Configuration:	Monohull	▼
Chine type:	Round/multiple	▼
Length on WL:	264,844	m
Displacement:	95452,50	t
Propulsor type:	Propeller	▼
Count:	1	▼
<b>Water properties</b>		
Water type:	Salt	▼
Density:	1026,00	kg/m <sup>3</sup>
Viscosity:	1,18920e-6	m <sup>2</sup> /s
<b>Speeds</b>		
Speed [01]	3,00	kt
Speed [02]	5,00	kt
Speed [03]	7,00	kt
Speed [04]	9,00	kt
Speed [05]	11,00	kt
Speed [06]	13,00	kt
Speed [07]	15,00	kt
Speed [08]	17,00	kt
Speed [09]	19,50	kt
Speed [10]	20,50	kt
<b>Design condition</b>		
Design speed:	19,50	kt

Ilustración 1 - Condition data

### Project

Project ID: nombre dado al proyecto.

Description: descripción del proyecto.

### Summary

Scope: selección de la forma hidrodinámica del casco del buque, *Undefined*, *ITTC-78 (CT)* o *Planing*. Según se seleccione en este campo, se habilitaran unas ventanas para entrada de datos posteriormente. Se elige *ITTC-78 (CT)*.

Configuration: tipo de casco. *Monohull* o *Catamaran*. Se selecciona *Monohull*.

Chine type: parámetro utilizado para describir las formas del casco. *Round/multiple* o *Single/hard*. Se considera que el casco del buque tiene unas formas suaves y redondeadas, que favorecen hidrodinámicamente el avance del buque. Por lo tanto, se selecciona *Round/multiple*.

Length on WL: medida en el plano de disposición general del buque. 264,855 metros.

Displacement: para calcular el desplazamiento, primero se calcula el volumen de carena a partir de la siguiente ecuación:

$$Cb = \frac{\nabla}{L \times B \times T}$$

$C_b$ : coeficiente de bloque (0,725). Dado en el plano del timón.

$\nabla$ : volumen de carena

$L$ : eslora en la flotación (264,855 metros).

$B$ : manga en la flotación (42,5 metros).

$T$ : calado de diseño (11,4 metros).

Resolviendo la ecuación, el volumen de carena del buque da un resultado de 93.033,629 m<sup>3</sup>. Finalmente se calcula el desplazamiento del buque:

$$\Delta = \nabla \times \rho$$

$\Delta$ : desplazamiento.

$\nabla$ : volumen de carena.

$\rho$ : densidad del agua (1.026 kg/m<sup>3</sup>).

$$\Delta = 95.452,50 \text{ tn}$$

Propulsor type: tipo de propulsor del buque. Se selecciona *Propeller* entre las otras opciones disponibles: *SPP (Surface Piercing Propeller)*, *Waterjet*, o *Horizontal tow*.

Count: número de propulsores. Se selecciona uno.

### **Water properties**

Water type: de las cuatro opciones disponibles (*Salt*, *Fresh*, *Brackish* y *Custom*), las tres primeras dan unos valores fijos de densidad y viscosidad del fluido. La última, *Custom*, permite introducir un fluido diferente. Se selecciona la opción *Salt*, ya que el buque navegará en agua salada.

### **Speeds**

Hasta 10 velocidades se pueden introducir en esta tabla. El programa realizará cálculos de la resistencia y propulsión para cada una de estas velocidades.

### **Design condition**

Design speed: velocidad de diseño del buque. En este caso se mantendrá la velocidad de diseño que tiene el buque, 19,5 nudos.

- Hull data: en esta tabla se introducirán los datos referentes al casco del buque.

Hull		
Configuration:	Monohull	
Chine type:	Round/multiple	
General		
Length on WL:	264,844	m
Max beam on WL:	42,500	m
Max molded draft:	11,400	m
Displacement:	95452,50	t
Wetted surface:	13857,6	m <sup>2</sup>
Demi-hull spacing:		m
ITTC-78 (CT)		
LCB fwd TR:	132,422	m
LCF fwd TR:	132,422	m
Max section area:	480,1	m <sup>2</sup>
Waterplane area:	9108,1	m <sup>2</sup>
Bulb section area:	46,6	m <sup>2</sup>
Bulb ctr below WL:	4,700	m
Bulb nose fwd TR:	284,400	m
Imm transom area:	0,0	m <sup>2</sup>
Transom beam WL:	0,000	m
Transom immersion:	0,000	m
Half entrance angle:	22,00	deg
Bow shape factor:	-1,0	[BTK flow]
Stern shape factor:	-1,0	[BTK flow]

Ilustración 2 - Hull data

## Hull

Configuration: tipo de casco a ser analizado. *Monohull* o *Catamaran*. Se selecciona *Monohull*.

Chine type: parámetro utilizado para describir las formas del casco. *Round/multiple* o *Single/hard*. Se considera que el casco del buque tiene unas formas suaves y redondeadas, que favorecen hidrodinámicamente el avance del buque. Por lo tanto, se selecciona *Round/multiple*.

## General

Length on WL: medida en el plano de disposición general del buque. 264,855 metros.

Max beam on WL: máxima manga del buque medida en la línea de carga de verano. Se obtiene de las características generales del buque. 42,5 metros.

Max molded draft: calado de diseño del buque. Se obtiene de las características generales del buque. 11,4 metros.

Displacement: 95.452,50 toneladas.

Wetted surface: superficie mojada del casco, es decir, bajo la línea de flotación. NavCad calcula la superficie mojada mediante los diferentes métodos de predicción. Se elige el método *Holtrop*, ya que es el que mayor precisión ofrece según los datos introducidos. La superficie mojada calculada es de 13.857,6 metros cuadrados.

### ITTC-78 (CT)

Como anteriormente se seleccionó este método de cálculo, se habilita esta tabla donde se introducirán los datos requeridos.

LCB fwd TR: posición del centro de carena medido desde el espejo de popa hacia proa. Analizando el plano de formas y el plano de disposición general del buque se llega a la conclusión de que el centro de carena se puede considerar en el centro del buque, es decir, a la mitad de la eslora. 132,422 metros.

LCF fwd TR: posición del centro del área en la flotación medido desde el espejo de popa hacia proa. Como en la anterior situación, se decide considerar el centro del buque. 132,422 metros.

Max section area: área de la sección maestra. Se calcula a partir del coeficiente de sección maestra ( $C_m$ ), dado en el plano de formas del buque. Se obtiene un área de la sección maestra de 480,139 metros cuadrados.

$$C_m = \frac{A_m}{B \times T}$$

$$C_m = 0,991$$

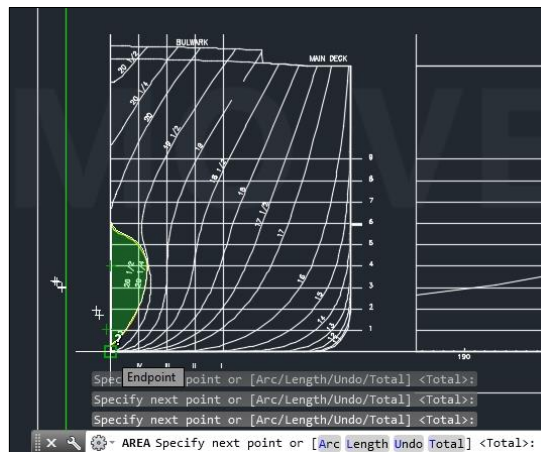
$$B \text{ (Manga en la flotación)} = 42,5 \text{ metros}$$



T (Calado de diseño) = 11,4 metros

Waterplane area: área en la flotación. NavCad calcula la superficie mojada mediante los diferentes métodos de predicción. Se elige el método *Series 60*, ya que es el que mayor precisión ofrece según los datos introducidos. El área en la flotación calculada es de 9.108,1 metros cuadrados.

Bulb section area: área del bulbo en sección. Se mide en el plano de formas del buque utilizando AutoCAD y el comando AREA. El área del bulbo da un resultado de 46,6 m<sup>2</sup>.



*Ilustración 3 - Medición del área del bulbo*

Bulb ctr bellow WL: distancia entre el centro del bulbo y la línea de flotación. Para conocer el centroide del área del bulbo, se utiliza el comando PROPFIS de AutoCAD. El centro del bulbo está 4,7 metros por debajo de la línea de flotación.

Bulb nose fwd TR: distancia entre el punto más a proa del bulbo y el espejo de popa. Medido en el Plano de disposición general del buque, utilizando AutoCAD. 284,4 metros.

Imm transom area: área sumergida del espejo de popa. El espejo de popa de este buque está por encima de la línea de flotación.

Transom beam WL: manga del espejo de popa sumergido, es decir, por debajo de la línea de flotación. 0 metros.

Transom immersion: calado del espejo de popa sumergido, es decir, por debajo de la línea de flotación. 0 metros.

Half entrance angle: ángulo de entrada de la proa del buque, medido entre la tangente del punto B/10 en la línea de flotación y la línea de crujía. El punto B/10 se encuentra a 4,25 metros de la línea de crujía, que es el 20% de la media manga.

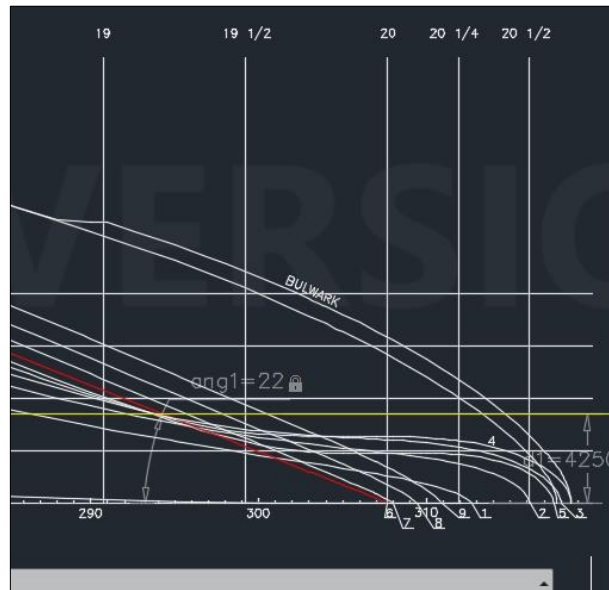


Ilustración 4 - Medición del ángulo de proa

En esta imagen, se puede ver una parte del plano de formas del buque, donde en rojo se marca la línea de agua correspondiente a la flotación. La línea amarilla representa el 10% de la manga. El ángulo formado, es de 22°.

Bow shape factor: parámetro usado para describir la forma de la proa en sección. El programa ofrece tres factores, -1 (forma en V), 0 (forma normal) y 1 (forma en U). Dado las formas afiladas del buque en la proa, se considera que el factor elegido es -1 (forma en V).

Stern shape factor: parámetro usado para describir la forma de la popa en sección. Para el cálculo de este parámetro, se utiliza una gráfica adjunta en la ayuda de NavCad.

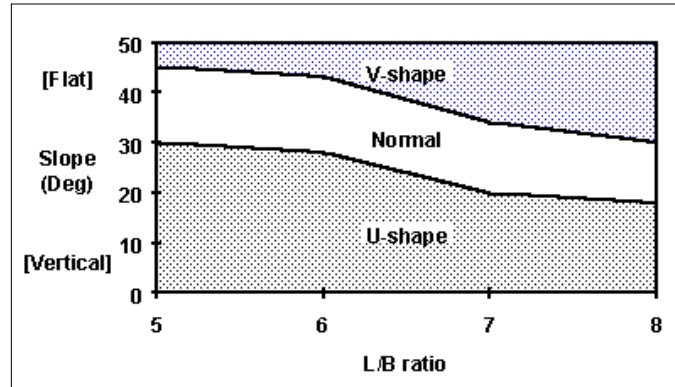


Ilustración 5 - Gráfica para determinar la forma de la popa 1

En el eje de ordenadas aparecen los grados de inclinación entre el casco del buque y la horizontal. Esta medida se deberá tomar a una distancia desde el espejo de popa de una décima parte de la eslora ( $E/10 = 264,855/10 = 26,5$ ), y al calado referente al eje de cola. La inclinación calculada en el plano de disposición general del buque, es de 45 grados.

En el eje de abscisas se refleja la relación entre la eslora y la manga. ( $L/B = 264,855/42,5 = 6,23$ ).

De esta manera el parámetro introducido en el programa será el correspondiente a la forma en V, es decir -1.

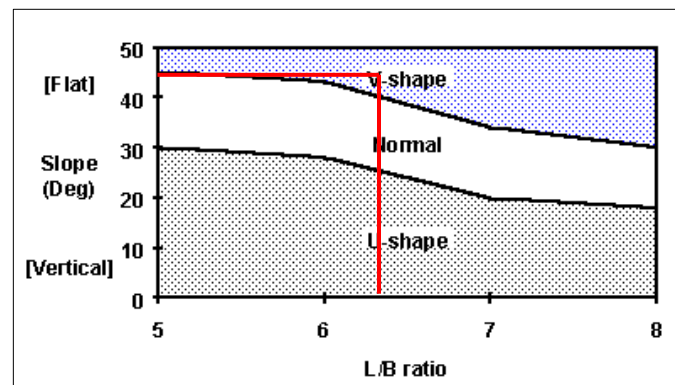


Ilustración 6 - Gráfica para determinar la forma de la popa 2

- Appendage data: en esta tabla se introducirán los datos para el cálculo de la resistencia al avance producida por los diferentes apéndices del casco, como pueden ser: el timón, arbotantes, quillas de balance, etc. Se puede elegir entre tres tipos diferentes de cálculo, *Percentage*, *Simple* o *Component*.

El sistema elegido será el *Component*. Pensando que será más preciso que el resto, ya que calcula de forma individual la resistencia al avance de cada apéndice. Como el buque no está equipado con quillas de balance, arbotantes, aletas estabilizadoras o toberas, sólo se introducirán los datos para el cálculo de la resistencia al avance del timón.

En la siguiente imagen, se pueden ver los datos introducidos:

Rudder		
Count:	1	
Rudder location:	Behind propeller	
Type:	Balanced foil	
Root chord:	7,562	m
Tip chord:	5,770	m
Span:	10,400	m
T/C ratio:	0,198	
LE sweep:	4,00	deg
Projected area:	58,8	m <sup>2</sup>
Wetted surface:	142,2	m <sup>2</sup>

Ilustración 7 - Datos introducidos del timón

Count: número de timones. El buque está equipado con un timón.

Rudder location: localización del timón. *Behind propeller* o *Free stream*. Se escoge la opción *Behind propeller*, ya que el timón está colocado detrás de la hélice.

Type: tipo de timón. El buque dispone de un timón semibalanceado, pero el programa sólo dispone de los siguientes tipos: *Balanced foil*, *Balanced plate*, *Aft of stern* o *Aft of skeg*. Se selecciona el tipo *Balanced foil*, ya que será el más aproximado para el cálculo.

Root chord: longitud de la cuerda del timón en su raíz. Calculada sobre el plano del timón, 7,562 m.

Tip chord: longitud de la cuerda del timón en su extremo. Calculada sobre el plano del timón, 5,770 m.

Span: altura del timón. Calculada sobre el plano del timón, 10,400 m.

T/C ratio: relación entre el espesor y la cuerda del timón (*thickness/chord*). Para calcular esta relación se utiliza el plano del timón, dónde se muestran secciones del timón a diferentes alturas. Se calcula el T/C ratio en la raíz y en la punta o extremo del timón, posteriormente se hace una media de ambos para obtener un T/C ratio medio.

