



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Naval

**“ANTE-PROYECTO DE BARCAZA MAYOR DE ACERO  
DESTINADA AL TRANSPORTE DE ALIMENTO PARA LA  
INDUSTRIA ACUÍCOLA”**

Tesis para optar al título de:

***Ingeniero Naval***

Menciones: Arquitectura Naval,  
Transporte Marítimo  
& Máquinas Marinas

Profesor Patrocinante:

Sr. Richard Luco Salman

Ingeniero Naval

Licenciado en Ingeniería Naval

Doctor en Ingeniería Naval

GABRIEL ANTONIO PARRA VERA

VALDIVIA — CHILE

2015

Esta tesis ha sido sometida para su aprobación a la Comisión de Tesis, como requisito para obtener el grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.

La Tesis aprobada, junto con la nota de examen correspondiente, le permite al alumno obtener el título de **Ingeniero Naval**, menciones: **Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas**.

**EXAMEN DE TÍTULO:**

|                          |                 |   |       |
|--------------------------|-----------------|---|-------|
| Nota de Presentación     | (Ponderada) (1) | : | 4,658 |
| Nota de Examen           | (Ponderada) (2) | : | 1,400 |
| Nota Final de Titulación | (1+2)           | : | 6,06  |

**COMISIÓN EXAMINADORA:**

Sr. Fredy Ruiz /u.  
Decano

Dr. Richard Luco  
Examinador

prof. Miguel Valdeavellano  
Examinador

prof. Hector Leiva  
Examinador

prof. Raquelina Vega  
Secretario Académico

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DECANO  
Firma  
Firma  
Firma  
Firma  
Firma

Valdivia, ..... 19-1-15 .....

$Nota\ Presentación = NC/NA * 0,6 + Nota\ de\ Tesis * 0,2$

$Nota\ Final = Nota\ de\ Presentación + Nota\ Examen * 0,2$

NC = Sumatoria Notas de Currículo, sin Tesis

NA = Número de Asignaturas Cursadas y Aprobadas,  
incluida Práctica Profesional

*Con toda la pasión que esta carrera inspira en mí, les dedico este triunfo familia, por todo sus inmensos esfuerzos y cariño entregado para que este sueño se cumpliera, gracias mamá, papá y hermanita, esto es para ustedes.*

*Obviamente también va para ti amor, mi compañera de vida de hace ya muchos años, me has acompañado durante toda mi carrera, con mucho amor para ti.*

*Finalmente una dedicatoria especial para mis futuros hijos, que algún día espero pueda tener. Quiero que sepan hijos míos, que esta tesis también se hizo pensando en ustedes, porque de solo imaginarlos a mi lado, junto a vuestra mamá me hace inspirarme cada día más por esta pasión llamada ingeniería naval.*

## RESUMEN

Este proyecto de título se centró en poder satisfacer una de las principales necesidades de la industria acuícola y salmonera, la cual es el transporte de alimento para peces a distintos centros de cultivo.

Se trabajó en el ante-proyecto de una barcaza mayor de 456,9 toneladas de registro grueso, la cual será construida en acero normal ASTM – A36 y poseerá una capacidad de carga próxima a las 137,13 toneladas.

Las formas de la nave fueron obtenidas mediante una serie sistemática de barcasas realizada en la Universidad Austral de Chile, con el objetivo de disminuir las grandes resistencias al avance que tienen este tipo de embarcaciones.

La estructura de la barcaza será longitudinal, para lo cual se trabajó con la Sociedad de Clasificación Det Norske Veritas AS.

De acuerdo a cada uno de los cálculos realizados, la embarcación tendrá un precio de aproximadamente US\$ 2,32 millones.

## ABSTRACT

This project focused on title to satisfy one of the main needs of the salmon aquaculture industry, which is the transport of fish feed at different farms.

He worked on the first draft of a larger barge 456,9 tons gross register, which will be built on normal steel ASTM - A36 and possess a capacity of next load to 137,13 tonnes.

The shapes of the ship were obtained through a systematic series of barges made in the Austral University of Chile, with the aim of reducing the large resistance to progress with such craft.

The structure of the barge will be longitudinal, for which he worked with the classification society Det Norske Veritas AS.

According to each of the calculations, the boat will cost approximately US\$ 2,32 million.



## INTRODUCCIÓN

Cuando las condiciones meteorológicas no son adecuadas para poder realizar una navegación, las empresas dedicadas al área acuícola y salmonera quedan sin poder abastecerse de carga de alimento para la crianza y engorda de peces, lo cual termina afectando la producción laboral y junto con ello la economía de la empresa, es por ello que en esta tesis se buscará dar solución a este tipo de problema mediante un ante-proyecto de una embarcación destinada exclusivamente al transporte de alimento para peces.

En este proyecto se trabajará en una barcaza mayor, con el fin de transportar grandes cantidades de carga a una velocidad máxima de 10 [kn], considerando que la mayoría de este tipo de naves lo hace entre rangos de 8 y 9 [kn]. Es por ello, que se pensó en adoptar las formas más apropiadas que necesitaría este tipo de buque para vencer las resistencias que se oponen a su propulsión.

La barcaza contará con dos líneas de eje, es por ello que tanto sus hélices como sus timones serán calculados especialmente para esta nave mediante varios tipos de métodos teórico-empíricos, lo cual nos ayudará a aumentar la eficiencia de la embarcación.

En cuanto a la resistencia estructural se trabajará con la casa noruega DNV, calculando así cada uno de los elementos estructurales bajo las correspondientes normas mínimas exigibles para cada caso.

Para analizar la estabilidad de la nave, primero que todo se trabajará realizando un estudio preliminar de pesos mediante cálculo directo para posteriormente analizar cada una de las condiciones de carga exigibles por la Autoridad Marítima Nacional, a través de la OMI, y así poder evaluar la estabilidad transversal de la embarcación.

En cuanto al cálculo eléctrico, se trabajará con la norma chilena eléctrica 4/2003 (84), referida a instalaciones interiores de baja tensión, determinando cada una de las secciones nominales que tendrán los conductores eléctricos para abastecer las principales zonas y requerimientos de la nave. Además de ello se calcularán sus protecciones mínimas y se realizará el plano unilineal eléctrico junto a los cuadros de carga exigidos por DITECTEMAR.

## ÍNDICE DE CUADERNILLOS

|                                                                                     |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>1. Cuadernillo 01</b> (9 páginas).....                                           | A |
| <i>Memoria Explicativa</i>                                                          |   |
| <b>2. Cuadernillo 02</b> (11 páginas) .....                                         | B |
| <i>Dimensiones Principales</i>                                                      |   |
| <b>3. Cuadernillo 03</b> (14 páginas) .....                                         | C |
| <i>Diseño de Formas</i>                                                             |   |
| <b>4. Cuadernillo 04</b> (11 páginas) .....                                         | D |
| <i>Disposición General</i>                                                          |   |
| <b>5. Cuadernillo 05</b> (18 páginas) .....                                         | E |
| <i>Cálculos de Arquitectura Naval</i>                                               |   |
| <b>6. Cuadernillo 06</b> (29 páginas) .....                                         | F |
| <i>Resistencia al Avance &amp; Cálculo del propulsor</i>                            |   |
| <b>7. Cuadernillo 07</b> (10 páginas) .....                                         | G |
| <i>Planta Propulsora &amp; Línea de Propulsión</i>                                  |   |
| <b>8. Cuadernillo 08</b> (42 páginas) .....                                         | H |
| <i>Ante-Proyecto de Timón &amp; Estimación de Maniobrabilidad</i>                   |   |
| <b>9. Cuadernillo 09</b> (58 páginas) .....                                         | I |
| <i>Resistencia Estructural</i>                                                      |   |
| <b>10. Cuadernillo 10</b> (10 páginas) .....                                        | J |
| <i>Estudio de Pesos &amp; Centro Gravedad del Buque en Rosca</i>                    |   |
| <b>11. Cuadernillo 11</b> (16 páginas) .....                                        | K |
| <i>Estudio de Estabilidad Transversal</i>                                           |   |
| <b>12. Cuadernillo 12</b> (30 páginas) .....                                        | L |
| <i>Equipamiento de los Cargos de Cubierta &amp; Sistemas Auxiliares Principales</i> |   |
| <b>13. Cuadernillo 13</b> (24 páginas) .....                                        | M |
| <i>Definición de Planta Eléctrica</i>                                               |   |
| <b>14. Cuadernillo 14</b> (8 páginas) .....                                         | N |
| <i>Presupuesto</i>                                                                  |   |
| <b>15. Cuadernillo 15</b> (8 páginas) .....                                         | Ñ |
| <i>Memoria Final</i>                                                                |   |



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 01

“Memoria Explicativa”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                       |          |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Introducción .....</b>                                          | <b>3</b> |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                      | <b>3</b> |
| <b>3. Objetivos Específicos .....</b>                                 | <b>3</b> |
| <b>4. Perfil de Misión .....</b>                                      | <b>4</b> |
| 4.1 Tipo de embarcación .....                                         | 4        |
| 4.1.1 Características principales de barcazas (naves especiales)..... | 4        |
| 4.1.2 Principales funciones de las barcazas .....                     | 4        |
| 4.2 Función de la embarcación.....                                    | 5        |
| 4.2.1 Industria acuícola en Chile .....                               | 5        |
| 4.2.2 Destinación de la barcaza a diseñar .....                       | 5        |
| 4.3 Zona de operación.....                                            | 6        |
| 4.3.1 Rutas de navegación .....                                       | 6        |
| 4.3.2 Datos sobre la navegación en canales .....                      | 6        |
| 4.4 Características técnicas .....                                    | 7        |
| 4.4.1 Características generales.....                                  | 7        |
| 4.4.2 Autonomía .....                                                 | 7        |
| 4.4.3 Tripulación.....                                                | 8        |
| <b>5. Conclusiones .....</b>                                          | <b>9</b> |
| <b>6. Referencias.....</b>                                            | <b>9</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

La industria salmonera ha crecido enormemente en la última década, aumentando sus exportaciones de forma exponencial, es por ello la importancia en acrecentar la producción en todos los ámbitos que sean posibles, desde nuevas tecnologías y equipos hasta el más óptimo diseño de embarcaciones, jaulas, muelles, estructuras flotantes, etc. Cada uno de estos es vital en la reducción de costos para la empresa, razón central por la cual afrontar uno de estos, las embarcaciones de transporte de alimento.

Los centros de cultivo necesitan de grandes cantidades de alimento para peces, para ello requieren de un servicio continuo que los abastezca de manera rápida, eficiente y segura, motivo por el cual se trabajará en una barcaza mayor de acero destinada al transporte de alimento para tal industria.

En este cuaderno se detallará el aumento de la industria salmonera en Chile y el rol que cumplen las embarcaciones de servicio como apoyo al crecimiento de la producción.

Se especificará el tipo de nave, función y destino principal, rutas de navegación, autonomía y tripulación que esta tendrá.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer la importancia de las barcasas como apoyo a las industrias salmoneras, centrándose en el proyecto y diseño de una de estas, donde se explicaran sus características generales y correspondiente perfil de misión.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el tipo de nave “barcaza”.
- Ilustrar cifras del crecimiento de la industria salmonera en Chile.
- Presentar un anteproyecto de barcaza para la industria.
- Conocer el perfil de misión al que se encontrará orientada la nave a desarrollar, sus rutas de navegación, autonomía, tripulación, etc.

## 4. PERFIL DE MISIÓN

### 4.1 TIPO DE EMBARCACIÓN

#### 4.1.1 Características principales de las barcasas (naves especiales):

Las barcasas son buques de servicio, principalmente utilizadas como embarcaciones de carga. Estos tipos de buques suelen ser remolcados o autopropulsados.

Sus fines de carga son muy variados, y generalmente se dedican a abastecer zonas de poca conectividad marítima, como lo son algunas islas del sur de Chile.

Hace algunas décadas la construcción de este tipo de naves ha sufrido un fuerte auge principalmente en la industria salmonera, ello debido a sus formas rectas y grandes esloras que les permiten transportar grandes cantidades de carga.

Las formas de las barcasas no son normales, en comparación a la mayoría de las naves con formas curvas, las cuales les permiten ajustar las líneas de corriente de las aguas en las que se navega al buque, buscando así disminuir la resistencia al avance para poder optimizar al máximo los costos de operación implicados.

La gran mayoría de este tipo de naves es bastante espaciosa, de gran manga y formas rectangulares en su casco, formando bodegas de grandes dimensiones que le permitan transportar la mayor cantidad de peso muerto por flete.

#### 4.1.2 Principales funciones de las barcasas:

Principalmente las barcasas se dedican al transporte de carga, las cuales pueden ser muy variadas, desde cargas puntuales como alimento para peces, vehículos menores, madera para la industria forestal, etc., hasta cargas generales misceláneas para abastecer zonas terrestres rurales aisladas, como por ejemplo pequeñas islas que no cuentan con conectividad marítima a zonas urbanas donde el comercio es a mayor escala. Ejemplos de este tipo de naves se presentan a continuación:



Fig.1: Barcaza Pincoya (Naviera Austral)



Fig.2: Barcaza Mailén (Naviera Puelche)

## 4.2 FUNCIÓN DE LA EMBARCACIÓN

### 4.2.1 Industria acuícola en Chile:

No cabe duda que la industria acuícola chilena ya forma parte de las grandes ligas de exportación a nivel mundial, situándose dentro de los diez primeros países de exportación de salmón (atlántico, coho y rey) y trucha según fuentes estadísticas de Intesal (Instituto Tecnológico del Salmón S.A).

Un ejemplo de ello son los datos históricos de la demanda de exportaciones de la empresa pesquera “Los Fiordos” creada en el año 1989, dedicada al desarrollo, desove, engorda, procesamiento y comercialización de especies salmonídeas. Según datos del sitio web [www.mercantil.com](http://www.mercantil.com) las exportaciones de salmón de esta empresa han aumentado exponencialmente, notándose una mayor alza desde el año 2009.

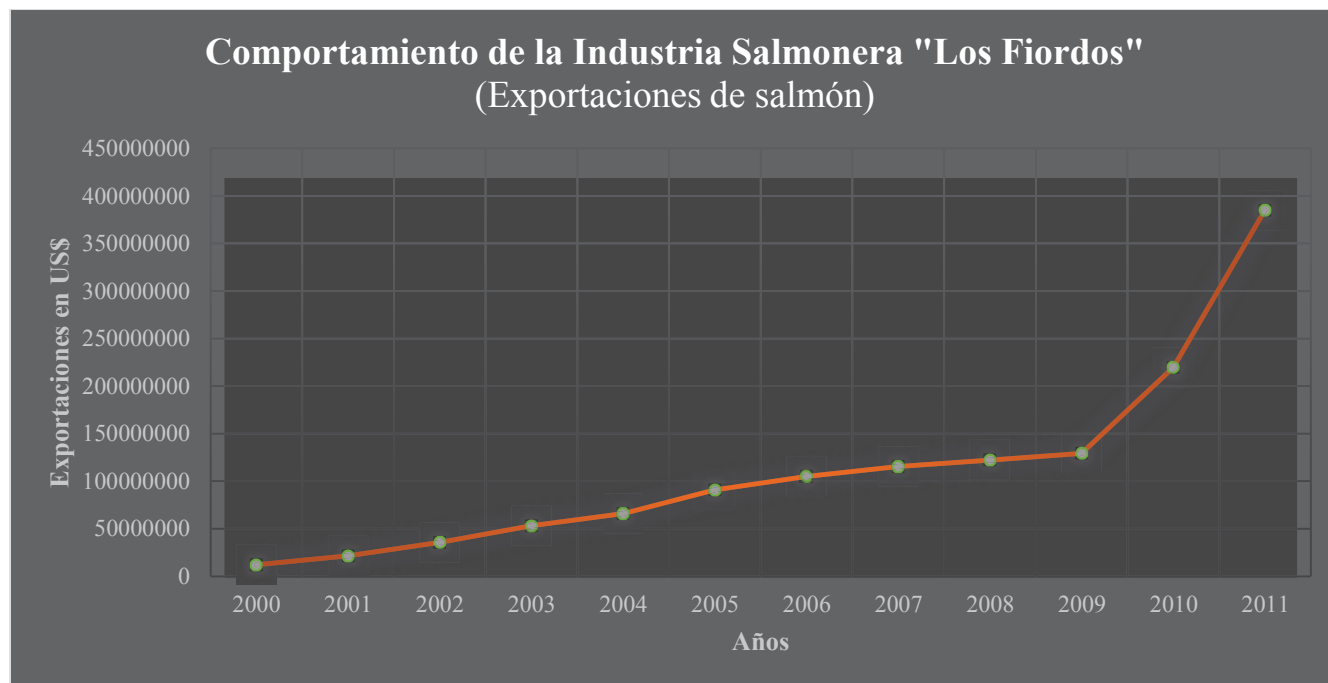


Gráfico: Elaboración propia (Datos: [www.mercantil.com](http://www.mercantil.com))

Es por ello, la industria cada día busca aumentar su producción a través de distintos artefactos y equipamiento tecnológico, entre los que se cuentan balsas jaulas, sistemas de fondeo, redes, sistemas de controles de alimentación, bodegas flotantes, distintos tipos de estructuras especializadas como muelles, plataformas, etc., y por último las embarcaciones especiales de transporte de carga, equipos y peces vivos en etapas de cosecha y/o smolts (wellboats).

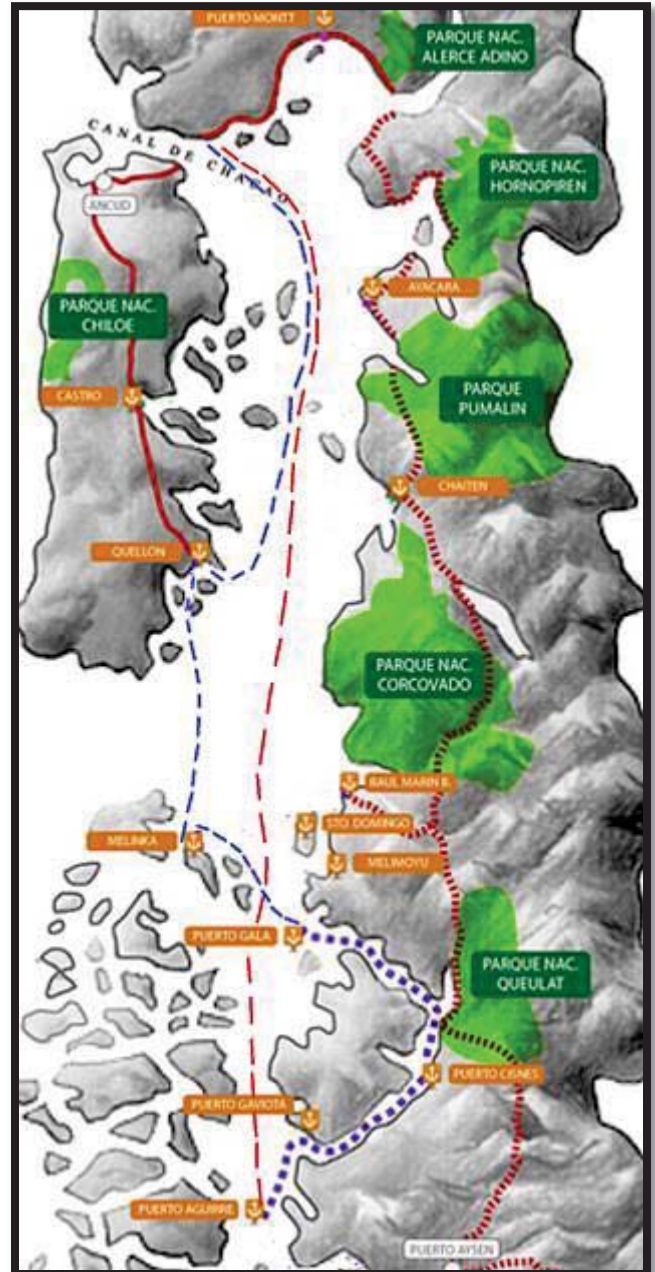
### 4.2.2 Destinación de la barcaza a diseñar:

La barcaza será destinada al transporte de alimento para peces, ya sea en conjuntos de pallets o en sacos maxibags especializados para ello.



### 4.3 ZONA DE OPERACIÓN

A pesar de ello, el problema más importante radica en las condiciones meteorológicas, debido a que en épocas de mal tiempo la navegación se torna bastante complicada, principalmente por el aumento de las mareas, corrientes y vientos, lo cual ha traído serias consecuencias a los centros de cultivo respecto al abastecimiento de alimento para peces, quedándose incluso varios días sin recibir carga que les permita mantener la producción.



6



Es por ello, uno de los principales problemas a solucionar es diseñar embarcaciones que trasladen gran cantidad de alimento y en conjunto con ello que operen a velocidades de servicio próximas a 9 o 10 [kn], razón por la cual se necesitan optimizar al máximo los recursos ingenieriles en la construcción de este tipo de naves especiales con formas muy marcadas, las cuales impiden una correcta entrada y salida de las líneas de corriente en proa y popa, generándose vórtices en la zona de popa que en conjunto con todas las demás variables que inducen a una alta resistencia propulsiva terminan afectando la velocidad de las naves, lo cual se resumen en altos costos operacionales para el armador.

## 4.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### 4.4.1 Características generales:

De acuerdo a los requerimientos del armador la nave tendrá las siguientes características iniciales:

**Tipo de nave:** Barcaza mayor

*(Tal cual se ha mencionado anteriormente el armador busca una nave que permita el transporte de gran cantidad de carga, es por ello, opta por una nave mayor a 50 TRG).*

**Materialidad:** Acero normal ASTM A36

*(Debido a que en Chile no se fabrica acero naval, los astilleros lo importan a gran escala cuando se enfrentan a grandes proyectos de construcción, sin embargo, en la mayoría de las maestranzas y pequeños astilleros se suele utilizar acero normal, debido a que es de fácil accesibilidad en el país).*

**Perfil de misión:** Transporte de alimento para la industria salmonera

*(Debido al gran auge que ha experimentado la industria salmonera, se hace indispensable acrecentar la producción a través de distintos medios, siendo uno de estos, el transporte continuo de gran cantidad de alimentos para peces en un tiempo reducido).*

**Líneas de eje:** 2

*(De manera de disminuir los efectos de cavitación en los propulsores se decide utilizar dos líneas de eje, debido a que el empuje a producir se reduce a la mitad en cada una de las hélices).*

### 4.4.2 Autonomía:

En base a registros académicos de estudios de evaluación y viabilidad de un proyecto naviero prestador de servicio para la industria salmonera, se estima que para las rutas de navegación de ida y vuelta, considerando una determinada tasa de carga y descarga de alimentos para cada una de las distancias náuticas de ida a recorrer entre Puerto Montt – Quellón (aprox. 122 m.n), Quellón – Las Guaticas (aprox. 50 m.n), Las Guaticas – Puerto Cisnes (aprox. 124 m.n) y Puerto Cisnes – Puerto Aguirre (aprox. 62 m.n), más la ruta de regreso Puerto Aguirre – Puerto Montt (aprox. 224 m.n), horas estimadas en puerto y velocidades de navegación, en un viaje se demoraría 4 días estimados desde su salida en Puerto Montt abasteciendo cada uno de los centros de cultivo descritos y su posterior viaje de regreso.

Considerando un margen de seguridad de 1 día, la autonomía de la embarcación será de 5 días.

#### 4.4.3 Tripulación:

La tripulación se dividirá en dos turnos de 15 x 15, la cual estará compuesta por:

- Un patrón regional superior
- Un patrón regional
- Tres tripulantes de cubierta
- Un motorista segundo
- Un cocinero

Total de tripulación: 7 personas por cada turno de 15 x 15.

## 5. CONCLUSIONES

Se trabajará en el desarrollo de una barcaza mayor de acero, la cual cumpla los objetivos de la industria salmonera de transportar gran cantidad de carga (alimento para peces) a una velocidad próxima a 10 [kn]. Para ello se diseñará un modelo de buque que disminuya su resistencia al avance, para lo cual se trabajará con series sistemáticas de barcasas desarrolladas en el canal de pruebas hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile, entre los años 1990 y 1991.

El objetivo final de considerar formas que disminuyan los efectos de la resistencia propulsiva, es el de disminuir los grandes costos de operación implícitos durante la navegación, es así como se trabajará calculando y optimizando cada uno de los parámetros involucrados en el proyecto y posterior construcción de un tipo de nave como esta.

## 6. REFERENCIAS

[1] Anteproyecto de una barcaza en madera para actividad salmonera  
*Carlos Barría Bahamonde*  
*Universidad Austral de Chile*  
*Año 2002*

[2] Anteproyecto de embarcación multipropósito para la industria salmonera  
*Oscar Proessel Aguilera*  
*Universidad Austral de Chile*  
*Año 2006*

[3] Evaluación de un proyecto naviero  
*ICNA268 Administración Naviera*  
*Universidad Austral de Chile*  
*Año 2013*

[4] Preparación y evaluación de un proyecto naviero  
*ICNA252 Evaluación de Proyectos*  
*Universidad Austral de Chile*  
*Año 2013*



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 02

“Dimensiones Principales”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                           | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                      | <b>3</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                                  | <b>3</b>  |
| <b>4. Dimensiones Principales .....</b>                               | <b>4</b>  |
| 4.1 Base de datos de embarcaciones existentes .....                   | 4         |
| 4.1.1 Encargo del armador .....                                       | 4         |
| 4.1.2 Creación de la base de datos.....                               | 4         |
| 4.2 Dimensiones principales.....                                      | 8         |
| 4.2.1 Parámetro independiente sobre las dimensiones preliminares..... | 8         |
| 4.2.2 Valor del parámetro independiente.....                          | 8         |
| 4.2.3 Dimensiones preliminares .....                                  | 10        |
| 4.2.4 Dimensiones finales.....                                        | 10        |
| <b>5. Conclusiones.....</b>                                           | <b>11</b> |
| <b>6. Referencias .....</b>                                           | <b>11</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se presentarán las dimensiones principales del encargo de proyecto solicitado por el armador, una barcaza mayor de acero destinada al área salmonera.

En esta etapa se realizará una intensa búsqueda de información de buques similares, con el fin de comenzar a insertarse en el llamado espiral de proyecto (secuencia lógica de un determinado proyecto).