- T/C ratio de la sección de la raíz del timón:

Thickness = 1577 mm

Chord = 4615 + 2947 = 7562 mm

T/C ratio = 0,2085



Ilustración 8 - Sección de la pala del timón a 10700 mm

- T/C ratio de la sección de la punta del timón:

Thickness = 1082 mm

Chord = 4040 + 1730 = 5770 mm

T/C ratio = 0,1875

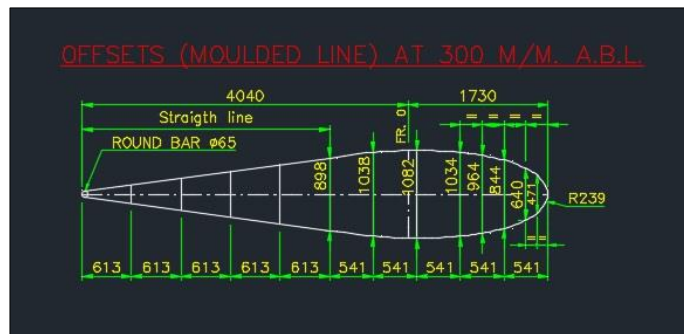


Ilustración 9 - Sección de la pala del timón a 300 mm

T/C ratio medio = 0,1980

LE sweep: ángulo medido entre la vertical y el ángulo de ataque del timón.

Calculado sobre el plano del timón, dando un resultado de 4°.

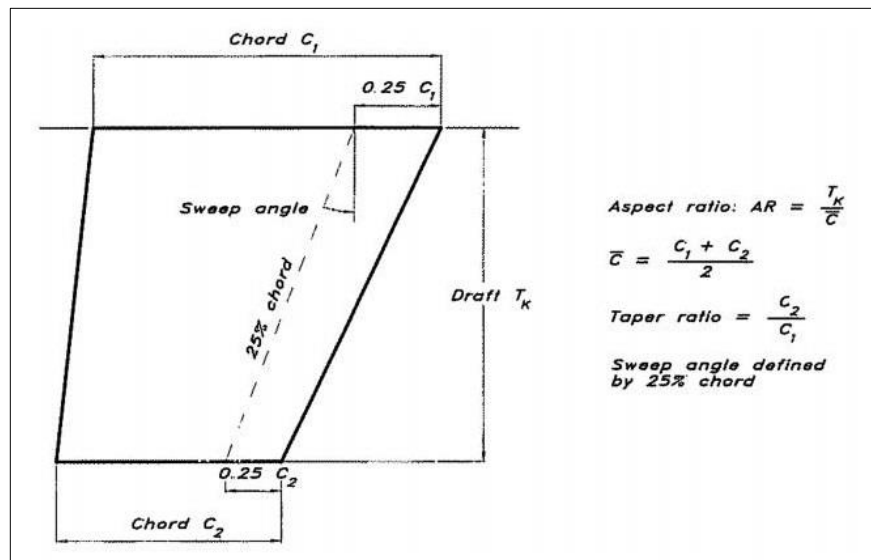


Ilustración 10 - Esquema del timón

Projected area: área del perfil del timón visto desde un costado. El programa deja elegir entre introducirla manualmente o calcularla automáticamente con los datos introducidos de altura y cuerda. Se escoge introducir el área manualmente, ya que se dispone del área del timón. Este dato aparece en el “Plano del timón 1” adjunto en el documento “Planos”. Área del timón 58,84 m<sup>2</sup>.

Wetted surface: superficie mojada del timón. El programa permite introducir este parámetro manualmente o lo calcula automáticamente con

los datos introducidos de cuerda, altura y grosor del timón. Se escoge que el programa calcule este parámetro dando un resultado de 142,2 m<sup>2</sup>.

- Environment data. En esta tabla se introducen los datos referentes a los vientos y el estado del mar. En este proyecto se ha decidido no utilizar este tipo de cálculo y se ha aplicado un margen de mar del 15% sobre la resistencia total al avance del buque y sus apéndices.

Edit: Environment		
<b>Wind</b>		
Wind speed:	0,00	kt
Angle off bow:	0,00	deg
Gradient correction:	Off	
<b>Exposed hull</b>		
Transverse area:	0,000	ft <sup>2</sup>
VCE above WL:	0,00	ft
Profile area:	0,000	ft <sup>2</sup>
<b>Superstructure</b>		
Superstructure shape:	Cargo ship	
Transverse area:	0,000	ft <sup>2</sup>
VCE above WL:	0,00	ft
Profile area:	0,000	ft <sup>2</sup>
<b>Seas</b>		
Significant wave ht:	0,00	ft
Modal wave period:	0,0	sec
<b>Shallow/channel</b>		
Water depth:	0,00	ft
Type:	Shallow water	
Channel width:		ft
Channel side slope:		deg
Hull girth:		ft

Ilustración 11 - Environment data

- Margin. En esta tabla se elegirá si se desea aplicar un margen de mar y en su caso de cuánto. Como ya se ha explicado antes, se aplicará un margen de mar del 15% sobre la resistencia total al avance del buque y sus apéndices.

Edit: Margin		
<b>Margin</b>		
Design margin:	15	%
Basis:	Hull + added dr...	

Ilustración 12 - Margin

Una vez finalizado, se procederá a calcular la resistencia al avance del buque.

### 2.1.2 Cálculo de resistencia.

Para desarrollar el cálculo de la resistencia, se selecciona la pestaña de *Resistance Mode*. Los principales ajustes para el cálculo de la resistencia están dispuestos en una tabla como en la siguiente imagen:

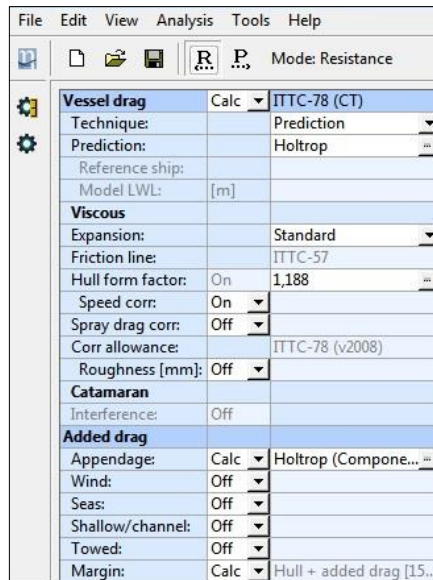


Ilustración 13 - Resistance mode

#### Vessel drag

Vessel drag: control principal sobre el cálculo de resistencia del casco. Entre las opciones posibles están: *Off*, *Calc* y *Lock*. Se selecciona *Calc*.

Technique: tipo de cálculo de la resistencia. Entre las opciones posibles están *Prediction*, *Aligned prediction*, *Scale from test* y *Defined*. Seleccionando *Prediction*, el software calculará la resistencia utilizando métodos de predicción.

Prediction: de los diferentes métodos de predicción como *Series 60*, *Holtrop*, *Andersen* o *Denny*, el método *Holtrop* es el que da una mayor precisión con los datos introducidos al programa. Por lo tanto se elige el método *Holtrop* para el cálculo de la resistencia.



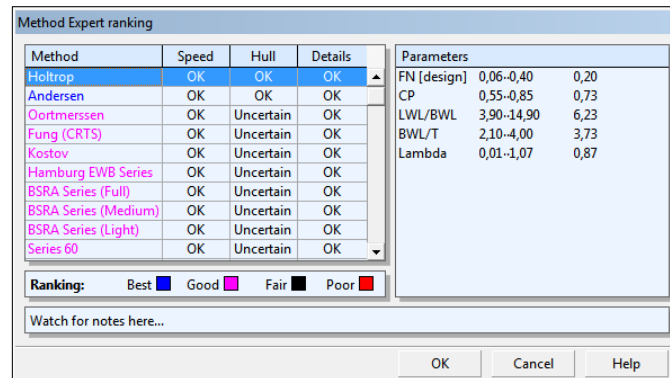


Ilustración 14 - Métodos de predicción para el cálculo de la resistencia

## Viscous

Expansion: selección de una expansión de la resistencia viscosa, *Standard* o *Custom*. Se elige *Standard*.

Friction line: *ITTC-57*.

Hull form factor: factor de forma del casco. Al elegir el método *Holtrop* para el cálculo de la resistencia, el programa genera automáticamente un coeficiente para el factor de forma del casco, 1,188.

Speed corr: corrección del factor de forma basada en la velocidad. Para una mayor precisión en el cálculo de la resistencia se selecciona *On*.

Spray drag corr: aplicación de una resistencia añadida debida al spray. Se elige la opción *Off*.

Corr allowance: *ITTC-78 (v2008)*.

Roughness (mm): rugosidad del casco. Se selecciona *Off*.

## Catamaran

Interference: en caso de que el buque fuera un catamarán, se activaría este recuadro para mejorar la predicción del cálculo.

**Added drag**

Appendage: cálculo de la resistencia añadida por los apéndices. Se selecciona *On*.

Wind: cálculo de la resistencia añadida por el viento. Se selecciona *Off*.

Seas: cálculo de la resistencia añadida por las olas. Se selecciona *Off*.

Shallow/Channel: cálculo de la resistencia en canal de experiencias. Se selecciona *Off*.

Margin: cálculo del margen de mar añadido. Se selecciona *On*.

Tanto la resistencia aerodinámica como la resistencia por las olas no serán calculadas, ya que se tiene en cuenta un margen de mar del 15% y se considera que ya están incluidas en este margen.

### 2.1.3 Resultados.

<b>Resistance</b>		Project ID	Cadiz Knutsen						
7 ago 2016 07:41		Description							
HydroComp NavCad 2014		File name	Cadiz Knutsen.hcnc						
<b>Analysis parameters</b>									
<b>Vessel drag</b>			<b>Added drag</b>						
Technique:	ITTC-78 (CT)		Appendage:	[Calc] Holtrop (Component)					
Prediction:	[Calc] Prediction		Wind:	[Off]					
Reference ship:	Holtrop		Seas:	[Off]					
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]					
Expansion:	Standard		Towed:	[Off]					
Friction line:	ITTC-57		Margin:	[Calc] Hull + added drag [15%]					
Hull form factor:	[On] 1,188		<b>Water properties</b>						
Speed corr:	[On]		Water type:	Salt					
Spray drag corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3					
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s					
Roughness [mm]:	[Off]								
<b>Prediction method check [Holtrop]</b>									
Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda				
Value	0,20	0,73	6,23	3,73	0,87				
Range	0,06-0,40	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00	0,01-1,07				
<b>Prediction results</b>									
SPEED COEFS			ITTC-78 COEFS						
SPEED [kt]	FN	FV	RN	CF	[CTLT/CF]	CR	dCF	CA	CT
3,00 !	0,030	0,073	3,44e8	0,001756	1,188	0,000070	0,000000	0,000419	0,002575
5,00 !	0,050	0,122	5,73e8	0,001642	1,188	0,000086	0,000000	0,000384	0,002422
7,00	0,071	0,171	8,02e8	0,001573	1,188	0,000088	0,000000	0,000353	0,002310
9,00	0,091	0,220	1,03e9	0,001525	1,188	0,000087	0,000000	0,000326	0,002224
11,00	0,111	0,268	1,26e9	0,001488	1,188	0,000086	0,000000	0,000301	0,002154
13,00	0,131	0,317	1,49e9	0,001458	1,187	0,000090	0,000000	0,000280	0,002100
15,00	0,151	0,366	1,72e9	0,001433	1,186	0,000115	0,000000	0,000261	0,002075
17,00	0,172	0,415	1,95e9	0,001411	1,184	0,000181	0,000000	0,000243	0,002095
+ 19,50 +	0,197	0,476	2,23e9	0,001389	1,181	0,000341	0,000000	0,000223	0,002203
20,50	0,207	0,500	2,35e9	0,001380	1,179	0,000432	0,000000	0,000216	0,002274
RESISTANCE									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RTOWED [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	
3,00 !	43,59	0,84	0,00	0,00	0,00	6,66	6,66	51,09	
5,00 !	113,91	2,17	0,00	0,00	0,00	17,41	17,41	133,49	
7,00	212,97	4,05	0,00	0,00	0,00	32,55	32,55	249,58	
9,00	338,94	6,47	0,00	0,00	0,00	51,81	51,81	397,22	
11,00	490,43	9,39	0,00	0,00	0,00	74,97	74,97	574,79	
13,00	667,74	12,80	0,00	0,00	0,00	102,08	102,08	782,62	
15,00	878,39	16,69	0,00	0,00	0,00	134,26	134,26	1029,34	
17,00	1139,20	21,04	0,00	0,00	0,00	174,04	174,04	1334,28	
+ 19,50 +	1576,06	27,12	0,00	0,00	0,00	240,48	240,48	1843,66	
20,50	1798,16	29,75	0,00	0,00	0,00	274,19	274,19	2102,10	
EFFECTIVE POWER									
SPEED [kt]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]	CTLR	CTLT	RBARE/W				
3,00 !	67,3	78,9	0,00138	0,05078	0,00005				
5,00 !	293,0	343,4	0,00171	0,04777	0,00012				
7,00	766,9	898,8	0,00174	0,04557	0,00023				
9,00	1569,3	1839,1	0,00172	0,04387	0,00036				
11,00	2775,3	3252,7	0,00170	0,04249	0,00052				
13,00	4465,7	5234,0	0,00177	0,04142	0,00071				
15,00	6778,2	7943,1	0,00227	0,04093	0,00094				
17,00	9962,9	11669,0	0,00357	0,04133	0,00122				
+ 19,50 +	15810,5	18495,0	0,00672	0,04345	0,00168				
20,50	18963,6	22168,9	0,00852	0,04486	0,00192				

Report ID20160807-1941

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

**Resistance**

7 ago 2016 07:41

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Cadiz Knutsen**

Description

File name **Cadiz Knutsen.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>264,844 m</b>	LCG fwd TR:	<b>0,000 m</b> [XCG/LP 0,000]
Max beam on WL:	[LWL/BWL 6,232] <b>42,500 m</b>	VCG below WL:	<b>0,000 m</b>
Max molded draft:	[BWL/T 3,728] <b>11,400 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement:	[CB 0,725] <b>95452,50 t</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface:	[CS 2,792] <b>13857,6 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:	[XCB/LWL 0,500] <b>132,422 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] <b>132,422 m</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Max section area:	[CX 0,991] <b>480,1 m2</b>	Chine beam:	<b>0,000 m</b>
Waterplane area:	[CWP 0,809] <b>9108,1 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>46,6 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>4,700 m</b>	Max prop diameter:	<b>8700,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>284,400 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] <b>0,0 m2</b>	Position fwd TR:	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] <b>0,000 m</b>	Position below WL:	<b>0,000 m</b>
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] <b>0,000 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>22,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

Report ID20160807-1941

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

**Resistance**

7 ago 2016 07:41

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Cadiz Knutsen**

Description

File name **Cadiz Knutsen.hcnc****Appendage data**

<b>General</b>		<b>Skeg/Keel</b>	
Definition:	<b>Component</b>	Count:	<b>0</b>
Percent of hull drag:	<b>2,00 %</b>	Type:	<b>Skeg</b>
<b>Planing influence</b>		Mean length:	<b>0,000 m</b>
LCE fwd TR:	<b>0,000 m</b>	Mean width:	<b>0,000 m</b>
VCE below WL:	<b>0,000 m</b>	Height aft:	<b>0,000 m</b>
<b>Shafting</b>		Height mid:	<b>0,000 m</b>
Count:	<b>1</b>	Height fwd:	<b>0,000 m</b>
Max prop diameter:	<b>8700,0 mm</b>	Projected area:	<b>0,0 m2</b>
Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>	Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>
Exposed shaft length:	<b>0,000 m</b>	<b>Stabilizer</b>	
Shaft diameter:	<b>0,000 m</b>	Count:	<b>0</b>
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>	Root chord:	<b>0,000 m</b>
Strut bossing length:	<b>0,000 m</b>	Tip chord:	<b>0,000 m</b>
Bossing diameter:	<b>0,000 m</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>	T/C ratio:	<b>0,000</b>
Hull bossing length:	<b>0,000 m</b>	LE sweep:	<b>0,00 deg</b>
Bossing diameter:	<b>0,000 m</b>	Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>	Projected area:	<b>0,0 m2</b>
<b>Strut (per shaft line)</b>		Dynamic multiplier:	<b>1,00</b>
Count:	<b>0</b>	<b>Bilge keel</b>	
Root chord:	<b>0,000 m</b>	Count:	<b>0</b>
Tip chord:	<b>0,000 mm</b>	Mean length:	<b>0,000 m</b>
Span:	<b>0,000 m</b>	Mean base width:	<b>0,000 m</b>
T/C ratio:	<b>0,000</b>	Mean projection:	<b>0,000 m</b>
Projected area:	<b>0,0 m2</b>	Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>
Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>	<b>Tunnel thruster</b>	
Exposed palm depth:	<b>0,000 m</b>	Count:	<b>0</b>
Exposed palm width:	<b>0,000 m</b>	Diameter:	<b>0,000 m</b>
<b>Rudder</b>		<b>Sonar dome</b>	
Count:	<b>1</b>	Count:	<b>0</b>
Rudder location:	<b>Behind propeller</b>	Wetted surface:	<b>0,0 m2</b>
Type:	<b>Balanced foil</b>	<b>Miscellaneous</b>	
Root chord:	<b>7,562 m</b>	Count:	<b>0</b>
Tip chord:	<b>5,770 m</b>	Drag area:	<b>0,0 m2</b>
Span:	<b>10,400 m</b>	Drag coef:	<b>0,00</b>
T/C ratio:	<b>0,198</b>		
LE sweep:	<b>4,00 deg</b>		
Projected area:	<b>58,8 m2</b>		
Wetted surface:	<b>142,2 m2</b>		