La metodología utilizada para definir las dimensiones principales se basó en la creación de una base de datos de embarcaciones ya existentes, a la cual se le fueron agregando los datos necesarios faltantes a través de cálculos teóricos, con el objetivo de complementar la información obtenida y así generar una base de datos bastante completa. Posteriormente se presentarán los datos de naves finales ya filtrados en torno a parámetros fijos, como por ejemplo la velocidad de servicio. Tales datos se ilustrarán en un gráfico de dispersión de manera de aplicar una línea de tendencia sobre los puntos presentados en el área gráfica para finalmente mediante el método de regresión lineal llegar a relacionar distintas variables (manga, calado, velocidad, etc.) en base a un dato fijo (en este caso se utilizará la eslora de la embarcación).

## 2. OBJETIVO GENERAL

Determinar en primera instancia las dimensiones principales de la embarcación a proyectar en base a los requerimientos del armador, con el fin de adentrarnos en la espiral de proyecto y así comenzar a diseñar las formas de la nave.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear una base de datos de buques ya existentes de manera de poder relacionarlos con nuestro proyecto de encargo.
- Aplicar el método de regresión lineal sobre los datos recopilados, para así poder interpolar a las dimensiones necesarias del proyecto en estudio.
- Determinar finalmente las dimensiones principales del proyecto en base a los requerimientos del armador y a la búsqueda de información recopilada.

## **4. DIMENSIONES PRINCIPALES**

### **4.1 BASE DE DATOS DE EMBARCACIONES EXISTENTES**

#### **4.1.1 Encargo del armador:**

Proyecto y diseño de una barcaza mayor de acero, para destinarla al transporte de alimento de apoyo a la industria salmonera. Esta barcaza deberá poseer dos líneas de ejes.

#### **4.1.2 Creación de la base de datos:**

Tal cual se mencionó en la introducción, para poder llegar a determinar las dimensiones principales del proyecto, se comenzará creando una base de datos de barcas mayores ya existentes, a través de distintos medios de información, es decir, sitios web de astilleros y maestranzas, compañías navieras, venta de embarcaciones de segunda mano, boletines estadísticos marítimos y tesis de ex-alumnos de la carrera de ingeniería naval de la Universidad Austral de Chile.

Las principales referencias para la base de datos confeccionada fueron:

- Compañía Naviera Frasal S.A
- Transbordadora Austral Broom Ltda
- Naviera Austral S.A
- Soc. Servicios Marítimos y Portuarios Altamar Ltda
- Naviera Cruz del Sur Ltda
- Naviera Puelche
- Astilleros ASCON Ltda
- Boletín estadístico marítimo 2013, Directemar
- Entre otros (Marine Traffic, histarmar, etc.)

El método de trabajo empleado fue recopilar la mayor cantidad de información disponible, aunque claro está es muy difícil encontrar una embarcación con todas sus características (dimensiones principales, potencia, velocidad, etc.), es por ello se comenzó creando una base de datos la cual presentaba carencias de distinta índole. Para solucionar aquello, se filtraron las embarcaciones que presentaban la mayor cantidad de datos disponibles, a las cuales se les aplicó el método de regresión lineal, para finalmente mediante distintas ecuaciones de la recta llegar a determinar todos los datos faltantes de los 64 buques que conforman la base de datos.

La base de datos final obtenida mezcla información real de buques ya existentes e información obtenida mediante cálculos teóricos ya sea de potencia, coeficientes, velocidades, etc., referidos a la información faltante.

La búsqueda de información y los cálculos realizados se resumen en la tabla 1, a continuación.



**Base de Datos de Barcazas Mayores**

| Nº | Nave<br>(Nombre)      | Año  | Eslera "L"<br>[mts] | Manga "B"<br>[mts] | Puntal "D"<br>[mts] | Calado "T"<br>[mts] | TRG    | C <sub>B</sub> | Vol<br>[m³] | Δ<br>[ton] | Velocidad<br>[Kn] | BHP<br>[kW] | L/B  | B/D  | T/D  | L/D   | B/T  | Pot/Vel | Tipo de embarcación                    | Armador                             |
|----|-----------------------|------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------|----------------|-------------|------------|-------------------|-------------|------|------|------|-------|------|---------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| 1  | Kavala                | 1974 | 64                  | 15,4               | 3,90                | 3,20                | 998,0  | 0,60           | 1891,72     | 1939,01    | 11,0              | 1298,44     | 4,16 | 3,95 | 0,82 | 16,41 | 4,81 | 118,04  | Barcaza                                | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 2  | Stephano              | -    | 41,14               | 6,6                | 3,10                | 2,13                | 363,1  | 0,57           | 327,72      | 335,91     | 9,3               | 356,01      | 6,23 | 2,13 | 0,69 | 13,27 | 3,10 | 38,48   | Barcaza                                | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 3  | Don Anestis           | -    | 69,53               | 13,02              | 5,74                | 3,69                | 1021,0 | 0,59           | 1975,15     | 2024,53    | 10,5              | 1169,65     | 5,34 | 2,27 | 0,64 | 12,11 | 3,52 | 111,33  | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 4  | Capitán Carlos Miller | -    | 65,1                | 11                 | 6,20                | 3,65                | 918,4  | 0,59           | 1534,41     | 1572,77    | 10,3              | 983,79      | 5,92 | 1,77 | 0,59 | 10,50 | 3,01 | 95,41   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 5  | Doña Amelia           | -    | 46,56               | 9,5                | 5,70                | 3,67                | 488,7  | 0,57           | 928,37      | 951,58     | 9,5               | 705,14      | 4,90 | 1,67 | 0,64 | 8,17  | 2,59 | 74,29   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 6  | Anna Martin           | -    | 64,6                | 11                 | 6,20                | 3,60                | 906,8  | 0,59           | 1500,72     | 1538,24    | 10,3              | 968,92      | 5,87 | 1,77 | 0,58 | 10,42 | 3,06 | 94,17   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 7  | Don Andrés K.         | -    | 63,81               | 11,7               | 4,70                | 3,08                | 888,5  | 0,59           | 1345,96     | 1379,61    | 10,3              | 900,52      | 5,45 | 2,49 | 0,65 | 13,58 | 3,80 | 87,82   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 8  | Antonio               | -    | 44,93               | 10,09              | 5,60                | 3,61                | 450,9  | 0,57           | 933,94      | 957,28     | 9,4               | 709,79      | 4,45 | 1,80 | 0,64 | 8,02  | 2,79 | 75,36   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 9  | Franz                 | -    | 32,06               | 7,2                | 5,65                | 3,64                | 152,7  | 0,56           | 470,60      | 482,37     | 8,9               | 469,75      | 4,45 | 1,27 | 0,64 | 5,67  | 1,98 | 53,08   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 10 | Christopher           | -    | 30,5                | 7,3                | 4,00                | 2,66                | 116,5  | 0,56           | 331,06      | 339,34     | 8,8               | 375,03      | 4,18 | 1,83 | 0,67 | 7,63  | 2,74 | 42,71   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 11 | Claudio III           | -    | 39,66               | 7,24               | 6,17                | 3,95                | 328,8  | 0,57           | 642,07      | 658,12     | 9,2               | 559,73      | 5,48 | 1,17 | 0,64 | 6,43  | 1,83 | 60,93   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 12 | Carlos III            | -    | 41,09               | 8,24               | 6,30                | 4,03                | 361,9  | 0,57           | 773,49      | 792,83     | 9,2               | 631,19      | 4,99 | 1,31 | 0,64 | 6,52  | 2,05 | 68,24   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 13 | Constantino III       | -    | 37,9                | 7,3                | 3,45                | 2,33                | 288,0  | 0,56           | 364,83      | 373,95     | 9,1               | 386,18      | 5,19 | 2,12 | 0,68 | 10,99 | 3,13 | 42,40   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 14 | Mimi                  | -    | 36,71               | 6,6                | 3,46                | 2,34                | 260,4  | 0,56           | 319,75      | 327,74     | 9,1               | 355,22      | 5,56 | 1,91 | 0,68 | 10,61 | 2,82 | 39,23   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 15 | Michalis              | -    | 27,77               | 6,96               | 3,13                | 2,14                | 53,2   | 0,56           | 230,38      | 236,14     | 8,7               | 300,22      | 3,99 | 2,23 | 0,69 | 8,89  | 3,25 | 34,66   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 16 | Mimi de Los Ángeles   | -    | 30,5                | 7,3                | 4,00                | 2,66                | 116,5  | 0,56           | 331,06      | 339,34     | 8,8               | 375,03      | 4,18 | 1,83 | 0,67 | 7,63  | 2,74 | 42,71   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 17 | Valentina             | -    | 37,63               | 6,7                | 3,45                | 2,33                | 281,7  | 0,56           | 332,33      | 340,64     | 9,1               | 363,23      | 5,62 | 1,94 | 0,68 | 10,91 | 2,87 | 39,93   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 18 | María Teresa          | -    | 46,56               | 9,5                | 5,70                | 3,67                | 488,7  | 0,57           | 928,37      | 951,58     | 9,5               | 705,14      | 4,90 | 1,67 | 0,64 | 8,17  | 2,59 | 74,29   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 19 | Alexander             | -    | 30,54               | 6,63               | 3,26                | 2,22                | 117,4  | 0,56           | 251,39      | 257,68     | 8,8               | 312,08      | 4,61 | 2,03 | 0,68 | 9,37  | 2,98 | 35,53   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 20 | Athina                | -    | 28,38               | 6,63               | 3,22                | 2,20                | 67,4   | 0,56           | 230,39      | 236,15     | 8,7               | 298,84      | 4,28 | 2,06 | 0,68 | 8,81  | 3,02 | 34,40   | Carguero general/alimento tipo barcaza | Transportes Marítimos Kochifas S.A. |
| 21 | Melinka               | 1963 | 40,5                | 10                 | 3,60                | 1,20                | 472,0  | 0,58           | 282,51      | 289,57     | 10,0              | 379,71      | 4,05 | 2,78 | 0,33 | 11,25 | 8,33 | 37,97   | Barcaza                                | Transbordadora Austral Broom Ltda.  |
| 22 | Yamana                | 1972 | 33                  | 9,8                | 1,70                | 1,30                | 323,0  | 0,56           | 235,06      | 240,93     | 8,9               | 294,22      | 3,37 | 5,76 | 0,76 | 19,41 | 7,56 | 33,09   | Barcaza                                | Transbordadora Austral Broom Ltda.  |