**Environment data**

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

Report ID20160807-1941

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029 S1002.539

**Resistance**

7 ago 2016 07:41

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Cadiz Knutsen**

Description

File name **Cadiz Knutsen.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

Report ID20160807-1941

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

**Resistance**

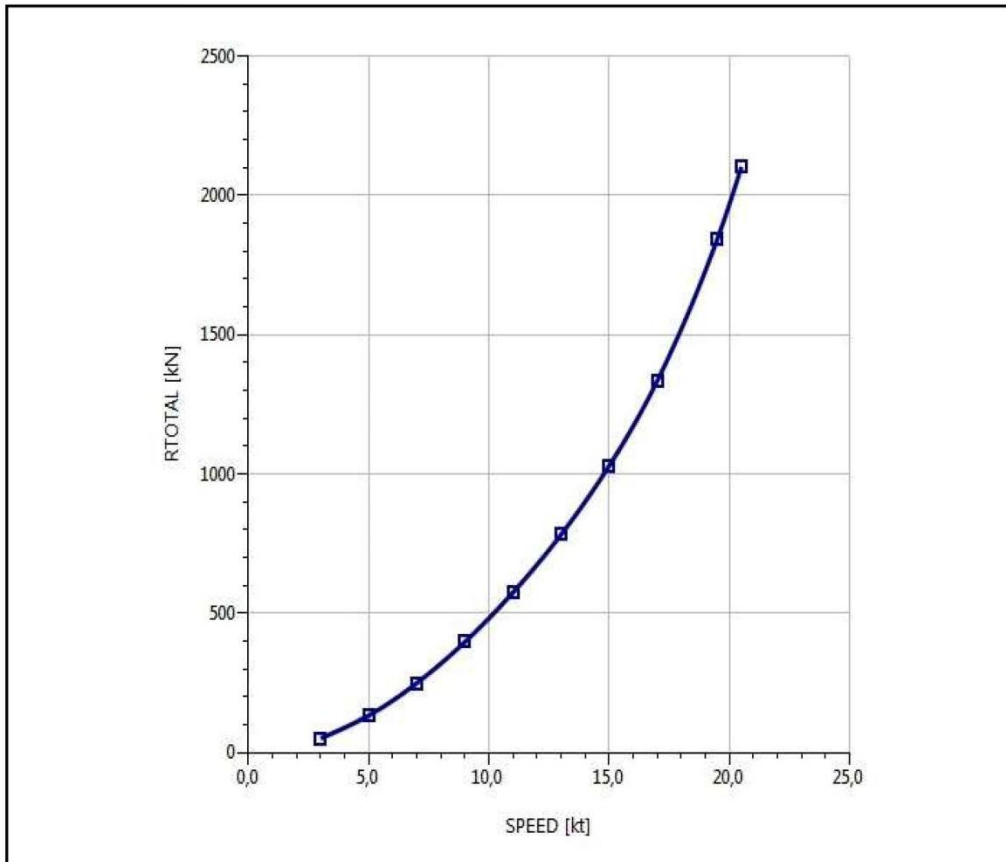
7 ago 2016 07:43  
HydroComp NavCad 2014

Project ID **Cadiz Knutsen**  
Description  
File name **Cadiz Knutsen.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:		Standard		Towed:	[Off]
Friction line:		ITTC-57		Margin:	[Calc] Hull + added drag [15%]
Hull form factor:	[On]	1,188		Water properties	
Speed corr:	[On]			Water type:	Salt
Spray drag corr:	[Off]			Density:	1026,00 kg/m3
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Roughness [mm]:	[Off]				

**Predicted resistance**



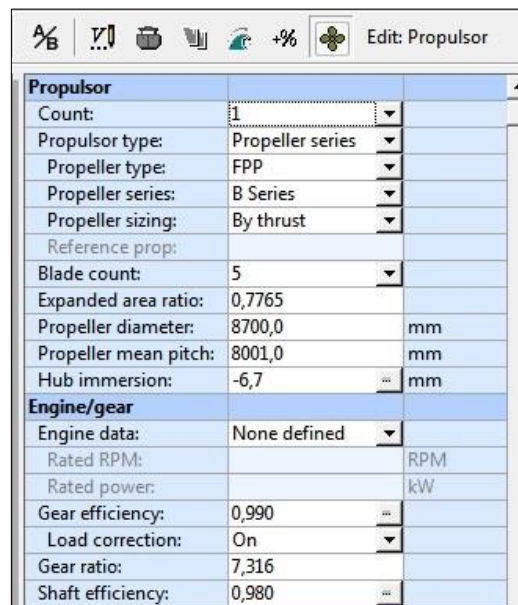
Report ID20160807-1943

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

## 2.2 Propulsión.

### 2.2.1 Introducción de datos.

Se procede a la introducción de la información necesaria referente al propulsor.



Propulsor	
Count:	1
Propulsor type:	Propeller series
Propeller type:	FPP
Propeller series:	B Series
Propeller sizing:	By thrust
Reference prop:	
Blade count:	5
Expanded area ratio:	0,7765
Propeller diameter:	8700,0 mm
Propeller mean pitch:	8001,0 mm
Hub immersion:	-6,7 mm
Engine/gear	
Engine data:	None defined
Rated RPM:	RPM
Rated power:	kW
Gear efficiency:	0,990
Load correction:	On
Gear ratio:	7,316
Shaft efficiency:	0,980

Ilustración 15 - Propulsor

### Propulsor

Count: número de propulsores. El buque está equipado con 1 propulsor.

Propulsor type: tipo de propulsor. El programa da a elegir entre los siguientes tipos: *Propeller series*, *Aligned series*, *KTKQ data* or *Waterjet data*. Se escoge *Propeller series*.

Propeller type: el programa permite escoger entre los diferentes tipos de hélices, *FPP (fixed-pitch propeller)*, *CPP (controllable-pitch propeller)* or *CRP (Simple) (contra-rotating propeller)*. Como la hélice del buque es de paso fijo, se selecciona *FPP*.

Propeller series: diferentes tipos de hélices de paso fijo. Entre ellos todos ellos se escoge el tipo *B Series*.

Propeller sizing: los parámetros de la hélice pueden ser dimensionados basándose en uno de estos métodos - *No sizing*, *By power*, *By thrust*, o *By total drag*. El método apropiado para este proyecto es *By thrust*.



Blade count: número de palas de la hélice, 5 palas.

Expanded área ratio: área de expansión de las palas de la hélice. El área de expansión es de 0,7765.

Propeller diameter: diámetro de la hélice. El diámetro total de la hélice es de 8,700 mm.

Propeller mean pitch: paso de la hélice. El paso de la hélice es de 8,001 mm.

Hub immersion: distancia vertical al eje de la hélice desde la línea de agua. Esta distancia es calculada en el plano de disposición general del buque dando 6,7 m.

### **Engine/gear**

Engine data: esta opción habilita la entrada de los datos de un motor principal (proporcionados por el fabricante del motor). El programa tiene dos opciones - *None defined* y *Click to define*. Se escoge *None defined*, aún se está calculando la potencia y no se conoce información alguna del motor principal.

Gear efficiency: eficiencia mecánica de la reductora. Después de buscar información y contrastar diferentes documentos, se decide introducir un rendimiento del 99%. Obviamente este dato es aproximado, una estimación para realizar el cálculo de la potencia.

Load correction: corrección para simular una reducción de la eficiencia de la reductora a baja carga y a bajas RPM. Se selecciona *ON*, para que el cálculo de potencia sea más real.

Gear ratio: relación de reducción de la reductora. El programa dimensiona la reductora cuando se realiza el cálculo de potencia, en función de la velocidad de salida del motor. La velocidad de los motores eléctricos pensados para este proyecto, es de 600 rpm. Por lo tanto se introduce en el programa estas revoluciones para el cálculo de la reductora.

Shaft efficiency: eficiencia mecánica del eje. Se introduce un rendimiento del eje de 98%. Igual que en el caso de la reductora, es una estimación aproximada.

## 2.2.2 Cálculo de la propulsión.

Para desarrollar el cálculo de la propulsión, se selecciona la pestaña de *Propulsion Mode*. Los principales ajustes para el cálculo de la propulsión están dispuestos en una tabla como en la siguiente imagen:

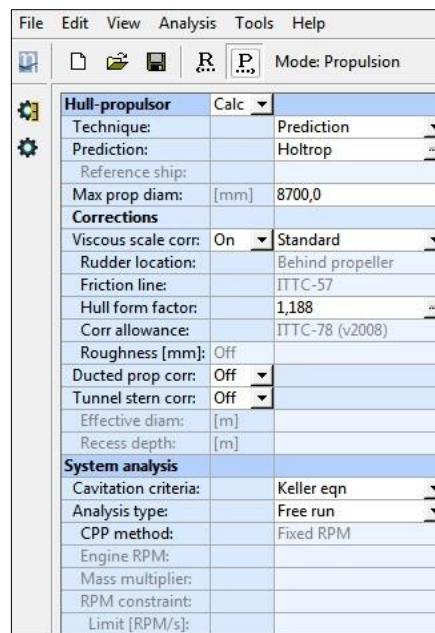


Ilustración 16 - Propulsion mode

### Hull-propulsión

Hull-propulsión: en esta pestaña, está el control principal sobre el cálculo de la propulsión. Entre las opciones posibles están: *Off*, *Calc* y *Lock*. Se selecciona *Calc*.

Technique: tipo de cálculo de la propulsión. Entre las opciones posibles están *Prediction*, *Aligned prediction*, *Scale from test* y *Defined*. Seleccionando *Prediction*, el software calculará la resistencia utilizando métodos de predicción.

Prediction: de los diferentes métodos de predicción como *Series 60*, *Holtrop*, *Andersen* o *Denny*, el método *Holtrop* es el que da una mayor precisión con los datos introducidos al programa. Por lo tanto se elige el método *Holtrop* para el cálculo de la propulsión.

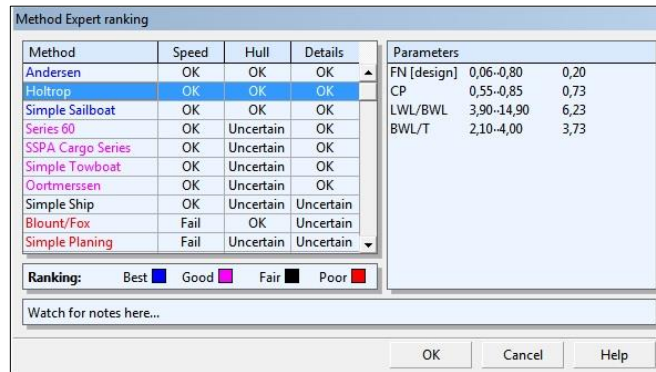


Ilustración 17 - Métodos de predicción para el cálculo de la propulsión

Max prop diam: el diámetro máximo de proyecto de la hélice. El diámetro máximo se obtiene de la información obtenida de la hélice, 8700 mm.

## Corrections

Viscous scale corrections: corrección en la predicción del *Wake fraction* por diferencias viscosas, se puede seleccionar entre una configuración *Standard* o *Custom*. Seleccionando *Standard*, se aplicará una corrección basada en las recomendaciones de ITTC.

Rudder location: situación del timón. Se selecciona *Behind propeller*.

Friction line: *ITTC-57*.

Hull form factor: factor de forma del casco. Al elegir el método *Holtrop* para el cálculo de la resistencia, el programa genera automáticamente un coeficiente para el factor de forma del casco, 1,188.

Corr allowance: *ITTC-78 (v2008)*.

Roughness: rugosidad del casco. Se selecciona *Off*.

Ducted corr prop: corrección en la predicción del *Wake fraction* para hélices con toberas. Se selecciona *Off*.

Tunnel stern corr: corrección en la predicción del *Wake fraction* para popas con forma de túnel, también conocidas como “Propeller pockets”. Es típico en embarcaciones pequeñas de gran velocidad. Se selecciona *Off*.

### 2.2.3 Resultados.

<b>Propulsion</b>		Project ID	Cadiz Knutsen						
9 ago 2016 09:32		Description							
HydroComp NavCad 2014		File name	Cadiz Knutsen.hcnc						
<b>Analysis parameters</b>									
<b>Hull-propulsor interaction</b>		<b>System analysis</b>							
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn						
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run						
Reference ship:		CPP method:							
Max prop diam:	8700,0 mm	Engine RPM:							
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:							
Viscous scale corr:	[On] Standard	RPM constraint:							
Rudder location:	Behind propeller	Limit [RPM/s]:							
Friction line:	ITTC-57	<b>Water properties</b>							
Hull form factor:	1,188	Water type:	Salt						
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)	Density:	1026,00 kg/m3						
Roughness [mm]:	[Off] 0,00	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s						
Ducted prop corr:	[Off]								
Tunnel stern corr:	[Off]								
Effective diam:									
Recess depth:									
<b>Prediction method check [Holtrop]</b>									
Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T					
Value	0,20	0,73	6,23	3,73					
Range	0,06-0,80	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00					
<b>Prediction results [System]</b>									
	HULL-PROPULSOR				ENGINE				
SPEED [kt]	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	FUEL [L/h]	LOADENG [%]	
3,00 !	78,9	0,3115	0,1773	1,0006	97	134,0	---	0,0	
5,00 !	343,4	0,3115	0,1773	1,0006	158	533,1	---	0,0	
7,00	898,8	0,3088	0,1773	1,0006	218	1337,3	---	0,0	
9,00	1839,1	0,3069	0,1773	1,0006	278	2676,5	---	0,0	
11,00	3252,7	0,3055	0,1773	1,0006	337	4669,2	---	0,0	
13,00	5234,0	0,3044	0,1773	1,0006	395	7444,8	---	0,0	
15,00	7943,1	0,3035	0,1773	1,0006	455	11242,8	---	0,0	
17,00	11669,0	0,3027	0,1773	1,0006	517	16519,7	---	0,0	
+ 19,50 +	18495,0	0,3018	0,1773	1,0006	602	26411,8	---	0,0	
20,50	22168,9	0,3015	0,1773	1,0006	639	31858,5	---	0,0	
<b>POWER DELIVERY</b>									
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kW]	QENG [kW]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP	
3,00 !	13	81,31	11,11	112,3	114,6	114,6	134,0	---	
5,00 !	22	213,36	29,17	482,0	491,8	491,8	533,1	---	
7,00	30	400,55	54,75	1250,7	1276,3	1276,3	1337,3	---	
9,00	38	639,63	87,43	2542,0	2593,8	2593,8	2676,5	---	
11,00	46	928,19	126,88	4470,3	4561,5	4561,5	4669,2	---	
13,00	54	1266,74	173,16	7161,9	7308,0	7308,0	7444,8	840,9	
15,00	62	1668,10	228,02	10850,1	11071,6	11071,6	11242,8	642,5	
17,00	71	2161,04	295,41	15980,4	16306,5	16306,5	16519,7	495,6	
+ 19,50 +	82	2974,88	406,65	25607,7	26130,3	26130,3	26411,8	355,5	
20,50	87	3383,84	462,56	30909,1	31539,9	31539,9	31858,5	309,9	
<b>EFFICIENCY</b>									
SPEED [kt]	EFFO	EFFG	EFFOA	MERIT	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
3,00 !	0,5873	0,8548	0,6882	0,55771	62,10	51,09			
5,00 !	0,5958	0,9226	0,6982	0,54872	162,25	133,49			
7,00	0,6033	0,9543	0,7042	0,54056	303,35	249,57			
9,00	0,6091	0,9691	0,7090	0,53406	482,82	397,22			
11,00	0,6138	0,9769	0,7131	0,52861	698,65	574,79			
13,00	0,6175	0,9816	0,7162	0,52422	951,27	782,62			
15,00	0,6194	0,9848	0,7174	0,52193	1251,15	1029,34			
17,00	0,6185	0,9871	0,7156	0,52299	1621,79	1334,27			
+ 19,50 +	0,6125	0,9893	0,7078	0,5301	2240,94	1843,65			
20,50	0,6085	0,9900	0,7029	0,53469	2555,07	2102,10			

**Propulsion**

9 ago 2016 09:32

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Cadiz Knutsen**

Description

File name **Cadiz Knutsen.hcnc**

**Prediction results [Propulsor]**

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
3,00 !	0,5553	0,2184	0,03287	0,70835	0,19197	1,8038	3,0695	1,14e7	
5,00 !	0,5659	0,2133	0,03224	0,66608	0,17792	1,6962	2,8449	1,8e7	
7,00	0,5753	0,2087	0,03167	0,6305	0,16632	1,6055	2,6595	2,58e7	
9,00	0,5828	0,2051	0,03123	0,6038	0,15777	1,5376	2,5227	3,28e7	
11,00	0,5889	0,2020	0,03085	0,5825	0,15104	1,4833	2,4151	3,98e7	
13,00	0,5939	0,1996	0,03055	0,56602	0,14588	1,4413	2,3326	4,67e7	
15,00	0,5964	0,1984	0,03040	0,55766	0,14329	1,4201	2,2912	5,38e7	
17,00	0,5952	0,1989	0,03047	0,5615	0,14448	1,4298	2,3102	6,11e7	
+ 19,50 +	0,5873	0,2029	0,03095	0,58824	0,15285	1,4979	2,444	7,11e7	
20,50	0,5820	0,2054	0,03127	0,60634	0,15858	1,544	2,5356	7,54e7	
CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
3,00 !	171,91	53,01	10,30	6,01	0,223	1,35	2,0	2,0	6460,1
5,00 !	61,87	19,81	3,84	9,83	0,260	3,51	2,0	2,0	6503,4
7,00	31,33	10,37	2,01	13,59	0,313	6,57	2,0	2,0	6542,4
9,00	18,85	6,40	1,24	17,30	0,379	10,46	2,0	2,0	6573,3
11,00	12,57	4,36	0,84	20,96	0,460	15,14	2,0	2,0	6599,0
13,00	8,97	3,16	0,61	24,61	0,553	20,61	2,0	2,0	6619,7
15,00	6,72	2,39	0,46	28,31	0,665	27,10	2,3	2,3	6630,4
17,00	5,22	1,85	0,36	32,19	0,803	35,13	3,9	3,9	6625,4
+ 19,50 +	3,96	1,36	0,26	37,47	1,033	48,55	8,4	8,4	6592,0
20,50	3,58	1,21	0,23	39,76	1,149	55,35	11,7	11,7	6570,3

Report ID20160809-2132

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

**Propulsion**

9 ago 2016 09:32

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Cadiz Knutsen**

Description

File name **Cadiz Knutsen.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>264,844 m</b>	LCG fwd TR:	<b>0,000 m</b> [XCG/LP 0,000]
Max beam on WL:	[LWL/BWL 6,232] <b>42,500 m</b>	VCG below WL:	<b>0,000 m</b>
Max molded draft:	[BWL/T 3,728] <b>11,400 m</b>	Aft station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
Displacement:	[CB 0,725] <b>95452,50 t</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Wetted surface:	[CS 2,792] <b>13857,6 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:	[XCB/LWL 0,500] <b>132,422 m</b>	Fwd station (fwd TR):	<b>0,000 m</b>
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,500] <b>132,422 m</b>	Deadrise:	<b>0,00 deg</b>
Max section area:	[CX 0,991] <b>480,1 m2</b>	Chine beam:	<b>0,000 m</b>
Waterplane area:	[CWP 0,809] <b>9108,1 m2</b>	Chine ht below WL:	<b>0,000 m</b>
Bulb section area:	<b>46,6 m2</b>	Propulsor type:	<b>Propeller</b>
Bulb ctr below WL:	<b>4,700 m</b>	Max prop diameter:	<b>8700,0 mm</b>
Bulb nose fwd TR:	<b>284,400 m</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Imm transom area:	[ATR/AX 0,000] <b>0,0 m2</b>	Position fwd TR:	<b>0,000 m</b>
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] <b>0,000 m</b>	Position below WL:	<b>0,000 m</b>
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] <b>0,000 m</b>	Transom lift device:	<b>Flap</b>
Half entrance angle:	<b>22,00 deg</b>	Device count:	<b>0</b>
Bow shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Span:	<b>0,000 m</b>
Stern shape factor:	[BTK flow] <b>-1,0</b>	Chord length:	<b>0,000 m</b>
		Deflection angle:	<b>0,00 deg</b>
		Tow point fwd TR:	<b>0,000 m</b>
		Tow point below WL:	<b>0,000 m</b>

**Propulsor data**

Propulsor		Propeller options	
Count:	<b>1</b>	Oblique angle corr:	<b>Off</b>
Propulsor type:	<b>Propeller series</b>	Shaft angle to WL:	<b>0,00 deg</b>
Propeller type:	<b>FPP</b>	Added rise of run:	<b>0,00 deg</b>
Propeller series:	<b>B Series</b>	Propeller cup:	<b>0,0 mm</b>
Propeller sizing:	<b>By thrust</b>	KTKQ corrections:	<b>Standard</b>
Reference prop:		Scale correction:	<b>Full ITTC</b>
Blade count:	<b>5</b>	KT multiplier:	<b>1,000</b>
Expanded area ratio:	<b>0,7765</b> [Keep]	KQ multiplier:	<b>1,000</b>
Propeller diameter:	<b>8700,0 mm</b> [Keep]	Blade T/C [0.7R]:	<b>Standard</b>
Propeller mean pitch:	[P/D 0,9197] <b>8001,0 mm</b> [Keep]	Roughness:	<b>Standard</b>
Hub immersion:	<b>-6,7 mm</b>	Cav breakdown:	<b>Off</b>
<b>Engine/gear</b>		<b>Design condition</b>	
Engine data:	<b>AMZ 1600</b>	Max prop diam:	<b>8700,0 mm</b>
Rated RPM:	<b>0 RPM</b>	Design speed:	<b>19,50 kt</b>
Rated power:	<b>0,0 kW</b>	Reference power:	<b>30000,0 kW</b>
Gear efficiency:	<b>0,990</b>	Design point:	<b>1,000</b>
Load correction:	<b>On</b>	Reference RPM:	<b>600,0</b>
Gear ratio:	<b>7,316</b> [Size]	Design point:	<b>1,000</b>
Shaft efficiency:	<b>0,980</b>		

Report ID20160809-2132

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

**Propulsion**

9 ago 2016 09:32

HydroComp NavCad 2014

Project ID **Cadiz Knutsen**

Description

File name **Cadiz Knutsen.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  
 RMPROP = 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

Report ID20160809-2132

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539



**Propulsion**

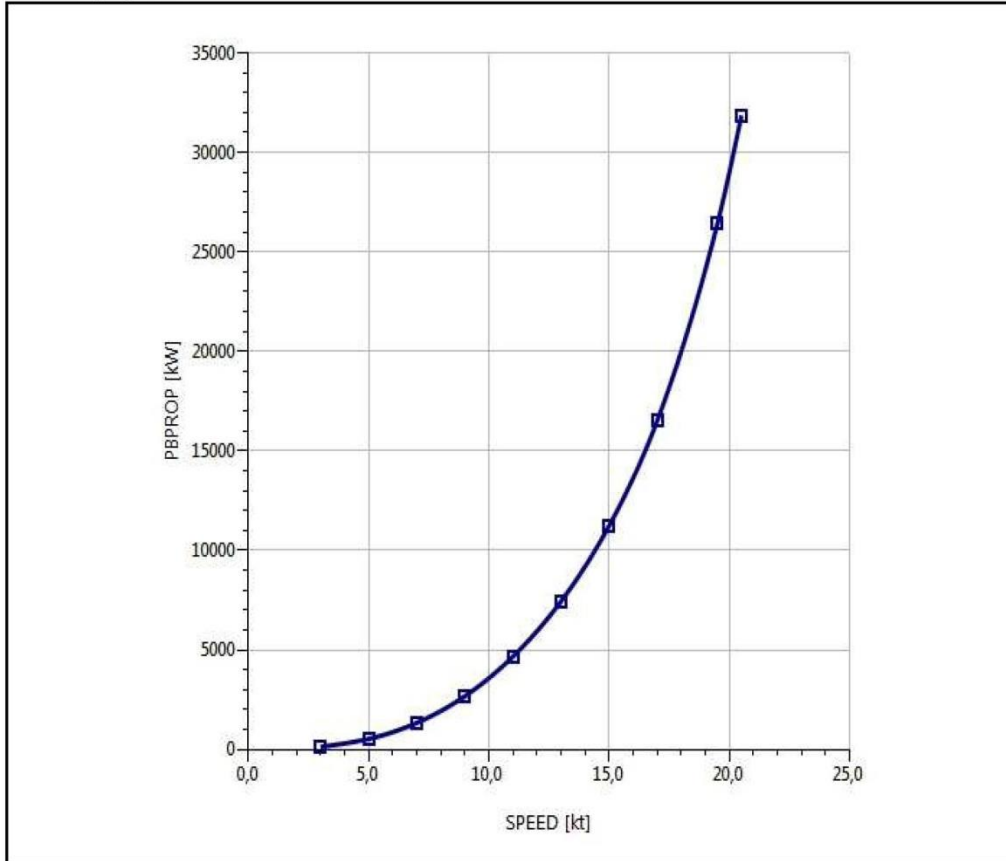
7 ago 2016 07:44  
HydroComp NavCad 2014

Project ID **Cadiz Knutsen**  
Description  
File name **Cadiz Knutsen.hcnc**

**Analysis parameters**

<b>Hull-propulsor interaction</b>		<b>System analysis</b>	
Technique:	[Calc] Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	8700,0 mm	Engine RPM:	
<b>Corrections</b>		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[On] Standard	RPM constraint:	
Rudder location:	Behind propeller	Limit [RPM/s]:	
Friction line:	ITTC-57	<b>Water properties</b>	
Hull form factor:	1,188	Water type:	Salt
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)	Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:	[Off] 0,00	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

**Predicted propulsion**



Report ID20160807-1944

HydroComp NavCad 2014 14.02.0029.S1002.539

---

**“INGENIERÍA MARINA: PLANTA  
PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”**

---

**PLANOS**

---

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**  
ENERGÍA Y PROPULSIÓN

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y  
MÁQUINAS**

FECHA: **SEPTIEMBRE - 2016**

AUTOR: El alumno

Fdo.: Pablo García Allegue

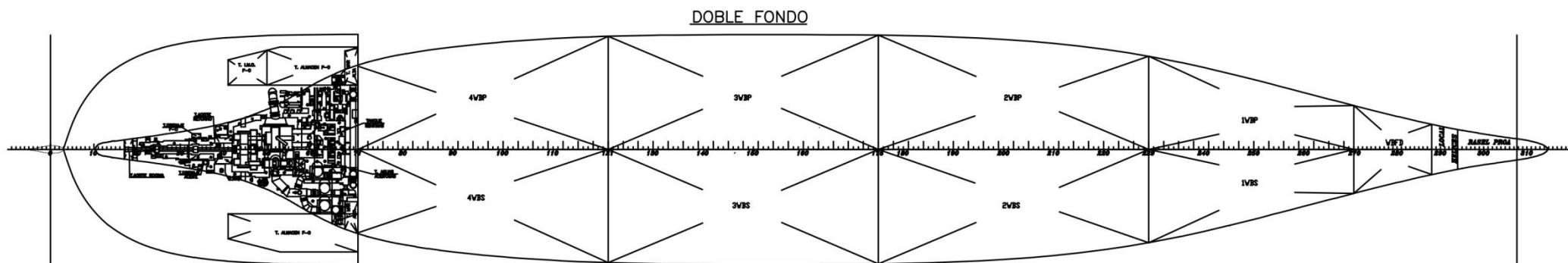
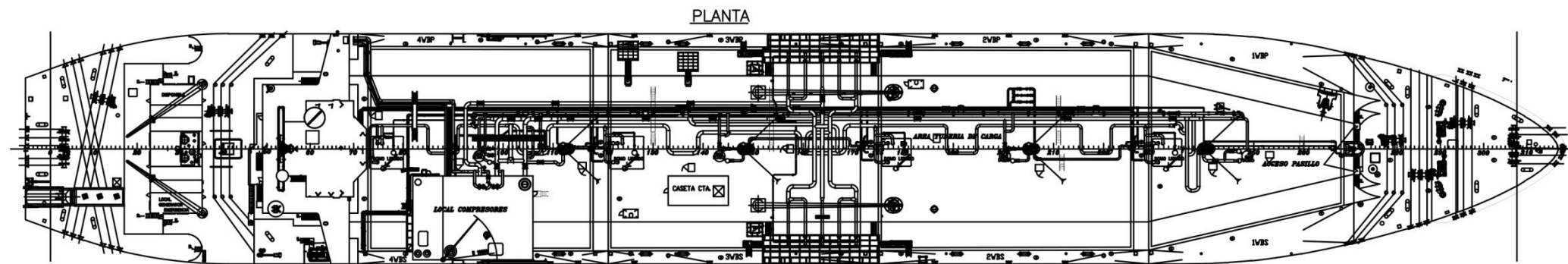
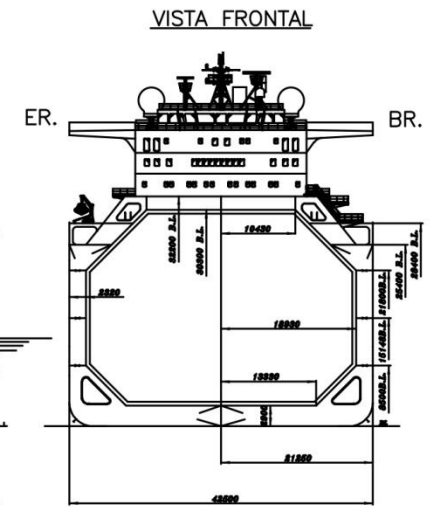
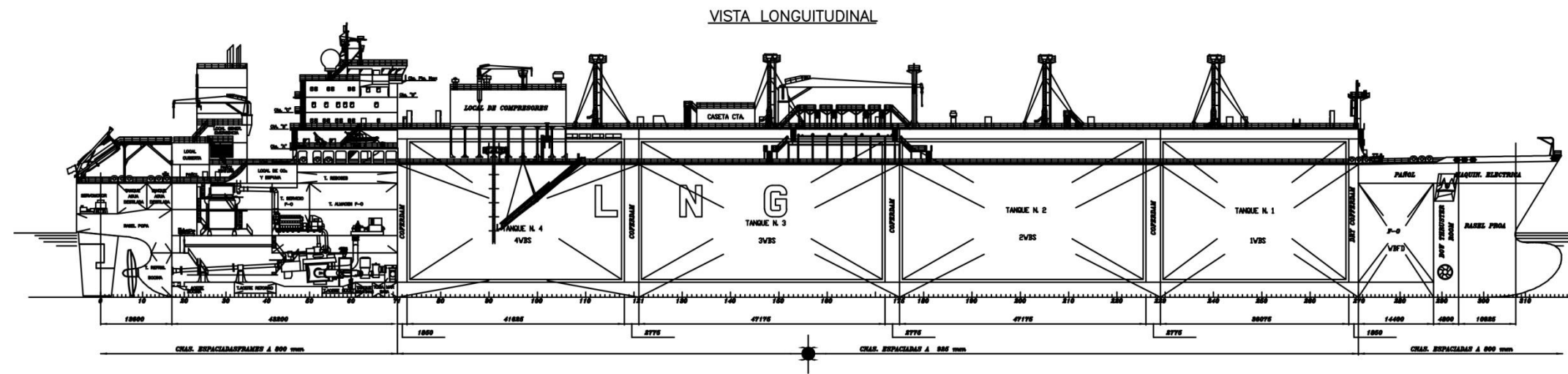
**ÍNDICE**

***PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL.....3***

***PLANO DE FORMAS .....4***

***PLANO DEL TIMÓN 1.....5***

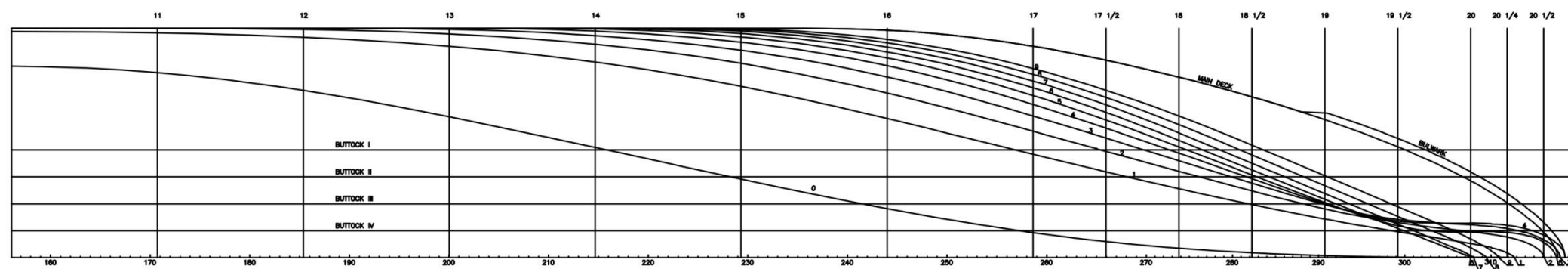
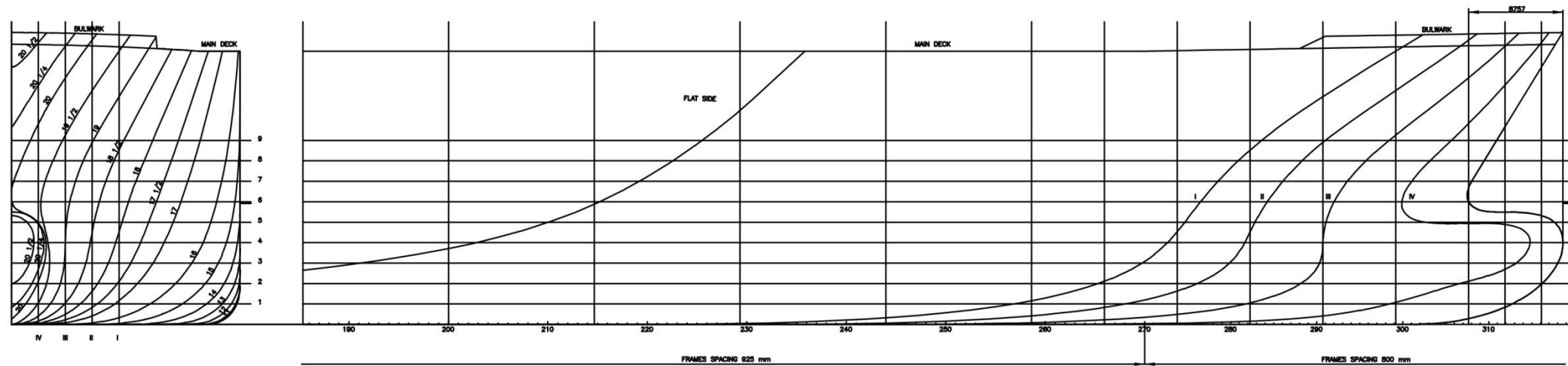
***PLANO DEL TIMÓN 2.....6***



CARACTERISTICAS

<b>ESLORA TOTAL</b>	<b>284,379 m</b>
<b>ESLORA ENTRE PERPENDICULARES</b>	<b>271,000 m</b>
<b>MANGA</b>	<b>42,500 m</b>
<b>PUNTAL CTA. PRINCIPAL</b>	<b>25,400 m</b>
<b>CALADO DE DISEÑO</b>	<b>11,400 m</b>

Denominacion/Denomination		138.000m <sup>3</sup> LNG TANKER		Referencia/Reference	
		<b>DISPOSICION GENERAL</b>		Plano/Draw	Material list.
Escalas/Scales	Firma/Sign.	Fecha/Date	N° de plano/Drawing No.:	Revision	
1/1000	Dib./Drawn	20-11-07	331.2.14.V0000.013	0	
	Compr./Check	20-11-07		Hoja/Sheet	
	Aprov./Approved	20-11-07	Valido para buques/Valid for vessels:	Fichero/File	1/1
				31/13	



### MAIN PARTICULARS

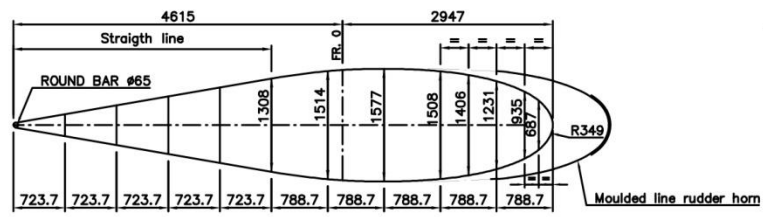
LENGTH OVERALL	284.397 m
LENGTH ON THE WATERLINE	264.844 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	271.000 m
MOULDED BREADTH	42.500 m
MOULDED DEPTH TO UPPER DECK	25.400 m
DESIGN DRAUGHT	11.400 m
BLOCK COEFFICIENT	0.725 -
LONG. CENTRE OF BUOYANCY	-0.376 m
MIDSHIP SECTION COEFFICIENT	0.991 -
WATER LINE SPACING	1.900 m
BUTTOCKS SPACING	2.500 m

(\*) POSITIVE FOR AFT OF LBP/2.

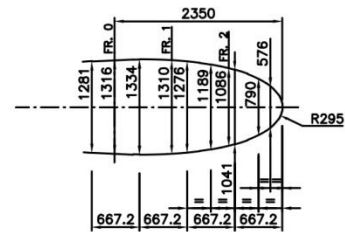
Denominacion/Denomination		138.000m <sup>3</sup> LNG TANKER		Referencia/Reference	
		<b>LINES PLAN</b>		Plano/Draw	Material list.
Escalas/Scales  1/500	Firma/Sign.	Fecha/Date	N° de plano/Drawing No.:		Revision
	Dib./Drawn	17-06-05	331.2.14.V0000.003		1
	Compr./Check	17-06-05	Valido para buques/Valid for vessels:		Hoja/Sheet
	Aprov./Approved	17-06-05		Fichero/File 31/03	2/2



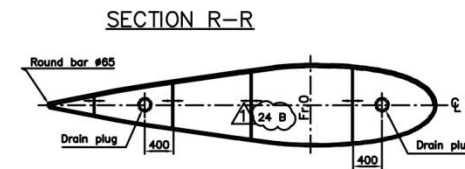
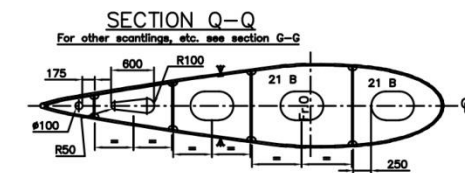
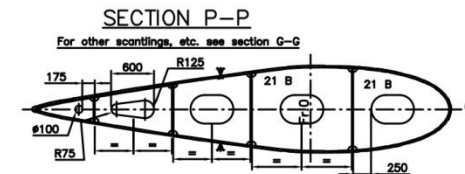
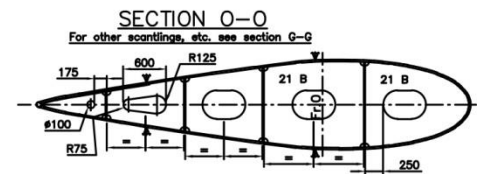
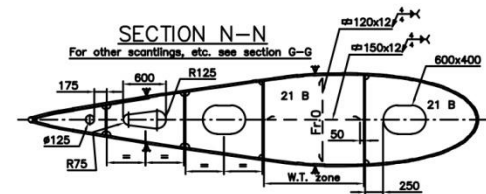
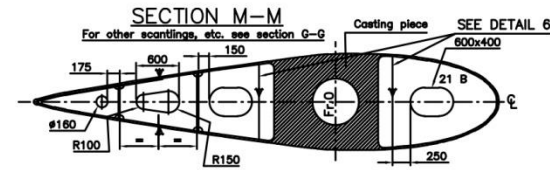
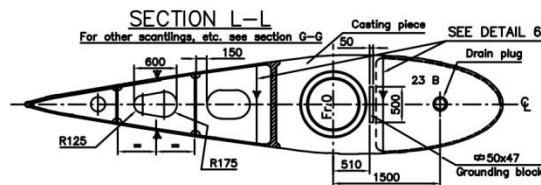
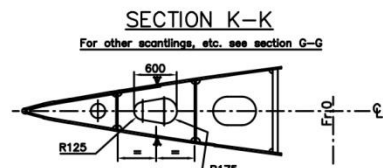
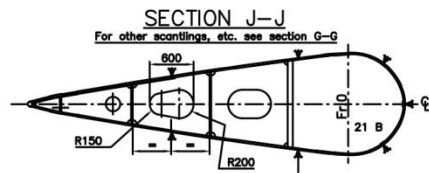
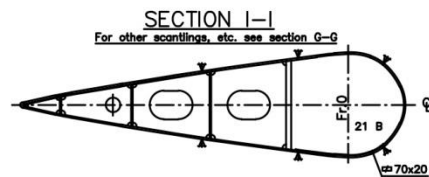
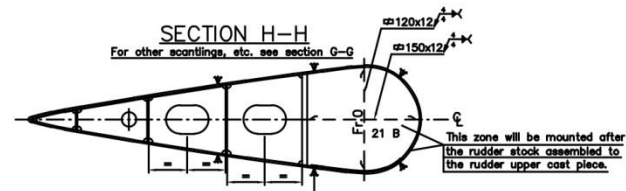
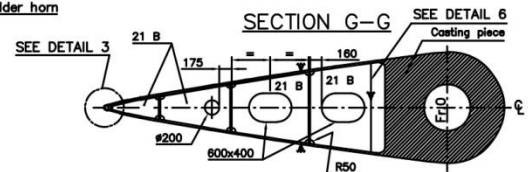
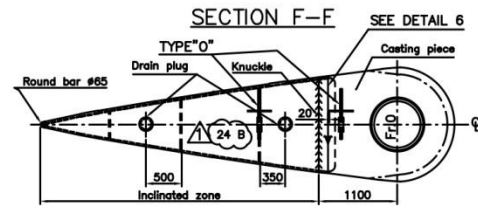
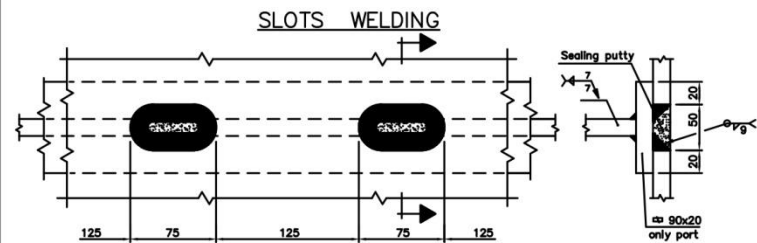
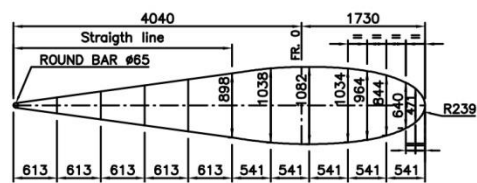
OFFSETS (MOULDED LINE) AT 10700 M/M. A.B.L.



OFFSETS (MOULDED LINE) AT 5600 M/M. A.B.L.



OFFSETS (MOULDED LINE) AT 300 M/M. A.B.L.



Denominacion/Denomination

RUDDER BLADE

Sheet/Hoja 2/3

Scales/Escalas 1/100

N° de plano/Drawing No.: 331220H2200330

Revision 2

Date/Fecha 24/05/05

---

**“INGENIERÍA MARINA: PLANTA  
PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”**

---

**PLIEGO DE CONDICIONES**

---

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS  
ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y  
MÁQUINAS**

**FECHA: SEPTIEMBRE - 2016**

**AUTOR: El alumno**

**Fdo.: Pablo García Allegue**



**ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICADA.....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>MODIFICACIÓN DE LAS OBRAS.....</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PLAZOS.....</b>	<b>5</b>

## **1 OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES**

Este Pliego de Condiciones comprende el conjunto de características que deberán cumplir los materiales empleados, así como los técnicos de su colocación en el buque y los que deberán mandar en la ejecución de cualquier tipo de instalaciones y de obras accesorias y dependientes para la ejecución del presente.

## **2 DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

El presente proyecto consta de los siguientes documentos:

- Documento nº 1: Memoria.
- Documento nº 2: Anexos.
- Documento nº 3: Planos.
- Documento nº 4: Pliego de Condiciones.
- Documento nº 5: Estado de mediciones.
- Documento nº 6: Presupuesto.

El contenido de estos documentos se detalla en la Memoria.

Se entiende por documentos contractuales aquéllos que estén incorporados en el contrato y que sean de obligado cumplimiento, excepto modificaciones debidamente autorizadas. Estos documentos, son los que cumplen la base del contrato

- Planos
- Estado de mediciones
- Memoria
- Presupuesto

## **3 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES**

Todos los materiales a utilizar en el astillero cumplirán las especificaciones, calidades y características descritas en el proyecto, así como en la normativa citada en la Memoria.

El astillero notificará a la Dirección de la obra con suficiente antelación las procedencias de los materiales que se proponga utilizar, aportando las muestras y los datos necesarios, tanto por lo que haga referencia a la calidad como a la cantidad.

Todos los materiales que se utilicen en la obra deberán ser de calidad suficiente a juicio del director de la obra, aunque no se especifique expresamente en el Pliego de Condiciones.

En ningún caso podrán ser acopiados y utilizados en la obra materiales cuya procedencia no haya sido aprobada por el Director de la obra.

#### **4 REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICADA**

Todas las normas, leyes y reglas relativas a los riesgos laborales, seguridad, contaminación e higiene en el trabajo, serán cumplidas por el astillero durante la estadía del buque en dique seco.

Los principales reglamentos técnicos para la realización del presente proyecto son:

- SOLAS. Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar.
- MARPOL 73/78. Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques.
- Código CIG. Código Internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel.
- Tanker Safety Guide: Liquified Gas.
- Lloyd's Register Documents.

#### **5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

Todas las obras comprendidas en este proyecto se ejecutarán de acuerdo a lo especificado en los Planos y en este Pliego de Condiciones y siguiendo las indicaciones de la Dirección Técnica, quien resolverá las cuestiones que puedan plantearse en la interpretación de aquellos y en las condiciones y detalles de la ejecución.