|    |                      |      |       |      |      |      |       |      |        |        |      |        |      |      |      |       |      |       |                                                                                                                     |                                                     |
|----|----------------------|------|-------|------|------|------|-------|------|--------|--------|------|--------|------|------|------|-------|------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 23 | Tonina               | 2001 | 31,4  | 9    | 2,00 | 1,47 | 150,0 | 0,56 | 233,07 | 238,90 | 8,8  | 295,17 | 3,49 | 4,50 | 0,74 | 15,70 | 6,11 | 33,46 | Nave mayor tipo barcaza con proa, para cabotaje general y transporte de smolt                                       | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 24 | Josefina             | 2006 | 31,5  | 9    | 2,00 | 1,47 | 144,0 | 0,56 | 233,85 | 239,70 | 8,8  | 295,65 | 3,50 | 4,50 | 0,74 | 15,75 | 6,11 | 33,50 | Nave mayor tipo barcaza con rampla, utilizada para cabotaje en general                                              | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 25 | Cecilia              | 2007 | 37,3  | 11   | 3,50 | 2,36 | 376,0 | 0,56 | 547,44 | 561,13 | 9,1  | 507,25 | 3,39 | 3,14 | 0,68 | 10,66 | 4,65 | 55,85 | Nave mayor tipo barcaza con rampla                                                                                  | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 26 | Victoria             | 2007 | 37,3  | 11   | 3,50 | 2,36 | 376,0 | 0,62 | 599,81 | 614,80 | 12,0 | 941,18 | 3,39 | 3,14 | 0,68 | 10,66 | 4,65 | 78,43 | Nave mayor tipo barcaza con rampla                                                                                  | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 27 | Don Ascanio          | 2011 | 45,7  | 12   | 3,60 | 3,00 | 517,0 | 0,59 | 965,49 | 989,62 | 10,3 | 860,41 | 3,81 | 3,33 | 0,83 | 12,69 | 4,00 | 83,53 | Nave mayor tipo barcaza con rampla                                                                                  | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 28 | María Ines           | 2012 | 43,6  | 12   | 3,60 | 2,30 | 517,0 | 0,57 | 686,16 | 703,31 | 9,4  | 584,28 | 3,63 | 3,33 | 0,64 | 12,11 | 5,22 | 62,16 | Nave mayor tipo barcaza con rampla                                                                                  | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 29 | Narval               | -    | 34,65 | 7,5  | 2,65 | 1,86 | 165,0 | 0,56 | 271,71 | 278,50 | 9,0  | 321,46 | 4,62 | 2,83 | 0,70 | 13,08 | 4,03 | 35,86 | Nave de tipo barcaza con rampla                                                                                     | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 30 | Cahuel               | -    | 34,3  | 9    | 2,00 | 1,47 | 150,0 | 0,56 | 255,68 | 262,07 | 8,9  | 309,19 | 3,81 | 4,50 | 0,74 | 17,15 | 6,11 | 34,55 | Nave mayor tipo barcaza con proa, para cabotaje general y transporte de smolt                                       | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 31 | Pia José             | -    | 22,2  | 8,2  | 4,00 | 2,66 | 158,0 | 0,55 | 267,39 | 274,07 | 8,4  | 350,05 | 2,71 | 2,05 | 0,67 | 5,55  | 3,08 | 41,60 | Nave mayor multipropósito para cabotaje general, transporte de smolt y transporte de cosecha                        | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 32 | Salar                | 2001 | 34,4  | 9    | 2,20 | 1,59 | 163,0 | 0,56 | 277,11 | 284,04 | 9,0  | 326,08 | 3,82 | 4,09 | 0,72 | 15,64 | 5,65 | 36,42 | Nave mayor tipo barcaza con proa, para cabotaje general y transporte de smolt                                       | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 33 | Coho                 | 2001 | 31,2  | 9    | 2,20 | 1,59 | 163,0 | 0,56 | 250,16 | 256,42 | 8,8  | 309,80 | 3,47 | 4,09 | 0,72 | 14,18 | 5,65 | 35,16 | Nave mayor tipo barcaza con proa, para cabotaje general y transporte de smolt                                       | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 34 | Don José             | -    | 33,4  | 7,15 | 2,75 | 1,92 | 142,0 | 0,56 | 257,18 | 263,61 | 8,9  | 311,76 | 4,67 | 2,60 | 0,70 | 12,15 | 3,73 | 34,99 | Nave mayor multipropósito para cabotaje general y transporte de cosecha muerta desangrada                           | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 35 | Don Julián           | -    | 34,4  | 7,15 | 2,75 | 1,92 | 130,0 | 0,56 | 265,27 | 271,90 | 9,0  | 316,72 | 4,81 | 2,60 | 0,70 | 12,51 | 3,73 | 35,37 | Nave mayor multipropósito para cabotaje general y transporte de smolt                                               | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 36 | Orca                 | -    | 29,8  | 9    | 2,00 | 1,47 | 128,0 | 0,56 | 220,68 | 226,20 | 8,8  | 287,49 | 3,31 | 4,50 | 0,74 | 14,90 | 6,11 | 32,85 | Nave mayor tipo barcaza con proa multipropósito. Para cabotaje general, transporte de smolt y transporte de cosecha | Compañía Naviera Frasal S.A.                        |
| 37 | Mar de Coral         | 2001 | 34    | 8,5  | 1,60 | 1,24 | 145,0 | 0,56 | 200,73 | 205,74 | 8,9  | 263,50 | 4,00 | 5,31 | 0,77 | 21,25 | 6,87 | 29,49 | Barcaza                                                                                                             | Banco de Chile                                      |
| 38 | Pincoya              | 1978 | 48,7  | 12,2 | 2,30 | 2,00 | 415,0 | 0,54 | 640,19 | 656,19 | 7,7  | 354,20 | 3,99 | 5,30 | 0,87 | 21,17 | 6,10 | 46,00 | Barcaza                                                                                                             | Naviera Austral S.A                                 |
| 39 | Corcovado IV         | 2008 | 37,5  | 9,5  | 2,90 | 1,90 | 268,0 | 0,56 | 378,44 | 387,90 | 8,8  | 371,34 | 3,95 | 3,28 | 0,66 | 12,93 | 5,00 | 42,20 | Barcaza                                                                                                             | Soc. Servicios Marítimos y Portuarios Altamar Ltda. |
| 40 | Don Juan             | 1977 | 49,6  | 12,4 | 2,80 | 1,80 | 387,0 | 0,56 | 625,11 | 640,74 | 9,1  | 482,47 | 4,00 | 4,43 | 0,64 | 17,71 | 6,89 | 53,02 | Barcaza                                                                                                             | Naviera Cruz del Sur Ltda.                          |
| 41 | Laitec               | 2000 | 32,7  | 9    | 2,20 | 1,59 | 178,0 | 0,56 | 262,77 | 269,34 | 8,9  | 317,41 | 3,63 | 4,09 | 0,72 | 14,86 | 5,65 | 35,75 | Barcaza                                                                                                             | Servicios Marítimos y Transportes S.A.              |
| 42 | Pilchero             | 1973 | 34,5  | 8    | 2,20 | 1,59 | 291,0 | 0,56 | 247,07 | 253,25 | 9,0  | 301,93 | 4,31 | 3,64 | 0,72 | 15,68 | 5,02 | 33,70 | Barcaza                                                                                                             | Dirección de Vialidad, Ministerio De Obras Públicas |
| 43 | Hua Hum              | 2002 | 37,5  | 9,2  | 2,50 | 1,77 | 302,0 | 0,56 | 344,87 | 353,49 | 9,1  | 372,49 | 4,08 | 3,68 | 0,71 | 15,00 | 5,20 | 40,97 | Barcaza                                                                                                             | Dirección de Vialidad, Ministerio De Obras Públicas |
| 44 | Padre Antonio Ronchi | 2005 | 32,3  | 8    | 2,00 | 1,47 | 222,0 | 0,56 | 213,39 | 218,73 | 8,9  | 276,89 | 4,04 | 4,00 | 0,74 | 16,15 | 5,43 | 31,25 | Barcaza                                                                                                             | Dirección de Vialidad, Ministerio De Obras Públicas |

|    |                     |      |      |       |      |      |       |      |        |        |     |        |      |      |      |       |      |       |                            |                                                              |
|----|---------------------|------|------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|-----|--------|------|------|------|-------|------|-------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 45 | Orca                | 2000 | 27,3 | 9     | 2,00 | 1,47 | 115,0 | 0,56 | 201,43 | 206,46 | 8,6 | 275,53 | 3,03 | 4,50 | 0,74 | 13,65 | 6,11 | 31,89 | Barcaza                    | Corpbanca                                                    |
| 46 | Cahuel              | 2001 | 34,3 | 9     | 2,00 | 1,47 | 150,0 | 0,56 | 255,68 | 262,07 | 8,9 | 309,19 | 3,81 | 4,50 | 0,74 | 17,15 | 6,11 | 34,55 | Barcaza                    | Corpbanca                                                    |
| 47 | Sandrine            | 1989 | 35   | 13    | 2,00 | 1,47 | 226,0 | 0,56 | 377,23 | 386,67 | 9,0 | 399,43 | 2,69 | 6,50 | 0,74 | 17,50 | 8,82 | 44,48 | Barcaza                    | Empresa de Servicios Marítimos y Portuarios Hualpen Ltda.    |
| 48 | Mailén              | 1988 | 43   | 10,4  | 2,40 | 2,00 | 315,0 | 0,57 | 509,99 | 522,74 | 9,4 | 482,74 | 4,13 | 4,33 | 0,83 | 17,92 | 5,20 | 51,36 | Barcaza                    | Fisco de Chile                                               |
| 49 | Doña Griselda       | 2001 | 31,6 | 9     | 2,00 | 1,47 | 144,0 | 0,56 | 234,63 | 240,49 | 8,8 | 296,13 | 3,51 | 4,50 | 0,74 | 15,80 | 6,11 | 33,54 | Barcaza                    | Banco Security                                               |
| 50 | Doña Antonia        | 2004 | 24,2 | 8,4   | 2,10 | 1,53 | 141,0 | 0,55 | 172,57 | 176,88 | 8,5 | 255,68 | 2,88 | 4,00 | 0,73 | 11,52 | 5,48 | 30,07 | Barcaza                    | Cultivos Marinos Chiloe Ltda.                                |
| 51 | Doña Javiera        | 2004 | 24,2 | 8,4   | 2,10 | 1,53 | 141,0 | 0,55 | 172,57 | 176,88 | 8,5 | 255,68 | 2,88 | 4,00 | 0,73 | 11,52 | 5,48 | 30,07 | Barcaza                    | Cultivos Marinos Chiloe Ltda.                                |
| 52 | Caleman II          | 2011 | 34,6 | 11,5  | 2,50 | 1,77 | 287,0 | 0,56 | 396,07 | 405,98 | 9,0 | 413,37 | 3,01 | 4,60 | 0,71 | 13,84 | 6,49 | 46,12 | Barcaza                    | Sociedad de Transportes Marítimos Man-Pue y Cia. Ltda.       |
| 53 | Poseidon III        | 2004 | 36,7 | 9,2   | 2,20 | 1,59 | 182,0 | 0,56 | 303,22 | 310,80 | 9,1 | 342,89 | 3,99 | 4,18 | 0,72 | 16,68 | 5,78 | 37,87 | Barcaza                    | Soc. de Transportes Maritimos Esparza Hernandez y Cia. Ltda. |
| 54 | Poseidon II         | 2003 | 32,3 | 9,2   | 2,10 | 1,53 | 145,0 | 0,56 | 255,28 | 261,67 | 8,9 | 312,03 | 3,51 | 4,38 | 0,73 | 15,38 | 6,00 | 35,21 | Barcaza                    | Pedro Enrique Hernández Hernández                            |
| 55 | Doña Elizabetta     | 2007 | 33,8 | 10,8  | 3,10 | 2,13 | 287,0 | 0,56 | 435,93 | 446,82 | 8,9 | 442,33 | 3,13 | 3,48 | 0,69 | 10,90 | 5,08 | 49,55 | Barcaza                    | Trusal S.A.                                                  |
| 56 | Doña Sofia          | 2006 | 30,3 | 8,4   | 2,20 | 1,59 | 190,0 | 0,56 | 226,45 | 232,11 | 8,8 | 291,52 | 3,61 | 3,82 | 0,72 | 13,77 | 5,27 | 33,23 | Barcaza                    | Inversiones Bs Ltda.                                         |
| 57 | Don Reinaldo II     | 2007 | 33,1 | 10    | 2,30 | 1,65 | 200,0 | 0,56 | 306,72 | 314,39 | 8,9 | 351,15 | 3,31 | 4,35 | 0,72 | 14,39 | 6,05 | 39,47 | Barcaza                    | Inversiones Peldehue Ltda.                                   |
| 58 | Don Fernando        | 2001 | 26,6 | 8     | 2,30 | 1,65 | 103,0 | 0,56 | 195,32 | 200,21 | 8,6 | 271,52 | 3,33 | 3,48 | 0,72 | 11,57 | 4,84 | 31,54 | Barcaza                    | Juan Reinaldo Ulloa Cárcamo                                  |
| 59 | Doña María          | 2001 | 27   | 9     | 2,00 | 1,47 | 160,0 | 0,56 | 199,12 | 204,10 | 8,6 | 274,10 | 3,00 | 4,50 | 0,74 | 13,50 | 6,11 | 31,77 | Barcaza                    | Banco del Desarrollo                                         |
| 60 | Francisco Sebastián | 2001 | 22,5 | 7,5   | 2,00 | 1,47 | 106,0 | 0,55 | 137,37 | 140,80 | 8,4 | 223,74 | 3,00 | 3,75 | 0,74 | 11,25 | 5,09 | 26,55 | Barcaza                    | Kuality Harvest S.A.                                         |
| 61 | Nautilus            | 2001 | 22,8 | 9     | 1,90 | 1,41 | 86,0  | 0,55 | 160,38 | 164,39 | 8,4 | 247,22 | 2,53 | 4,74 | 0,74 | 12,00 | 6,36 | 29,29 | Barcaza                    | Sociedad de Transportes Marítimos Dolca Austral Ltda.        |
| 62 | Trauco              | 1974 | 29,9 | 9,7   | 1,55 | 1,00 | 126,0 | 0,56 | 163,23 | 167,31 | 9,0 | 248,32 | 3,08 | 6,26 | 0,65 | 19,29 | 9,70 | 27,59 | Transbordador tipo barcaza | Naviera Puelche                                              |
| 63 | Mailén              | -    | 34,5 | 10,3  | 2,20 | 1,59 | 187,6 | 0,54 | 308,07 | 315,78 | 8,0 | 278,95 | 3,35 | 4,68 | 0,72 | 15,68 | 6,47 | 34,87 | Transbordador tipo barcaza | Naviera Puelche                                              |
| 64 | Cai Cai             | -    | 38,8 | 10,46 | 2,18 | 1,58 | 257,0 | 0,54 | 349,23 | 357,96 | 8,0 | 285,98 | 3,71 | 4,80 | 0,73 | 17,80 | 6,62 | 35,75 | Transbordador tipo barcaza | Naviera Puelche                                              |

Tabla 1: Base de datos estimada para trabajar

## 4.2 DIMENSIONES PRINCIPALES

### 4.2.1 Parámetro independiente sobre las dimensiones preliminares:

Como parámetro fijo independiente sobre el cual se determinarán el resto de las dimensiones preliminares de la nave, se utilizará la eslora, ello debido a que tal dimensión es la más comúnmente utilizada en la mayoría de los anteproyectos que se desarrollan.

El resto de las dimensiones dependientes de la eslora se obtendrán en base al método de regresión lineal sobre la información recopilada mostrada en la tabla 1.

### 4.2.2 Valor del parámetro independiente:

De acuerdo a la base de datos de 64 embarcaciones fue necesario realizar varios filtros con el fin de obtener una dimensión preliminar fija acorde a los requerimientos del encargo de proyecto, es por ello, tales filtros se centraron en velocidades cercanas a 9 y 10 [kn] y potencias BHP entre 400 y 600 [hp].