## **6 MODIFICACIÓN DE LAS OBRAS**

El Director de la obra podrá disponer el cambio de cualquier unidad proyectada por otra nueva, entregando al astillero los planos definitivos, que desde ese momento formarán parte del proyecto.

Las modificaciones serán recogidas en el preceptivo libro de órdenes, que será entregado a la contrata a la hora de hacer el replanteo de la obra.

Siempre que los cambios se refieran a sustitución de una unidad de obra por otra de características similares a las que figuran en el presupuesto, las modificaciones no darán lugar a variaciones de los precios unitarios que figuran en el proyecto.

## **7 PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PLAZOS**

El programa previsto para la ejecución de las obras e instalaciones, teniendo en cuenta el desmontaje de la antigua planta propulsora y el montaje de la nueva planta propulsora y los equipos auxiliares, se estima en 2 meses. Es una estimación aproximada, pudiendo alargarse o acortarse la estadía en dique seco.

En el momento de la firma del contrato se fijarán unos plazos, acordados entre el armador y el astillero, que se deberán cumplir. En caso de que el astillero incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las sanciones detalladas en el contrato, pudiendo ser cobradas a la finalización de las obras o ser descontadas de la liquidación final.

---

**“INGENIERÍA MARINA: PLANTA  
PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”**

---

**ESTADO DE MEDICIONES**

---

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y  
MÁQUINAS**

**FECHA: SEPTIEMBRE - 2016**

**AUTOR: El alumno**

**Fdo.: Pablo García Allegue**

**ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>GENERADORES .....</b>	<b>4</b>
1.1	WÄRTSILÄ 8L50DF.....	4
1.2	WÄRTSILÄ 12V50DF.....	6
1.3	DIMENSIONES Y PESO DE LOS MOTORES EN LÍNEA.....	8
1.4	DIMENSIONES Y PESO DE LOS MOTORES EN “V”.....	9
1.5	DIMENSIONES Y PESO DE LOS GENERADORES.....	10
1.6	SECCIÓN DE LOS MOTORES EN LÍNEA.....	11
1.7	SECCIÓN DE LOS MOTORES EN “V”.....	12
<b>2</b>	<b>MOTORES ELÉCTRICOS .....</b>	<b>13</b>
2.1	DATOS TÉCNICOS.....	14
<b>3</b>	<b>TRANSFORMADORES .....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>CONVERTIDORES .....</b>	<b>16</b>
4.1	DATOS TÉCNICOS.....	17

**ÍNDICE – ILUSTRACIONES**

<i>Ilustración 1 - Motores síncronos ABB. Rangos de potencia .....</i>	13
<i>Ilustración 2 - Dimensiones principales AMZ 1600 .....</i>	14
<i>Ilustración 3 - Transformador RESIBLOC de ABB.....</i>	15
<i>Ilustración 4 - Convertidores MEGADRIVE-LCI .....</i>	16

**ÍNDICE - TABLAS**

<i>Tabla 1 – Datos técnicos AMZ 1600 .....</i>	14
--	----

# 1 GENERADORES

## 1.1 Wärtsilä 8L50DF.

Product Guide		WÄRTSILÄ Engines					
3. Technical Data							
3.3 Wärtsilä 8L50DF							
Wärtsilä 8L50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2		ME IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975		975	
Engine speed	rpm	500		514		514	
Engine output	kW	7600		7800		7800	
Mean effective pressure	MPa	2.0		2.0		2.0	
<b>Combustion air system (Note 1)</b>							
Flow at 100% load	kg/s	12.2	15.0	12.2	15.0	12.2	14.6
Temperature at turbocharger intake, max.	°C	45		45		45	
Temperature after air cooler, nom. (TE 601)	°C	45	50	45	50	45	50
<b>Exhaust gas system</b>							
Flow at 100% load	kg/s	12.5	15.4	12.5	15.4	12.5	15.0
Flow at 75% load	kg/s	9.5	11.9	9.5	11.9	9.6	11.2
Flow at 50% load	kg/s	7.2	8.4	7.2	8.4	7.1	8.1
Temperature after turbocharger at 100% load (TE 517)	°C	373	343	373	343	369	350
Temperature after turbocharger at 75% load (TE 517)	°C	424	351	424	351	388	380
Temperature after turbocharger at 50% load (TE 517)	°C	426	385	426	385	390	370
Backpressure, max.	kPa	4		4		4	
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	mm	910	986	910	986	907	979
<b>Heat balance at 100% load (Note 2)</b>							
Jacket water, HT-circuit	kW	880	1387	880	1387	853	1440
Charge air, HT-circuit	kW	1120	1680	1120	1680	1147	1653
Charge air, LT-circuit	kW	667	840	667	840	667	813
Lubricating oil, LT-circuit	kW	627	1040	627	1040	627	1093
Radiation	kW	213	240	213	240	280	307
<b>Fuel consumption (Note 3)</b>							
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	7300	-	7300	-	7300	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	7620	-	7620	-	7490	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	8260	-	8260	-	7830	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7258	-	7258	-	7258	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	7562	-	7562	-	7429	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8153	-	8153	-	7734	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	1.0	189	1.0	189	1.0	190
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	1.5	192	1.5	192	1.5	196
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	2.4	204	2.4	204	2.3	200
<b>Fuel gas system (Note 4)</b>							
Gas pressure at engine inlet, min (PT901)	kPa (a)	472	-	472	-	472	-
Gas pressure to Gas Valve unit, min	kPa (a)	592	-	592	-	592	-
Gas temperature before Gas Valve Unit	°C	0...60	-	0...60	-	0...60	-
<b>Fuel oil system</b>							
Pressure before injection pumps (PT 101)	kPa	800±50		800±50		800±50	
Fuel oil flow to engine, approx	m³/h	8.1		8.3		8.4	
HFO viscosity before the engine	cSt	-	16...24	-	16...24	-	16...24
Max. HFO temperature before engine (TE 101)	°C	-	140	-	140	-	140
MDF viscosity, min.	cSt	2.0		2.0		2.0	
Max. MDF temperature before engine (TE 101)	°C	45		45		45	
Leak fuel quantity (HFO), clean fuel at 100% load	kg/h	-	6.0	-	6.0	-	6.2
Leak fuel quantity (MDF), clean fuel at 100% load	kg/h	16.0	30.1	16.0	30.1	15.5	31.1
Pilot fuel (MDF) viscosity before the engine	cSt	2...11		2...11		2...11	
Pilot fuel pressure at engine inlet (PT 112)	kPa	400...800		400...800		400...800	
Pilot fuel pressure drop after engine, max	kPa	150		150		150	
Pilot fuel return flow at 100% load	kg/h	284		284		284	
<b>Lubricating oil system (Note 5)</b>							
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	400		400		400	
Pressure after pump, max.	kPa	800		800		800	
Suction ability, including pipe loss, max.	kPa	40		40		40	
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	80		80		80	
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	63		63		63	
Temperature after engine, approx.	°C	78		78		78	
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	149		153		198	



Wärtsilä 8L50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2		ME IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975		975	
Engine speed	rpm	500		514		514	
Pump capacity (main), electrically driven	m <sup>3</sup> /h	145		145		145	
Oil flow through engine	m <sup>3</sup> /h	115		115		115	
Priming pump capacity (50/60Hz)	m <sup>3</sup> /h	45.0 / 45.0		45.0 / 45.0		45.0 / 45.0	
Oil volume in separate system oil tank	m <sup>3</sup>	11		11		11	
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.5		0.5		0.5	
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	1500		1500		1500	
Crankcase volume	m <sup>3</sup>	19.5		19.5		19.5	
Crankcase ventilation backpressure, max.	Pa	500		500		500	
Oil volume in turning device	l	8.5...9.5		8.5...9.5		8.5...9.5	
Oil volume in speed governor	l	1.4		1.4		1.4	
<b>HT cooling water system</b>							
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 401)	kPa	250 + static		250 + static		250 + static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 401)	kPa	480		480		480	
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	74		74		74	
Temperature after charge air cooler, nom.	°C	91		91		91	
Capacity of engine driven pump, nom.	m <sup>3</sup> /h	180		180		180	
Pressure drop over engine, total	kPa	50		50		50	
Pressure drop in external system, max.	kPa	150		150		150	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150		70...150	
Water volume in engine	m <sup>3</sup>	1.35		1.35		1.35	
<b>LT cooling water system</b>							
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 471)	kPa	250+ static		250+ static		250+ static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 471)	kPa	440		440		440	
Temperature before engine, max. (TE 471)	°C	38		38		38	
Temperature before engine, min. (TE 471)	°C	25		25		25	
Capacity of engine driven pump, nom.	m <sup>3</sup> /h	180		180		180	
Pressure drop over charge air cooler	kPa	30		30		30	
Pressure drop in external system, max.	kPa	200		200		200	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150		70...150	
<b>Starting air system (Note 6)</b>							
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000		3000		3000	
Pressure at engine during start, min. (20 °C)	kPa	1000		1000		1000	
Pressure, max. (PT 301)	kPa	3000		3000		3000	
Low pressure limit in starting air vessel	kPa	1800		1800		1800	
Consumption per start at 20 °C (successful start)	Nm <sup>3</sup>	4.8		4.8		4.8	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm <sup>3</sup>	5.8		5.8		5.8	

**Notes:**

- Note 1 At Gas LHV 49620kJ/kg
- Note 2 At 100% output and nominal speed. The figures are valid for ambient conditions according to ISO 15550, except for LT-water temperature, which is 35°C in gas operation and 45°C in back-up fuel operation. And with engine driven water, lube oil and pilot fuel pumps.
- Note 3 According to ISO 15550, lower calorific value 42700 kJ/kg, with engine driven pumps (two cooling water + one lubricating oil pumps). Tolerance 5%. Gas Lower heating value >28 MJ/m<sup>3</sup>N and Methane Number High (>80). The fuel consumption BSEC and SFOC are guaranteed at 100% load and the values at other loads are given for indication only.
- Note 4 Fuel gas pressure given at LHV ≥ 36MJ/m<sup>3</sup>N. Required fuel gas pressure depends on fuel gas LHV and need to be increased for lower LHV's. Pressure drop in external fuel gas system to be considered. See chapter Fuel system for further information.
- Note 5 Lubricating oil treatment losses and oil changes are not included in oil consumption. The lubricating oil volume of the governor is depending of the governor type.
- Note 6 At manual starting the consumption may be 2...3 times lower.

ME = Engine driving propeller, variable speed  
DE = Diesel-Electric engine driving generator

Subject to revision without notice.

## 1.2 Wärtsilä 12V50DF.

### Product Guide 3. Technical Data

**WÄRTSILÄ** Engines

### 3.5 Wärtsilä 12V50DF

Wärtsilä 12V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2		ME IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975		975	
Engine speed	rpm	500		514		514	
Engine output	kW	11400		11700		11700	
Mean effective pressure	MPa	2.0		2.0		2.0	
<b>Combustion air system (Note 1)</b>							
Flow at 100% load	kg/s	18.3	22.5	18.3	22.5	18.3	21.9
Temperature at turbocharger intake, max.	°C	45		45		45	
Temperature after air cooler, nom. (TE 601)	°C	45	50	45	50	45	50
<b>Exhaust gas system</b>							
Flow at 100% load	kg/s	18.8	23.1	18.8	23.1	18.8	22.5
Flow at 75% load	kg/s	14.2	17.9	14.2	17.9	14.4	16.8
Flow at 50% load	kg/s	10.8	12.7	10.8	12.7	10.6	12.2
Temperature after turbocharger at 100% load (TE 517)	°C	373	343	373	343	369	350
Temperature after turbocharger at 75% load (TE 517)	°C	424	351	424	351	388	380
Temperature after turbocharger at 50% load (TE 517)	°C	426	385	426	385	390	370
Backpressure, max.	kPa	4		4		4	
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	mm	1116	1208	1116	1208	1112	1198
<b>Heat balance at 100% load (Note 2)</b>							
Jacket water, HT-circuit	kW	1320	2080	1320	2080	1280	2160
Charge air, HT-circuit	kW	1680	2520	1680	2520	1720	2480
Charge air, LT-circuit	kW	1000	1260	1000	1260	1000	1220
Lubricating oil, LT-circuit	kW	940	1560	940	1560	940	1640
Radiation	kW	320	360	320	360	420	460
<b>Fuel consumption (Note 3)</b>							
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	7300	-	7300	-	7300	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	7620	-	7620	-	7490	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	8260	-	8260	-	7830	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7258	-	7258	-	7258	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	7562	-	7562	-	7429	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8153	-	8153	-	7734	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	1.0	189	1.0	189	1.0	190
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	1.5	192	1.5	192	1.5	196
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	2.4	204	2.4	204	2.3	200
<b>Fuel gas system (Note 4)</b>							
Gas pressure at engine inlet, min (PT901)	kPa (a)	472	-	472	-	472	-
Gas pressure to Gas Valve unit, min	kPa (a)	592	-	592	-	592	-
Gas temperature before Gas Valve Unit	°C	0...60	-	0...60	-	0...60	-
<b>Fuel oil system</b>							
Pressure before injection pumps (PT 101)	kPa	800±50		800±50		800±50	
Fuel oil flow to engine, approx	m³/h	12.1		12.5		12.5	
HFO viscosity before the engine	cSt	-	16...24	-	16...24	-	16...24
Max. HFO temperature before engine (TE 101)	°C	-	140	-	140	-	140
MDF viscosity, min.	cSt	2.0		2.0		2.0	
Max. MDF temperature before engine (TE 101)	°C	45		45		45	
Leak fuel quantity (HFO), clean fuel at 100% load	kg/h	-	9.0	-	9.0	-	9.3
Leak fuel quantity (MDF), clean fuel at 100% load	kg/h	24.1	45.2	24.1	45.2	23.3	46.6
Pilot fuel (MDF) viscosity before the engine	cSt	2...11		2...11		2...11	
Pilot fuel pressure at engine inlet (PT 112)	kPa	400...800		400...800		400...800	
Pilot fuel pressure drop after engine, max	kPa	150		150		150	
Pilot fuel return flow at 100% load	kg/h	300		300		300	
<b>Lubricating oil system (Note 5)</b>							
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	400		400		400	
Pressure after pump, max.	kPa	800		800		800	
Suction ability, including pipe loss, max.	kPa	40		40		40	
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	80		80		80	
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	63		63		63	
Temperature after engine, approx.	°C	78		78		78	
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	215		221		221	

Wärtsilä 12V50DF		DE IMO Tier 2		DE IMO Tier 2		ME IMO Tier 2	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	950		975		975	
Engine speed	rpm	500		514		514	
Pump capacity (main), electrically driven	m <sup>3</sup> /h	210		210		210	
Oil flow through engine	m <sup>3</sup> /h	170		170		170	
Priming pump capacity (50/60Hz)	m <sup>3</sup> /h	65.0 / 65.0		65.0 / 65.0		65.0 / 65.0	
Oil volume in separate system oil tank	m <sup>3</sup>	16		16		16	
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.5		0.5		0.5	
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	2600		2600		2600	
Crankcase volume	m <sup>3</sup>	29.5		29.5		29.5	
Crankcase ventilation backpressure, max.	Pa	500		500		500	
Oil volume in turning device	l	68.0...70.0		68.0...70.0		68.0...70.0	
Oil volume in speed governor	l	6.2		6.2		6.2	
<b>HT cooling water system</b>							
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 401)	kPa	250 + static		250 + static		250 + static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 401)	kPa	480		480		480	
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	74		74		74	
Temperature after charge air cooler, nom.	°C	91		91		91	
Capacity of engine driven pump, nom.	m <sup>3</sup> /h	270		270		270	
Pressure drop over engine, total	kPa	50		50		50	
Pressure drop in external system, max.	kPa	150		150		150	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150		70...150	
Water volume in engine	m <sup>3</sup>	1.7		1.7		1.7	
<b>LT cooling water system</b>							
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 471)	kPa	250+ static		250+ static		250+ static	
Pressure at engine, after pump, max. (PT 471)	kPa	440		440		440	
Temperature before engine, max. (TE 471)	°C	38		38		38	
Temperature before engine, min. (TE 471)	°C	25		25		25	
Capacity of engine driven pump, nom.	m <sup>3</sup> /h	270		270		270	
Pressure drop over charge air cooler	kPa	30		30		30	
Pressure drop in external system, max.	kPa	200		200		200	
Pressure from expansion tank	kPa	70...150		70...150		70...150	
<b>Starting air system (Note 6)</b>							
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000		3000		3000	
Pressure at engine during start, min. (20 °C)	kPa	1000		1000		1000	
Pressure, max. (PT 301)	kPa	3000		3000		3000	
Low pressure limit in starting air vessel	kPa	1800		1800		1800	
Consumption per start at 20 °C (successful start)	Nm <sup>3</sup>	6.0		6.0		6.0	
Consumption per start at 20 °C (with slowturn)	Nm <sup>3</sup>	7.2		7.2		7.2	

**Notes:**

- Note 1 At Gas LHV 49620kJ/kg
- Note 2 At 100% output and nominal speed. The figures are valid for ambient conditions according to ISO 15550, except for LT-water temperature, which is 35°C in gas operation and 45°C in back-up fuel operation. And with engine driven water, lube oil and pilot fuel pumps.
- Note 3 According to ISO 15550, lower calorific value 42700 kJ/kg, with engine driven pumps (two cooling water + one lubricating oil pumps). Tolerance 5%. Gas Lower heating value >28 MJ/m<sup>3</sup>N and Methane Number High (>80). The fuel consumption BSEC and SFOC are guaranteed at 100% load and the values at other loads are given for indication only.
- Note 4 Fuel gas pressure given at LHV ≥ 38MJ/m<sup>3</sup>N. Required fuel gas pressure depends on fuel gas LHV and need to be increased for lower LHV's. Pressure drop in external fuel gas system to be considered. See chapter Fuel system for further information.
- Note 5 Lubricating oil treatment losses and oil changes are not included in oil consumption. The lubricating oil volume of the governor is depending of the governor type.
- Note 6 At manual starting the consumption may be 2...3 times lower.