Finalmente se optó por un valor fijo de 37,5 [m] de eslora total.

A continuación se presentarán los gráficos de dispersión de datos sobre los cuales se determinarán las dimensiones preliminares faltantes.

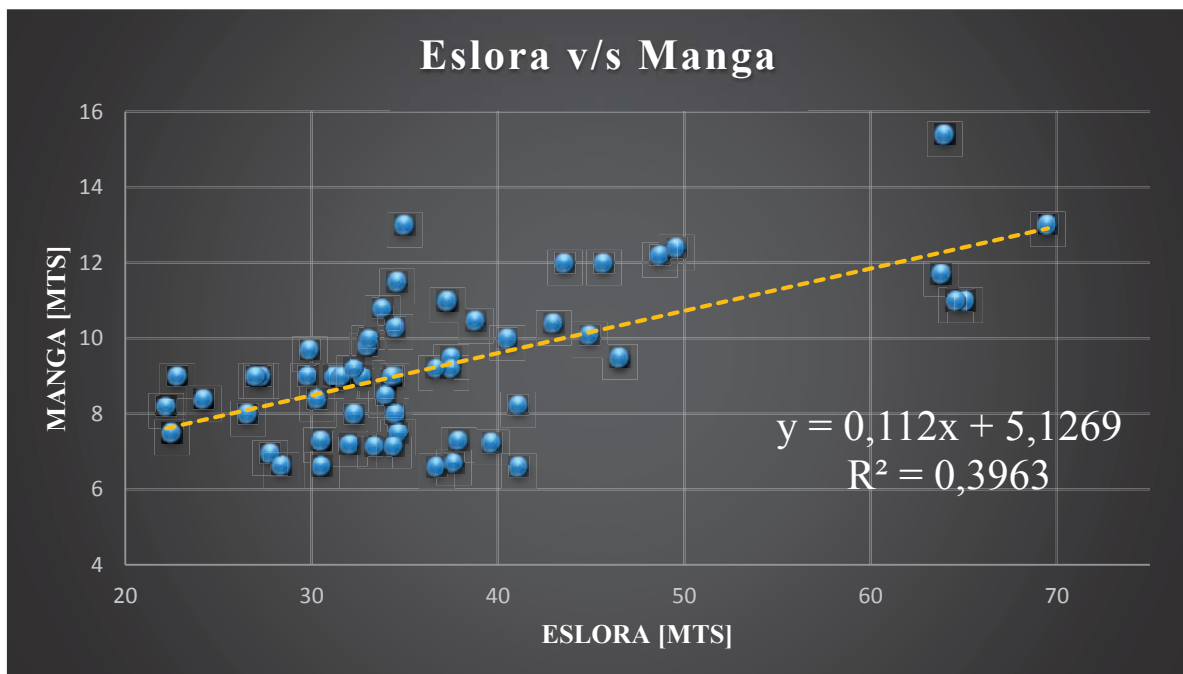


Grafico 1: Eslora v/s Manga Totales

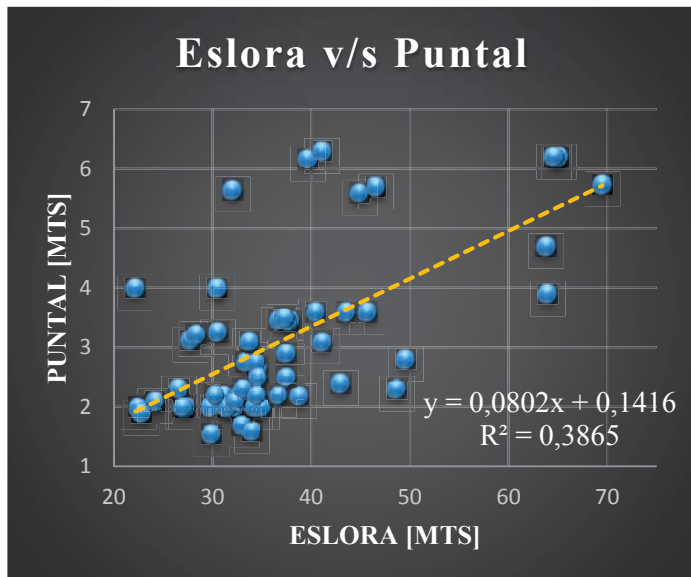


Grafico 2: Eslora v/s Puntal

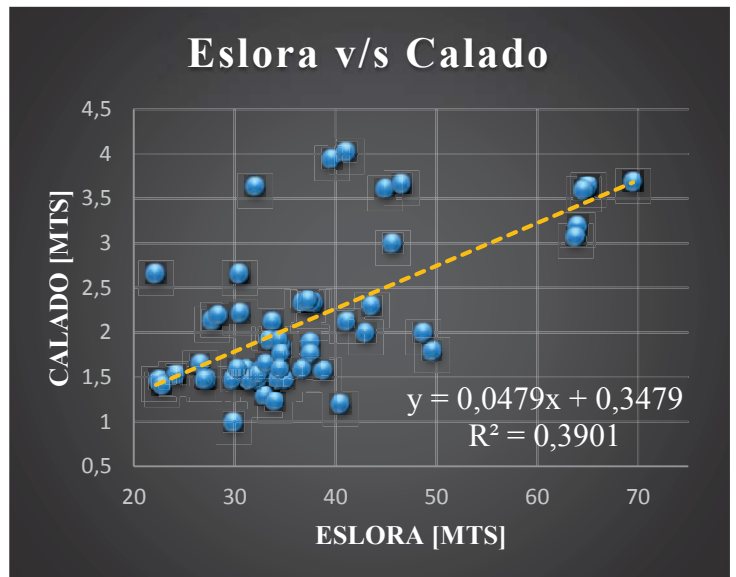


Grafico 3: Eslora v/s Calado

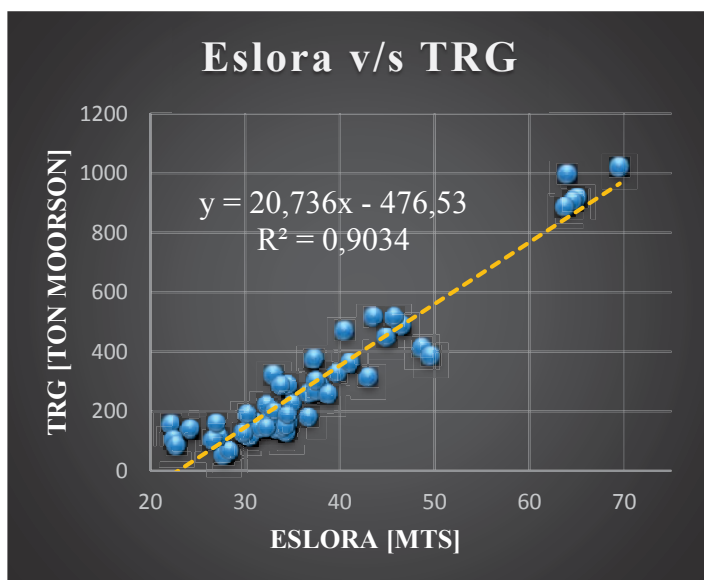


Grafico 4: Eslora v/s TRG

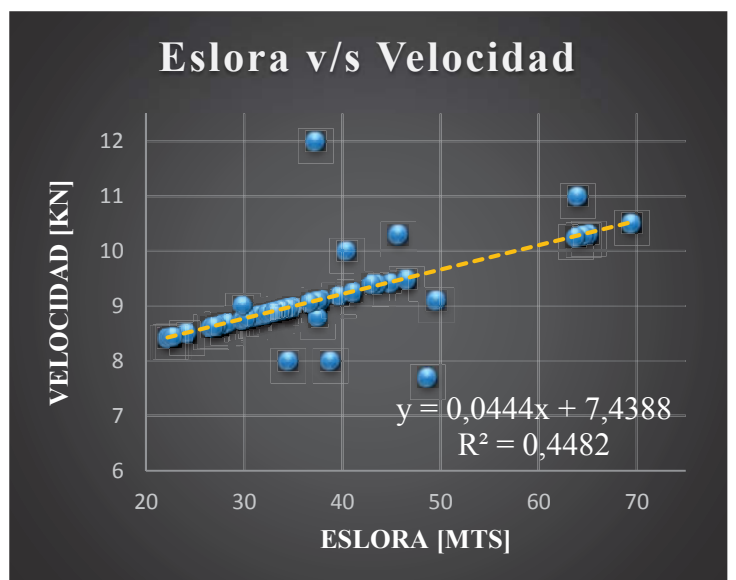


Grafico 5: Eslora v/s Velocidad

Cabe mencionar que las ecuaciones planteadas para cada dispersión de datos, corresponden a la ecuación de una recta  $Y_i = B_0 + B_1X_i$ , donde el término que acompaña a la  $X_i$  es la pendiente de la recta y el otro término  $B_0$  corresponde al intercepto, punto en que la recta corta el eje vertical.

De la misma manera el término  $R^2$ , corresponde al coeficiente de determinación, el cual toma valores entre 0 y 1, y se interpreta de la siguiente manera:

- 0, cuando las variables son independientes
- 1, cuando entre las variables existe relación perfecta

Es decir un término cercano a 1, nos dice que los puntos en el área gráfica se ajustan cada vez más a la línea de tendencia mostrada en cada gráfico.

#### 4.2.3 Dimensiones preliminares:

Para una eslora de 37,5 [ metros], las dimensiones preliminares en función de la información presentada en cada gráfico son las siguientes:

| Dimensiones y Características Preliminares |       |               |
|--------------------------------------------|-------|---------------|
| Eslora                                     | 37,5  | [metros]      |
| Manga                                      | 9,3   | [metros]      |
| Puntal                                     | 3,15  | [metros]      |
| Calado                                     | 2,14  | [metros]      |
| TRG                                        | 301,1 | [Ton Moorson] |
| Velocidad                                  | 9,1   | [kn]          |

Tabla 2: Dimensiones preliminares de la embarcación según la base de datos planteada

Se destaca que las dimensiones preliminares nos hacen tener una idea general sobre el tipo de nave a proyectar, sin embargo, las dimensiones finales van variando en el transcurso del proyecto, es por ello, que en los siguientes capítulos referidos a las formas de la nave y posteriores cálculos de resistencia propulsiva se trabajará con una serie sistemática de barcasas de desplazamiento, las cuales poseen tres pantoques. El punto clave es que para poder hacer uso de la información almacenada en estas, se deben de cumplir ciertas condiciones, las cuales nos obligan a modificar las formas del proyecto. Finalmente las dimensiones finales varían un pequeño porcentaje respecto de las preliminares y se presentan en el siguiente ítem.

#### 4.2.4 Dimensiones finales:

Las dimensiones finales se obtuvieron en función de varios puntos importantes en el desarrollo del trabajo de proyecto, dentro de los cuales se encuentran los requerimientos de encargo, las dimensiones preliminares, serie sistemática de barcasas, reglamentos, etc.

Las características y dimensiones finales sobre las cuales se trabajará desde las siguientes etapas en adelante serán las siguientes:

| Dimensiones y Características Finales |      |          |
|---------------------------------------|------|----------|
| Eslora                                | 39   | [metros] |
| Manga                                 | 11,2 | [metros] |
| Puntal                                | 4,0  | [metros] |
| Calado de Diseño                      | 2,15 | [metros] |
| Velocidad máxima                      | 10   | [kn]     |

Tabla 3: Dimensiones y características finales del proyecto

Las dimensiones presentadas en la tabla 3, son extremas, es decir, eslora, manga y puntal máximos, al igual que el calado de diseño fijado para una distancia de 2,15 [m].

## 5. CONCLUSIONES

La base de datos presentada nos permitió centrarnos en dimensiones supuestas para el proyecto a desarrollar, las cuales son de suma importancia, debido a que en el transcurso de la espiral del proyecto estas se van afinando hasta obtener las dimensiones finales, las que varían muy poco respecto de las estimadas en una primera instancia.