ME = Engine driving propeller, variable speed  
DE = Diesel-Electric engine driving generator

Subject to revision without notice.

### 1.3 Dimensiones y peso de los motores en línea.

**WÄRTSILÄ** Engines

**Product Guide**  
1. Main Data and Outputs

---

## 1.5 Dimensions and weights

**Figure 1.3** In-line engines (DAAE000316d)

Engine	TC	LE1	LE1*	LE2	LE3	LE3*	LE4	LE5	LE5*	HE1	HE2
W 6L50DF	NA357	8205	8310	6170	1295	1295	460	555	160	3580	4000
	TPL71	8120	8310	6170	1295	1295	460	555	230	3475	4000
W 8L50DF	TPL76	10270	-	7810	1775	-	460	700	-	3920	4000
W 9L50DF	TPL76	11140	-	8630	1775	-	460	700	-	3920	4000

Engine	TC	HE3	HE4	HE5	HE6	WE1	WE2	WE3	WE5	WE6	Weight
W 6L50DF	NA357	1455	650	2655	925	3270	1940	1445	1895	395	96
	TPL71	1455	650	2685	790	3270	1940	1445	1895	420	96
W 8L50DF	TPL76	1455	650	2820	1100	3505	1940	1445	2100	340	128
W 9L50DF	TPL76	1455	650	2820	1100	3505	1940	1445	2100	340	137.5

\* TC in driving end  
 All dimensions in mm. Weights are dry engines, in metric tons, of rigidly mounted engines without flywheel.

---


Product Guide Wärtsilä 50DF - 1/2014
5

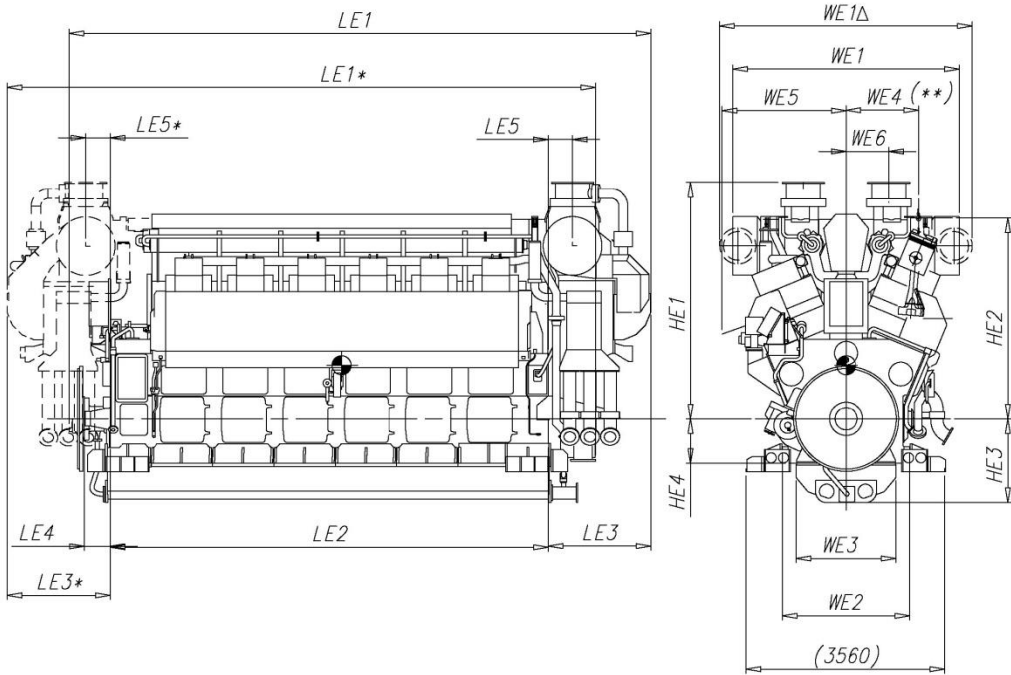
### 1.4 Dimensiones y peso de los motores en “V”.

**Product Guide**  
**1. Main Data and Outputs**

---

**Figure 1.4 V-engines (DAAE000413c)**





Engine	TC	LE1	LE1*	LE2	LE3	LE3*	LE4	LE5	LE5*	HE1	HE2	HE3	HE4
W 12V50DF	NA357	10410	10540	7850	1840	1840	460	500	500	4055	3600	1500	800
	TPL71	10425	10540	7850	1840	1840	460	435	435	4240	3600	1500	800
W 16V50DF	TPL76	13830	13200	10050	2300	2300	460	680	680	4400	3600	1500	800
W 18V50DF	TPL76	14180	-	11150	2300	-	460	680	-	4400	3600	1500	800

Engine	TC	HE5	HE6	WE1	WE1Δ	WE2	WE3	WE4	WE4**	WE5	WE6	Weight
W 12V50DF	NA357	3080	925	3810	4520	2290	1800	1495	1300	2220	765	175
	TPL71	3100	1140	4055	4525	2290	1800	1495	1300	2220	770	175
W 16V50DF	TPL76	3300	1100	4730	5325	2290	1800	1495	1300	2220	930	224
W 18V50DF	TPL76	3300	1100	4730	5325	2290	1800	1495	1300	2220	930	244

\* TC in driving end  
 \*\* With monospex (exhaust manifold)  
 Δ With air suction branches  
 All dimensions in mm. Weights are dry engines, in metric tons, of rigidly mounted engines without flywheel.

6

Product Guide Wärtsilä 50DF - 1/2014

## 1.5 Dimensiones y peso de los generadores.

WÄRTSILÄ Engines

Product Guide  
1. Main Data and Outputs

Figure 1.5 Example of total installation lengths, in-line engines (DAAE000489)

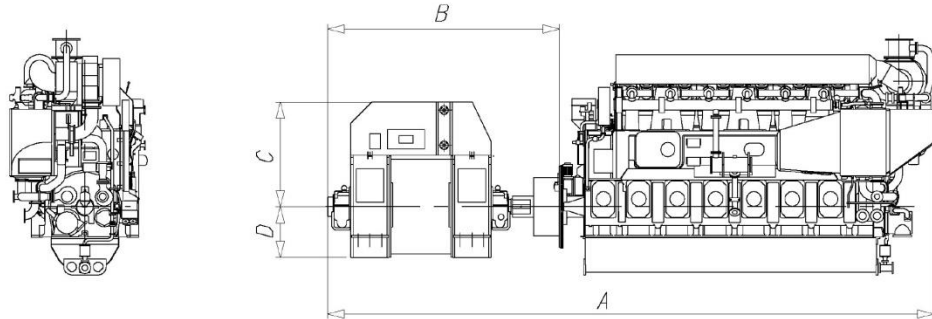
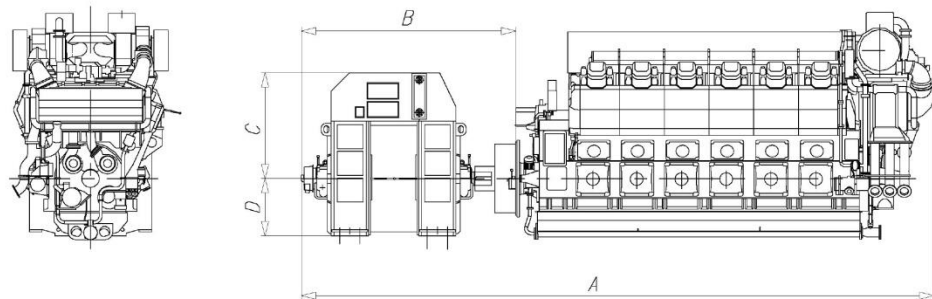


Figure 1.6 Example of total installation lengths, V-engines (DAAE000489)



Engine	A	B	C	D	Genset weight [ton]
W 6L50DF	12940	4940	2235	1090	138
W 8L50DF	15060	5060	2825	1020	171
W 9L50DF	15910	5060	2825	1020	185
W 12V50DF	15475	5253	2593	1365	239
W 16V50DF	17540	4690	2050	1590	288
W 18V50DF	18500	4690	2050	1590	315

Values are indicative only and are based on Wärtsilä 50DF engine with built-on pumps and turbocharger at free end of the engine.

Generator make and type will effect width, length, height and weight.

[All dimensions are in mm]

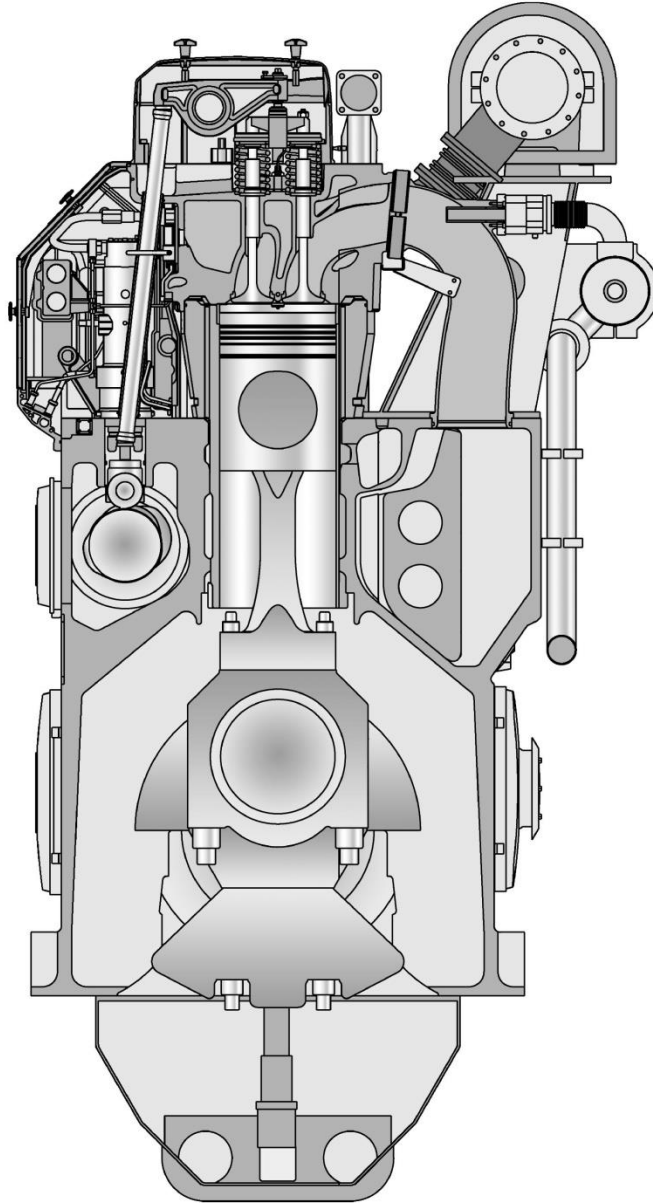
## 1.6 Sección de los motores en línea.

WÄRTSILÄ Engines

Product Guide  
4. Description of the Engine

### 4.3 Cross section of the engine

Figure 4.2 Cross section of the in-line engine (1V58B2480)



Product Guide Wärtsilä 50DF - 1/2014

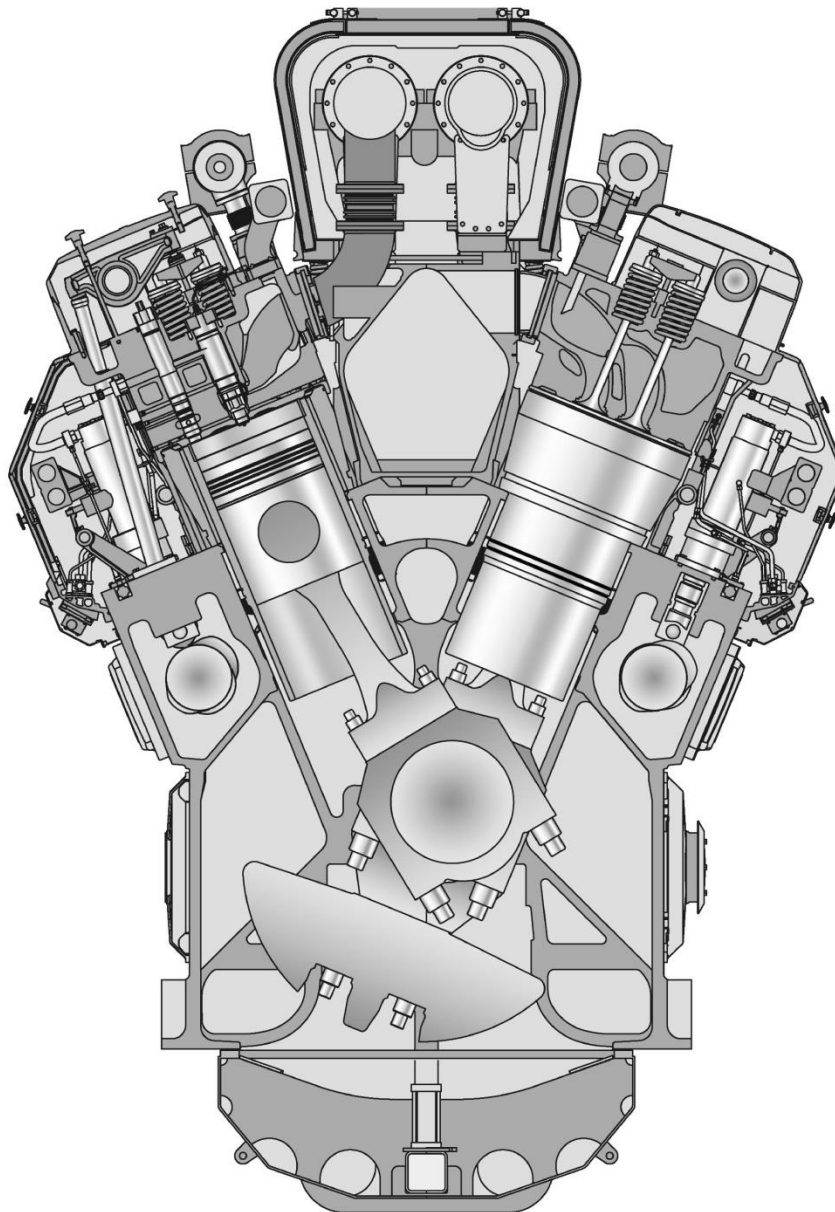
31

## 1.7 Sección de los motores en “V”.

Product Guide  
4. Description of the Engine

WÄRTSILÄ Engines

Figure 4.3 Cross section of the V-engine (1V58B2523)





## 2 MOTORES ELÉCTRICOS

Dos motores eléctricos síncronos diseñados para trabajar a velocidad variable. Se escoge el modelo AMZ 1600 de ABB.