Ahora nos centraremos en el diseño de las formas de la nave más apropiadas para este tipo de embarcaciones de carga, las cuales presentan gran cantidad de resistencia al avance, sin embargo, un buen diseño puede abaratar considerablemente los costos implicados durante los fletes de trabajo de las naves, lo cual se presentará en el siguiente cuaderno.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Compañía Naviera Frasal S.A  
[www.frasal.cl](http://www.frasal.cl)
- [2] Transbordadora Austral Broom Ltda  
[www.tabsa.cl](http://www.tabsa.cl)
- [3] Naviera Austral S.A  
[www.navieraaustral.cl](http://www.navieraaustral.cl)
- [4] Soc. Servicios Marítimos y Portuarios Altamar Ltda  
[www.navieraaltamar.cl](http://www.navieraaltamar.cl)
- [5] Naviera Puelche  
[www.navierapuelche.cl](http://www.navierapuelche.cl)
- [6] Astilleros ASCON Ltda  
[www.ascon.cl](http://www.ascon.cl)
- [7] Boletín estadístico marítimo 2013  
[www.directemar.cl](http://www.directemar.cl)
- [8] Transportes Marítimos Kochifas S.A  
[www.transmarko.cl](http://www.transmarko.cl)



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 03

“Diseño de Formas”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile



# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                                                   | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                                              | <b>3</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                                                          | <b>3</b>  |
| <b>4. Diseño de Formas .....</b>                                                              | <b>4</b>  |
| 4.1 Forma de la proa .....                                                                    | 4         |
| 4.1.1 Influencia en la resistencia al avance de algunas formas de proa en una barcaza .....   | 4         |
| 4.1.2 Forma final de zona de proa .....                                                       | 7         |
| 4.2 Forma de la popa.....                                                                     | 8         |
| 4.2.1 Influencia en la resistencia total al avance de algunas formas de popa en una barcaza.. | 8         |
| 4.2.2 Serie sistemática de barcasas de desplazamiento.....                                    | 9         |
| 4.2.3 Forma final de zona de popa.....                                                        | 9         |
| 4.3 Formas finales de la barcaza.....                                                         | 10        |
| 4.3.1 Secciones principales .....                                                             | 10        |
| 4.3.2 Diseño de formas.....                                                                   | 12        |
| PLANO DE FORMAS .....                                                                         | 13        |
| <b>5. Conclusiones.....</b>                                                                   | <b>14</b> |
| <b>6. Referencias .....</b>                                                                   | <b>14</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

En el diseño de las formas de cualquier tipo de nave siempre se debe tener especial cuidado con la resistencia al avance que estas generarán cuando entren en operación. Si bien las barcazas son naves especiales que buscan transportar grandes cantidades de carga (lo cual en algunos casos las hace poseer coeficientes de bloque cercanos a la unidad), el diseño de las secciones que conforman el cuerpo de la nave, junto a las formas de proa y popa determinarán la cantidad de resistencia que la embarcación adquiera en navegación, significando ello aumentos o disminuciones en los costos directos de operación para el armador.

Gracias a diversos estudios de tesis realizados en el canal de pruebas hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile, se cuenta con información disponible sobre la predicción de potencia de este tipo de naves, es por ello, que para la realización y diseño de las formas del proyecto a realizar se analizarán cada uno de estos, buscando poder diseñar las mejores formas de la nave posibles.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Diseñar las formas de proa, popa y cuerpo de la nave que permitan tener una baja cantidad de resistencia al avance, buscando disminuir los costos operacionales de la embarcación.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar cada uno de los estudios de tesis de resistencia al avance en barcazas.
- Obtener las formas de la nave a través de los estudios de canal realizados para barcazas.
- Diseñar las formas finales de la embarcación y realizar su correspondiente plano de líneas.

## 4. DISEÑO DE FORMAS

Las formas de la barcaza se diseñaron en base a los estudios realizados entre los años 1990 y 1991 en el canal de pruebas hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile por distintos autores de la carrera de Ingeniería en Ejecución en Construcción Naval. Cada uno de estos estudios busca poder determinar las mejores formas de este tipo de naves desde el punto de vista de la resistencia al avance, ello debido a que existe muy poca información sobre la estimación de potencia en barcazas, entregando así soluciones que permiten afrontar las necesidades del medio.

### 4.1 FORMA DE LA PROA

#### 4.1.1 Influencia en la resistencia al avance de algunas formas de proa en una barcaza:

La determinación de la forma de proa de la barcaza a proyectar se obtuvo a través de la tesis titulada *“Influencia en la resistencia al avance de algunas formas de proa en una barcaza”* desarrollada en el canal de pruebas hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile en el año 1990 por el señor Jorge González Rojas. En este trabajo de titulación se estudiaron ensayos de remolque de modelos a escala reducida de una barcaza prototipo de 17 [ m] de eslora, a la cual se le realizaban variaciones sistemáticas en sus zonas extremas de proa.

Las formas de proa analizadas se consideraron desde tipos llenas a las más esbeltas, ensayándose 7 diferentes formas tanto en condiciones de desplazamiento liviano como máximo. Finalmente la experiencia consistió en un análisis comparativo para cada una de estas desde el punto de vista de la resistencia hidrodinámica al avance.

Los resultados obtenidos con los modelos de barcaza a escala (siete tipos diferentes de proa) se extrapolaron de acuerdo al método de Froude presentándose la información mediante gráficos comparativos de  $EHP_{bc}$  (potencia efectiva en condición de canal)  $v/s V_b$  (velocidad del buque) en condiciones de desplazamiento liviano y máximo.

El análisis final en condiciones de desplazamiento liviano determinó que las formas de proa rectas verticales e inclinadas (pequeños ángulos) presentaban una alta resistencia al avance causada fundamentalmente por la alta producción de olas, lo cual se podría deber a las mismas formas de proa verticales que no ofrecen un ángulo de entrada adecuado. El restante número de modelos cuyos lanzamientos de proa (variaciones de ángulos a la altura de la flotación) presentaban resultados similares, observándose ínfimas diferencias, tanto en términos de potencia como de velocidad, que no sobrepasan el 14% en potencia efectiva y el cuarto de nudo de velocidad respectivamente.

En la figura 1 a continuación se observan las curvas comparativas de  $EHP_{bc} v/s V_b$  para cada uno de los siete modelos de barcazas ensayados en condición de desplazamiento liviano.

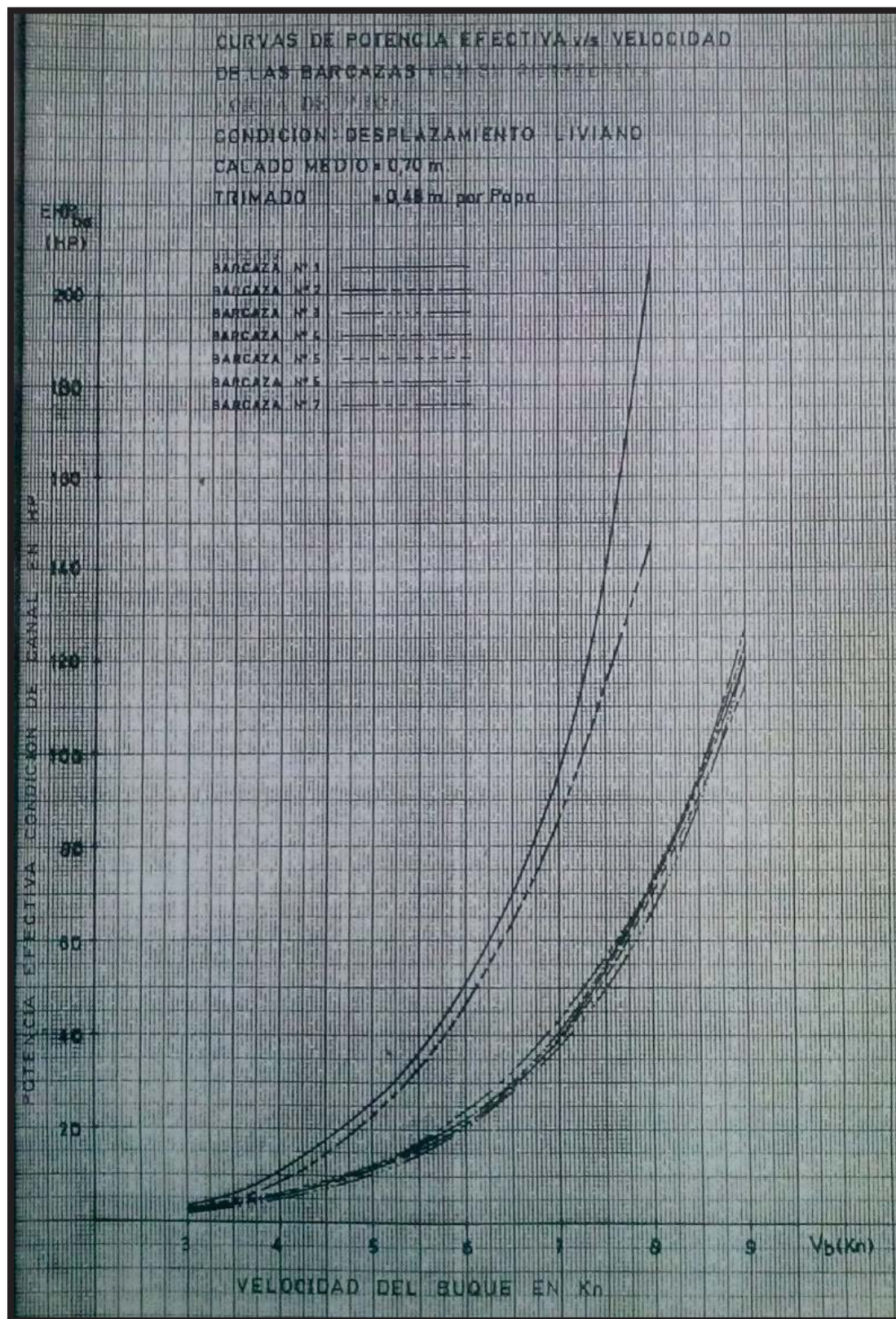


Fig.1:  $EHP_{bc}$   $v/s$   $V_b$  en condición de desplazamiento liviano  
(Pág. 24, Tesis: Influencia en la resistencia al avance de algunas formas de proa en una barcaza, UACH – 1990)



El análisis final en condiciones de desplazamiento máximo determinó al igual que en el caso anterior alta resistencia al avance para formas de proa rectas verticales con pequeñas variaciones de ángulos a la altura de la flotación, sin embargo, se observó que a medida que disminuía el coeficiente prismático ( $C_P$ ) de cuerpo de proa (se afinaba el cuerpo de proa o disminuía su volumen) las curvas de  $EHP_{bc}$  v/s  $V_b$  se iban desplazando hacia la derecha, lo cual se traduce en mayor velocidad a menor potencia.

En la figura 2 a continuación, se observan las curvas comparativas de  $EHP_{bc}$  v/s  $V_b$  para cada uno de los siete modelos de barcasas ensayados en condición de desplazamiento máximo.

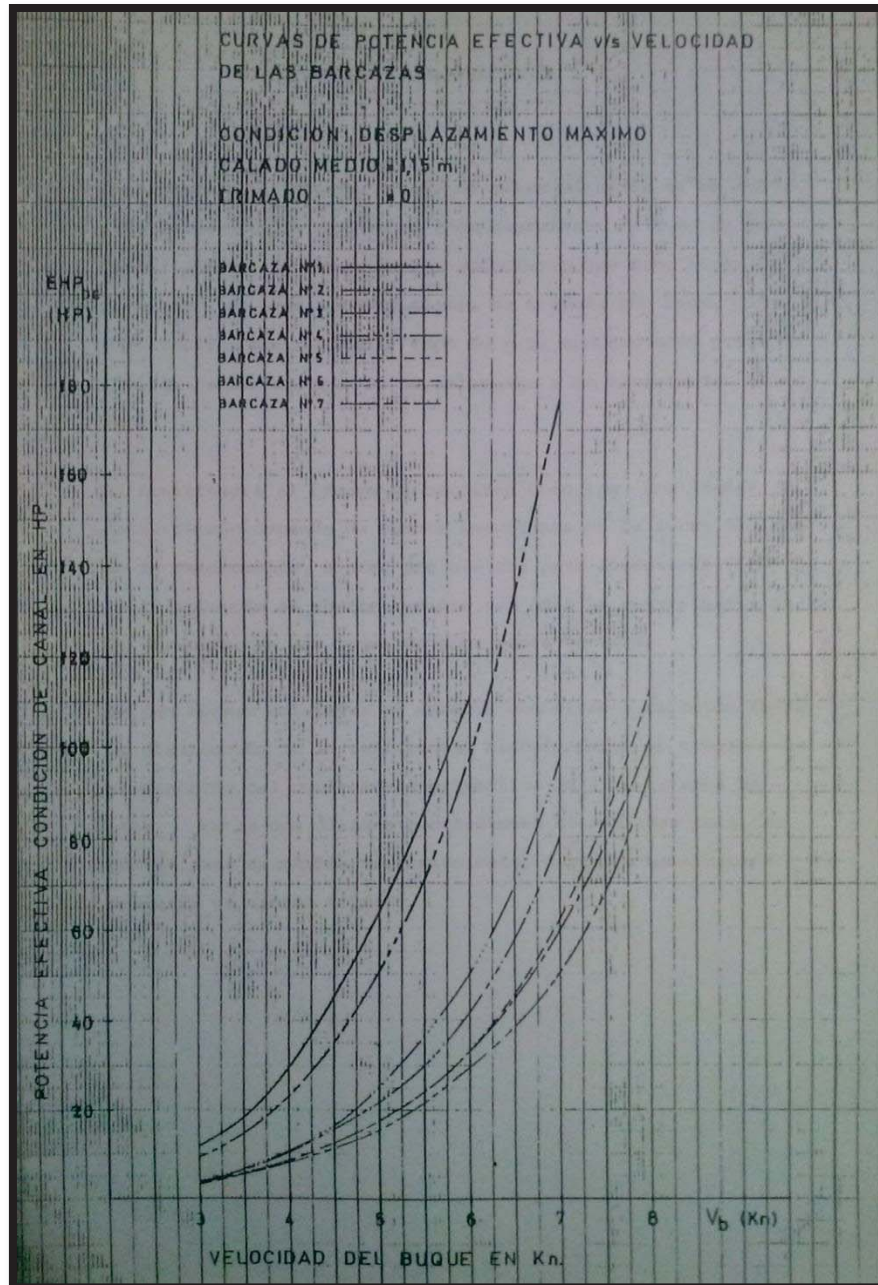


Fig.2:  $EHP_{bc}$  v/s  $V_b$  en condición de desplazamiento máximo  
(Pág. 25, Tesis: Influencia en la resistencia al avance de algunas formas de proa en una barcaza, UACH – 1990)