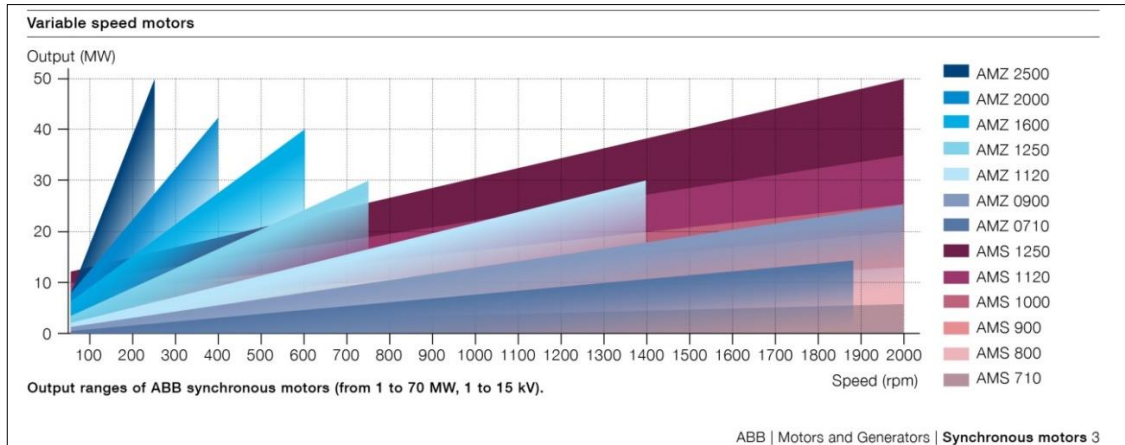


Ilustración 1 - Motores síncronos ABB. Rangos de potencia

Cada motor eléctrico será de 15.000 kW con una velocidad de 600 RPM, para cubrir los requisitos de la propulsión.

El sistema VSD (Variable Speed Drive) de ABB formado por convertidores y transformadores, varía la velocidad de los motores asegurando un gran torque.

## 2.1 Datos técnicos.

En la “**Tabla 1**” se representan los datos técnicos del modelo AMZ 1600.

Rango de potencia	Máximo 50 MW
Velocidad	Baja velocidad (0-250 rpm) Media velocidad (250-700 rpm)
Polos	4-20
Protección	IP44
Aislamiento	Clase F
Compatibilidad convertidores (ACS, LCI drives y cyclo-converter)	Sí
Clasificación	LRS, DNV, GL, BV, NK, CCS, KRS, Russian Maritime, CS, ABS, RINA

Tabla 1 – Datos técnicos AMZ 1600

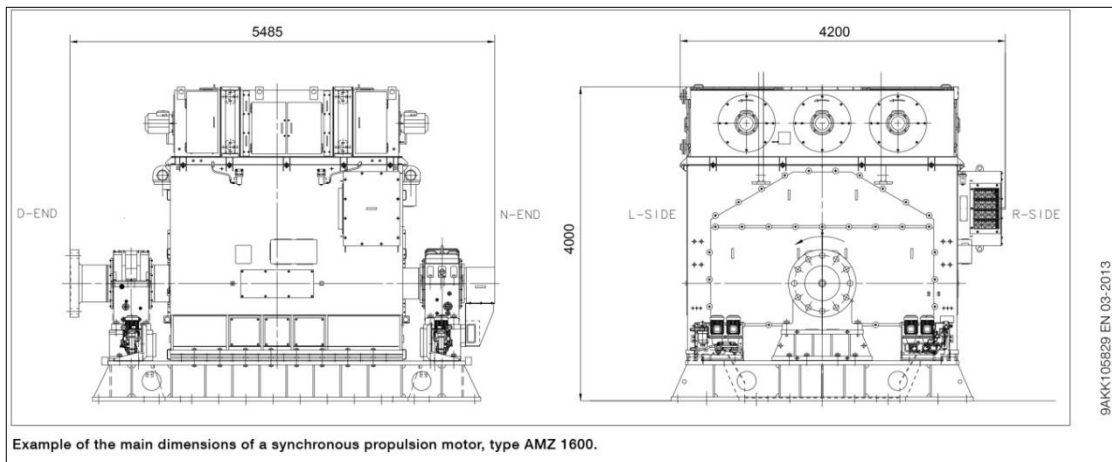


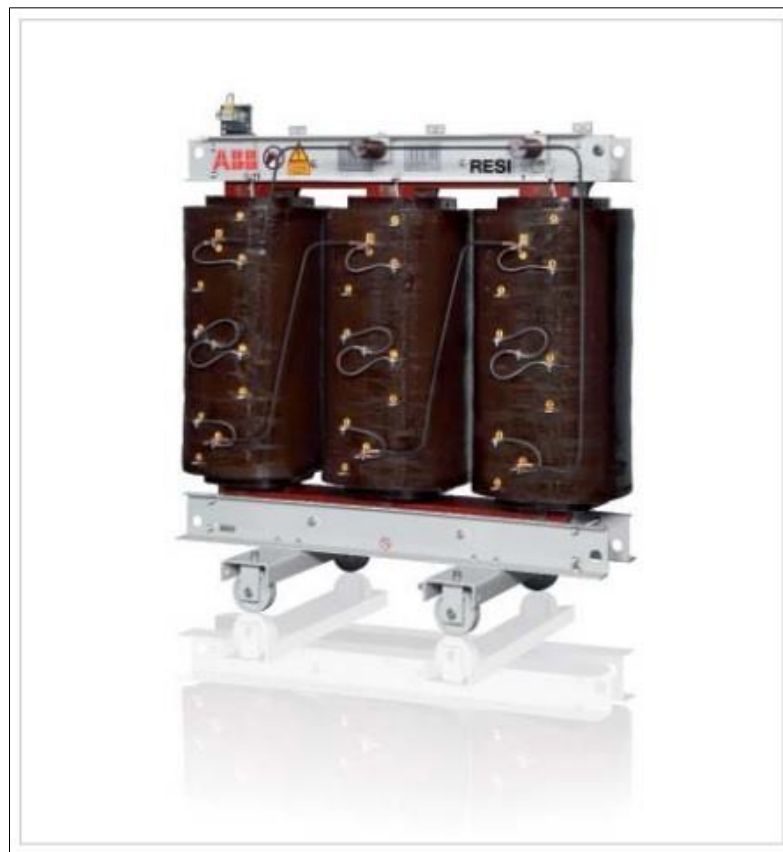
Ilustración 2 - Dimensiones principales AMZ 1600

### 3 TRANSFORMADORES

Dos transformadores de media tensión RESIBLOC de ABB. Utilizados para alimentar a los convertidores.

Características principales:

- Potencia desde 250 kVA a 63.000 kVA.
- Tensión primaria hasta 72.5 kV.
- tensión secundaria hasta 45 kV.
- Frecuencia: 50 Hz / 60 Hz / 16 2/3 Hz.
- Refrigeración: AN / ANAN / ANAF / AFWF.
- Aislamiento: clase F.



*Ilustración 3 - Transformador RESIBLOC de ABB*

## 4 CONVERTIDORES

Dos convertidores de media tensión ABB MEGADRIVE-LCI (Load Commutated Inverter), especialmente diseñados para el control de la velocidad de los motores síncronos de ABB. El modelo elegido es el A1212-302N452. Se trata de un convertidor de 15800 kW, refrigerado por aire. Cada convertidor alimentará a uno de los motores eléctricos.

Motor data			Converter data			
Nominal rating			Type code	Power kVA	Length mm	Weight kg
kW	hp	A				
Water-cooled, 12/12-pulse						
14000	19040	2350	W1212-211N465	15000	5350	8500
24000	32640	2350	W1212-372N465	26000	6250	10000
36000	48960	2350	W1212-563N465	40000	6450	11500
46000	62560	2350	W1212-714N465	50000	8050	17000
48000	65280	2350	W1212-774N465	53000	10050	19000
55000	74800	2350	W1212-855N465	60000	13850 <sup>1</sup>	22000
64000	87040	2350	W1212-986N465	70000	13850 <sup>1</sup>	23000
72000	97920	2350	W1212-1107N465	80000	13850 <sup>1</sup>	24000
Water-cooled, 12/12-pulse, with n+1 thyristor redundancy						
14000	19040	2350	W1212-212R465	15000	6050	9000
24000	32640	2350	W1212-373R465	26000	6250	11500
36000	48960	2350	W1212-564R465	40000	8050	14500
46000	62560	2350	W1212-715R465	50000	8050	18000
48000	65280	2350	W1212-775R465	53000	10050	20000
55000	74800	2350	W1212-856R465	60000	13850	23000
64000	87040	2350	W1212-987R465	70000	13850	24000
72000	97920	2350	W1212-1108R465	80000	13850	25000
Air-cooled, 12/12-pulse						
9100	12376	1600	A1212-211N465	10000	7250 <sup>2</sup>	7000
15800	21488	2000	A1212-302N452	17000	4950	8000
23900	32504	2000	A1212-453N452	26000	6750	11500

**Notes:**  
 Indicative information only  
 LCI depth in back to back configuration: 2250 mm  
<sup>1</sup> increased depth to 2450 mm  
<sup>2</sup> no back to back configuration, depth: 1125 mm

Ilustración 4 - Convertidores MEGADRIVE-LCI

## 4.1 Datos técnicos.

### Technical data At a glance

<b>Input</b>	
Input configuration	6-, 12- or 24-pulse thyristor rectifier
Input voltage	Any voltage level can be applied to the appropriate primary side of the MEGADRIVE-LCI input transformer.
Input voltage variation	±10% without derating ±15% with derating (ride-through below -15%)
Input frequency	50/60 Hz
Input frequency variation	±5%
Input power factor	Approx. 0.85 inductive at rated speed/load
Input harmonics	IEC 61000-2-4, IEEE 519, GB/T 14549-93 compliance possible
Auxiliary voltage	380 – 690 VAC 50/60 Hz, 3-phase, ±10%
Control voltage	90 – 300 VDC or 90 – 265 VAC 50/60 Hz, ±10%
<b>Output</b>	
Output power	2000 – 72000 kW (higher on request)
Output voltage	2.1 – 2 x 10 kV
Output frequency	0 – 120 Hz
Motor type	Synchronous
Efficiency of converter	>99%
<b>Mechanical</b>	
Enclosure	Standard: IP30 Optional air-cooled: IP31, IP41 Optional water-cooled: IP31, IP41, IP54
Cable entry	Bottom (optional from top)
<b>Environmental</b>	
Altitude	1000 m.a.s.l. (higher with derating)
Ambient air temperature	+5 – +40 °C (higher with derating)
External cooling water temperature	+2 – +32 °C (lower and higher with derating)
Noise	Water-cooled: ≤75 dB (A) Air-cooled: ≤85 dB (A)
Cooling type	Air, water
Standards	EN, IEC, CE, (optional CSA)

20 MEGADRIVE-LCI | ABB product brochure

---

**“INGENIERÍA MARINA: PLANTA  
PROPULSORA DFDE PARA LNG/C”**

---

**PRESUPUESTO**

---

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y  
MÁQUINAS**

**FECHA: SEPTIEMBRE - 2016**

**AUTOR: El alumno**

**Fdo.: Pablo García Allegue**

**ÍNDICE**

<b>PRECIOS DESCOMPUESTOS.....</b>	<b>3</b>
Capítulo 01: Generadores.....	3
Capítulo 02: Motores Eléctricos .....	4
Capítulo 03: Transformadores.....	5
Capítulo 04: Convertidores.....	6
Capítulo 05: Obras realizadas en Astillero.....	7
<b>RESUMEN DE CAPÍTULOS.....</b>	<b>8</b>

**PRECIOS DESCOMPUESTOS****Capítulo: 01 Generadores**

Código	Ud	Descripción	Precio	Importe
01.01	1	<b>Wärtsilä 8L50DF</b> Diésel-generator de 7600 kW de potencia. Motor en línea de 8 cilindros de 50 mm de diámetro cada uno. Velocidad de trabajo 500 rpm. Rendimiento del generador 0,965%. Combustibles disponibles HFO, MDO y BOG.	500.000,0	500.000,0
01.02	3	<b>Wärtsilä 12V50DF</b> Diésel-generator de 11400 kW de potencia. Motor en "V" de 12 cilindros de 50 mm de diámetro cada uno. Velocidad de trabajo 500 rpm. Rendimiento del generador 0,965%. Combustibles disponibles HFO, MDO y BOG.	750.000,0	2.250.000,0

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>2.750.000,0 €</b>
-------------------------------------	----------------------



<b>Capítulo: 02</b>	<b>Motores Eléctricos</b>
---------------------	---------------------------

Código	Ud	Descripción	Precio	Importe
02.01	2	<b>ABB AMZ 1600</b> Motor eléctrico síncrono de velocidad variable. Potencia unitaria 15.000 kW. Velocidad máxima 600 RPM.	450.000,0	900.000,0

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>900.000,0 €</b>
-------------------------------------	--------------------

<b>Capítulo: 03</b>	<b>Transformadores</b>
---------------------	------------------------

Código	Ud	Descripción	Precio	Importe
03.01	2	<b>ABB RESIBLOC</b> Transformador de media tensión. Potencia: 250 – 63.000 kVA. Tensión primaria: 72,5 kV. Tensión secundaria: 45 kV. Frecuencia: 50 Hz / 60 Hz / 16 2/3 Hz.	50.000,0	100.000,0

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>100.000,0 €</b>
-------------------------------------	--------------------

<b>Capítulo: 04</b>	<b>Convertidores</b>
---------------------	----------------------

Código	Ud	Descripción	Precio	Importe
04.01	2	<b>ABB MEGADRIVE-LCI</b> Convertidor de frecuencia de 15800 kW. Refrigerado por aire. Eficiencia: 0,99%. Frecuencia de entrada: 50 / 60 Hz. 12 pulsos.	80.000,0	160.000,0

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>160.000,0 €</b>
-------------------------------------	--------------------

<b>Capítulo: 05</b>	<b>Obras realizadas en Astillero</b>
---------------------	--------------------------------------

Código	Ud	Descripción	Precio	Importe
05.01	1	<b>Dique seco</b>	1.500.000,0	1.500.000,0
		Entrada del buque en dique seco, realización de las obras, gastos, certificaciones, inspecciones, y demás.		

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>1.500.000,0 €</b>
-------------------------------------	----------------------

9 de Diciembre de 2015

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN TÉCNICA

LA CONSTRUCTORA

Fdo.: .....

Fdo.: .....

Fdo.: .....

**RESUMEN DE CAPÍTULOS**

Capítulo	Descripción	Importe
01	Generadores	2.750.000,0
02	Motores Eléctricos	900.000,0
03	Transformadores	100.000,0
04	Convertidores	160.000,0
05	Obras realizadas en Astillero	1.500.000,0

**TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL .....5.410.000,0**

13% Gastos Generales .....703.300,0

6% Beneficio Industrial .....324.600,0

**TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA.....6.437.900,0**

21% I.V.A. ....1.351.959,0

**TOTAL PRESUPUESTO C/IVA .....7.789.859,0**

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de:

SIETE MILLONES SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS  
CINCUENTA Y NUEVE EUROS CON CERO CÉNTIMOS.

9 de Diciembre de 2015

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN TÉCNICA

LA CONSTRUCTORA

Fdo.: .....

Fdo.: .....

Fdo.: .....