Por lo tanto, de acuerdo al estudio realizado se concluyó que las mejores formas de proa desde el punto de vista de la resistencia al avance son las que presentan disminuciones del volumen de proa o afinación de sus formas en tal zona, tal cual se presenta en el plano de líneas a continuación:

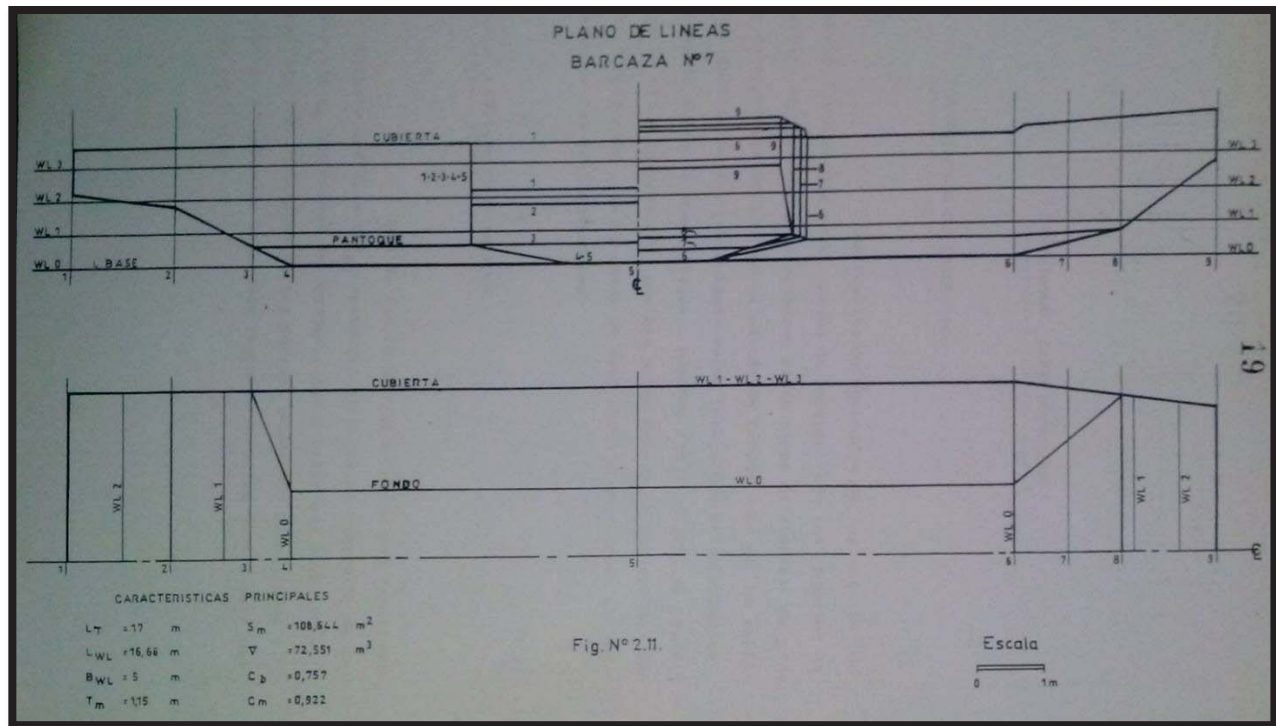


Fig.3: Plano de líneas de barcaza n°7 con mejores resultados del estudio de tesis  
(Pág. 19, Tesis: Influencia en la resistencia al avance de algunas formas de proa en una barcaza, UACH – 1990)

#### 4.1.2 Forma final de zona de proa:

De acuerdo al estudio de tesis expuesto anteriormente la forma de proa de la barcaza será geoméricamente similar al tipo de proa presentada en ésta. En las figuras 4 y 5 se ilustran las vistas longitudinal y horizontal de la forma de proa a desarrollar.

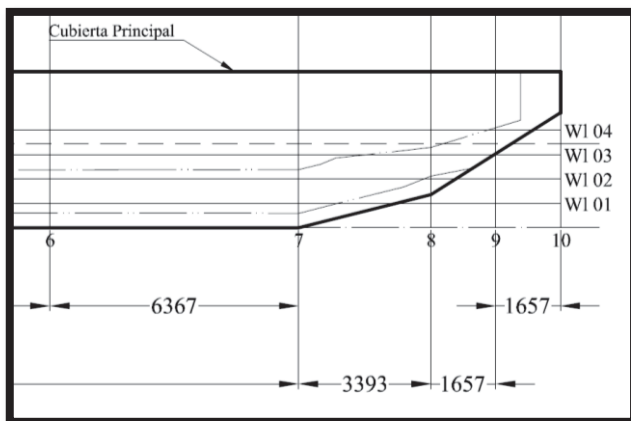


Fig.4: Vista longitudinal de zona de proa  
(Extracto de plano de líneas)

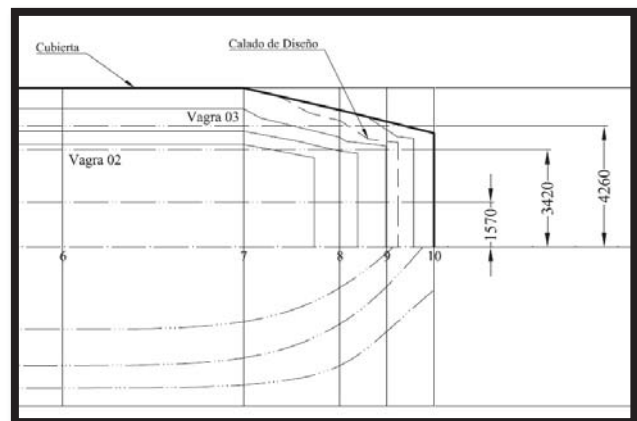


Fig.5: Vista horizontal de zona de proa  
(Extracto de plano de líneas)

## 4.2 FORMA DE LA POPA

Para poder determinar la forma de popa de la embarcación a proyectar se analizaron dos tesis desarrolladas en el canal de pruebas hidrodinámico de la Universidad Austral de Chile, ambas realizadas durante el año 1991.

Los trabajos de tesis analizados fueron los siguientes:

Nombre: Influencia en la resistencia total al avance de algunas formas de popa en una barcaza

Tesis para optar al título de: Ingeniero de Ejecución en Construcción Naval

Autor: Juan Bustos Arias

Año: 1991

Nombre: Serie sistemática de barcazas de desplazamiento (de sección transversal de tres pantoques)

Tesis para optar al título de: Ingeniero de Ejecución en Construcción Naval

Autores: Maritza Anticoy Fuentes – Arturo Ordoiza Barahona

Año: 1991

### 4.2.1 Influencia en la resistencia total al avance de algunas formas de popa en una barcaza:

En esta tesis se trabajó con cuatro formas de popa que fuesen fáciles de construir, las cuales variaban sus largos de ensayo (modelos a escala reducida) a un 15, 20 y 25% de la eslora total del modelo.

De las cuatro formas de popa analizadas para tres calados diferentes y rangos de números de Taylor de 0,8 a 1,2. Las más destacadas fueron las formas de popa n°2 y n°3, cada una de ellas dependiendo las condiciones de operación, sin embargo, a modo generalizado la forma de popa n°3 es la que presentaba mayores ventajas. Ambas formas de popa (n°2 y n°3), para una longitud de popa de 20% de la eslora total se presentan en las figuras 6 y 7, a continuación.

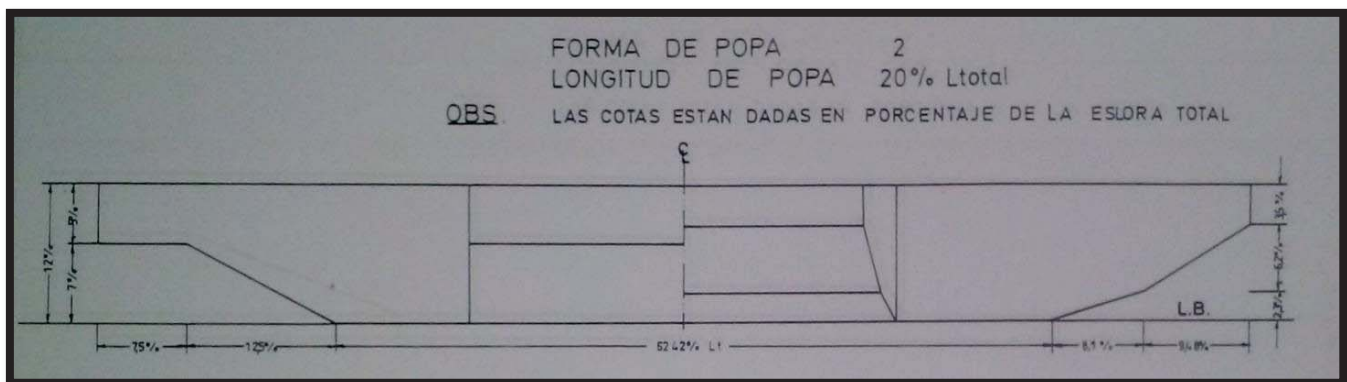


Fig.6: Forma de popa n°2 con longitud de popa de 20% de la eslora total

(Pág. 11, Tesis: Influencia en la resistencia total al avance de algunas formas de popa en una barcaza, UACH – 1991)





En base a ello, las formas finales de la zona de popa, son las siguientes:

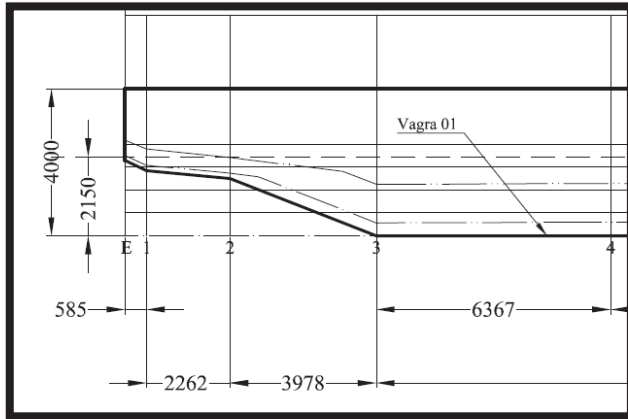


Fig.9: Vista longitudinal de zona de popa  
(Extracto de plano de líneas)

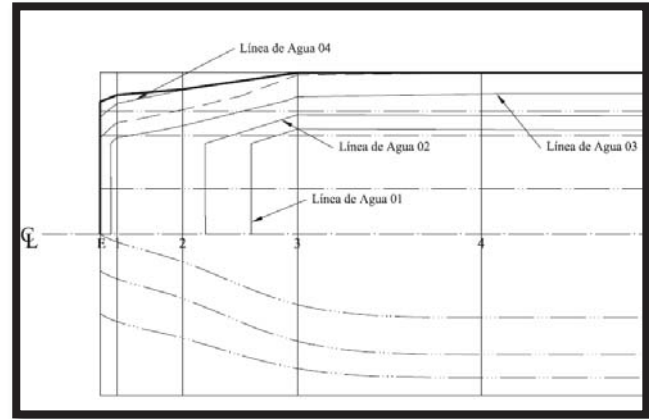


Fig.10: Vista horizontal de zona de popa  
(Extracto de plano de líneas)

## 4.3 FORMAS FINALES DE LA BARCAZA

Considerando los estudios analizados sobre las mejores formas de proa y popa, y la serie sistemática de barcazas, se diseñó el modelo de la nave haciendo uso del software Maxsurf Modeler versión 20.

Las secciones de la barcaza fueron obtenidas como porcentaje de la eslora (vista longitudinal) y la manga (vista transversal), de acuerdo a la serie sistemática de barcazas.

### 4.3.1 Secciones principales:

Para una eslora total de 39 [m], las secciones principales se encuentran a determinadas distancias en porcentaje de la eslora total desde el espejo hacia proa. Las distancias son las siguientes:

| Vista longitudinal (Secciones Principales)            |                  |             |          |
|-------------------------------------------------------|------------------|-------------|----------|
| (Secciones en función de la eslora total = 39 metros) |                  |             |          |
| Sección                                               | % L <sub>T</sub> | Dimensiones | Unidades |
| E                                                     | 0                | 0,00        | [metros] |
| 1                                                     | 1,5              | 0,58        | [metros] |
| 2                                                     | 7,3              | 2,84        | [metros] |
| 3                                                     | 17,5             | 6,82        | [metros] |
| 7                                                     | 82,8             | 32,29       | [metros] |
| 8                                                     | 91,5             | 35,68       | [metros] |
| 10                                                    | 100              | 39,00       | [metros] |

Tabla 1: Secciones principales (vista longitudinal)

Las secciones que conforman el cuerpo de la embarcación es de tres pantoques en concordancia con la serie sistemática de barcasas, cada una de estas secciones se representa en porcentaje de la manga máxima, igual a 11,2 [m].

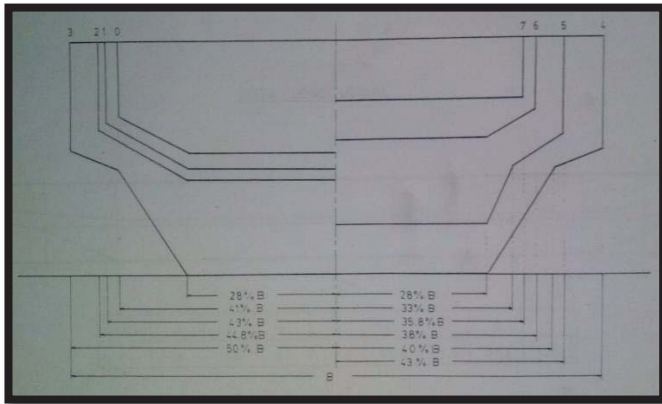


Fig.11: Geometría transversal de modelos  
(Pág. 5, Tesis: Serie sistemática de barcasas de desplazamiento, UACH – 1991)

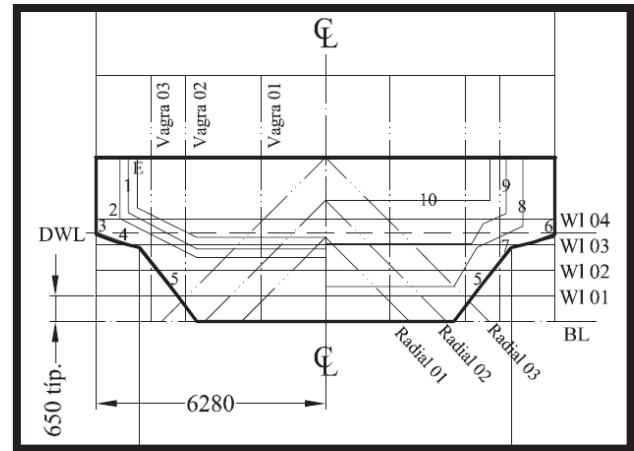


Fig.12: Vista transversal  
(Extracto de plano de líneas)

De esta manera las semimangas conformantes de cada sección principal se encuentran en los siguientes porcentajes de la manga máxima.

| Vista transversal (Secciones Principales)                                |             |          |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|
| (Semimangas de cada sección en función de la manga máxima = 11,2 metros) |             |          |
| % B                                                                      | Dimensiones | Unidades |
| 28% B                                                                    | 3,14        | [metros] |
| 33% B                                                                    | 3,70        | [metros] |
| 35,8% B                                                                  | 4,01        | [metros] |
| 40% B                                                                    | 4,48        | [metros] |
| 41% B                                                                    | 4,59        | [metros] |
| 43% B                                                                    | 4,82        | [metros] |
| 44,8% B                                                                  | 5,02        | [metros] |
| 50% B                                                                    | 5,60        | [metros] |
| 100% B                                                                   | 11,20       | [metros] |

Tabla 2: Secciones principales (vista transversal)

Para efectos del plano de líneas se agregaron tres secciones intermedias en el cuerpo central (secciones n°4, n°5 y n°6) y una sección intermedia en la zona de la roda (sección n°9), las cuales no afectan las formas de la nave, pero si contribuyen a una mejor lectura del plano en cada una de sus vistas.

#### 4.3.2 Diseño de formas:

El modelo diseñado en Maxsurf Modeler se presenta en las siguientes figuras:

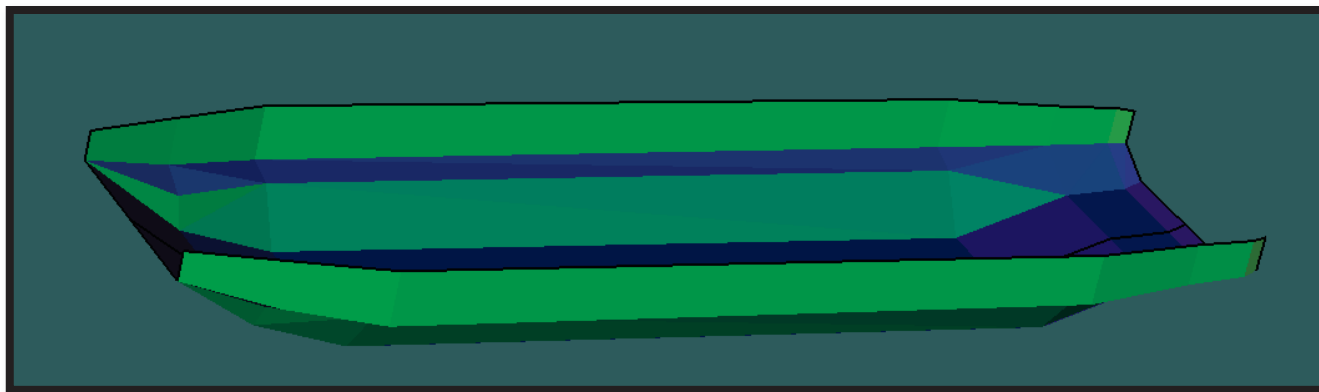


Fig.13: Modelo barcaza mayor (vista perspectiva)



Fig.14: Modelo barcaza mayor (vista perspectiva)

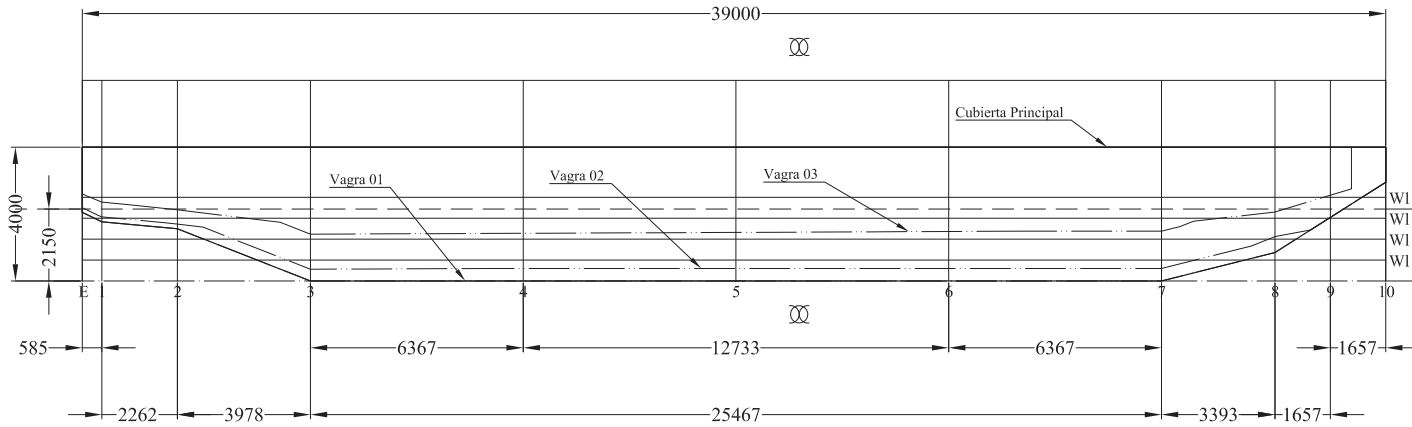
Algunas de las características hidrostáticas más importantes a considerar para el calado de diseño igual a 2,15 [m] son:

| Características hidrostáticas principales |       |                   |
|-------------------------------------------|-------|-------------------|
| Desplazamiento                            | 564,6 | [ton]             |
| Volumen desplazado                        | 550,8 | [m <sup>3</sup> ] |
| Superficie Mojada                         | 458,6 | [m <sup>2</sup> ] |
| Eslora en flotación                       | 37,74 | [m]               |
| Manga máxima en flotación                 | 11,2  | [m]               |
| Calado en L/2                             | 2,15  | [m]               |

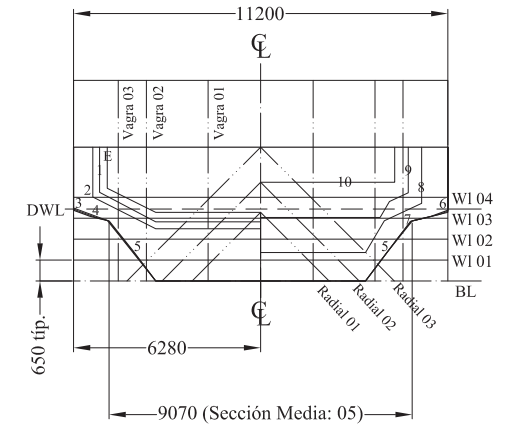
| Coeficientes de forma              |       |
|------------------------------------|-------|
| Coef. Prismático (Cp)              | 0,837 |
| Coef. de Bloque (Cb)               | 0,606 |
| Coef. de la maestra (Cm)           | 0,734 |
| Coef. del plano de flotación (Cwp) | 0,939 |

| Relaciones de forma   |       |
|-----------------------|-------|
| L/B                   | 3,369 |
| B/T                   | 5,209 |
| Coeficiente de fineza | 4,604 |

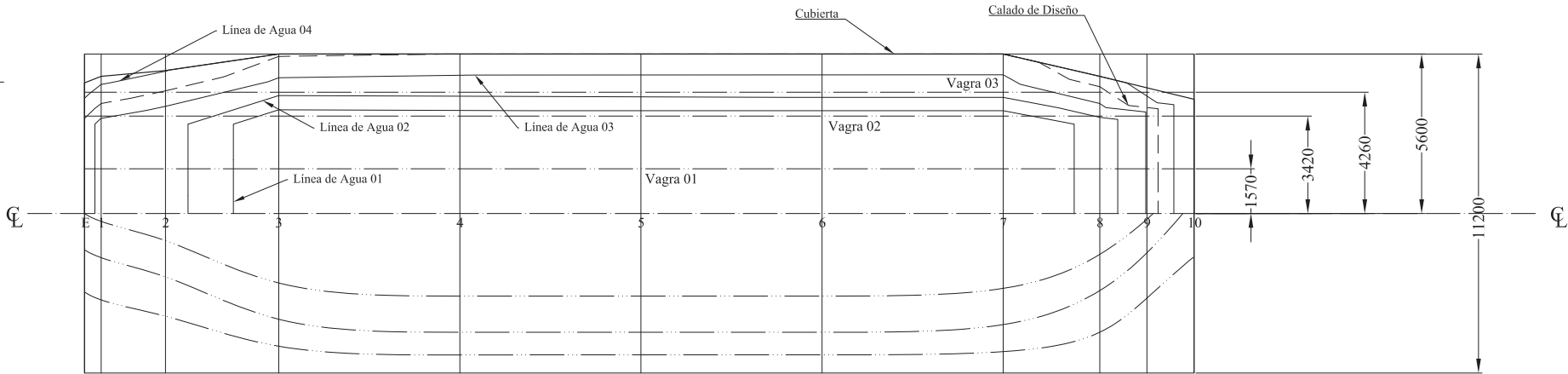
## VISTA LONGITUDINAL



## VISTA TRANSVERSAL



## VISTA HORIZONTAL



**TABLA DE PUNTOS (medidas en mm)**

| SEMIMANGAS DESDE CRUJÍA (C.L) |      |      |      |      |       |       |       | ALTURAS DESDE LÍNEA BASE (L.B) |       |       |       |         |
|-------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|-------|---------|
| SECCIÓN                       | WL 1 | WL 2 | WL 3 | WL 4 | RAD 1 | RAD 2 | RAD 3 | CUB                            | VAG 1 | VAG 2 | VAG 3 | SECCIÓN |
| E                             | -    | -    | -    | 4046 | 0     | 1273  | 2758  | 4000                           | 2050  | 2189  | 2606  | E       |
| 1                             | -    | -    | 3340 | 4534 | 396   | 1669  | 3154  | 4000                           | 1770  | 1917  | 2357  | 1       |
| 2                             | -    | -    | 3763 | 5000 | 693   | 1966  | 3451  | 4000                           | 1560  | 1701  | 2126  | 2       |
| 3                             | 3641 | 4141 | 4767 | 5600 | 2899  | 4172  | 4982  | 4000                           | 0     | 350   | 1398  | 3       |
| 4                             | 3619 | 4120 | 4856 | 5600 | 2899  | 4172  | 4965  | 4000                           | 0     | 372   | 1425  | 4       |
| 5                             | 3611 | 4098 | 4867 | 5600 | 2899  | 4172  | 4963  | 4000                           | 0     | 372   | 1452  | 5       |
| 6                             | 3611 | 4081 | 4870 | 5600 | 2899  | 4172  | 4893  | 4000                           | 0     | 372   | 1479  | 6       |
| 7                             | 3611 | 4081 | 4874 | 5600 | 2899  | 4172  | 4963  | 4000                           | 0     | 372   | 1488  | 7       |
| 8                             | -    | 3376 | 3862 | 4820 | 1697  | 2970  | 4464  | 4000                           | 850   | 1325  | 2060  | 8       |
| 9                             | -    | -    | -    | 4124 | 212   | 1485  | 2979  | 4000                           | 1900  | 1900  | 2563  | 9       |
| R                             | -    | -    | -    | -    | -     | 0     | 1485  | 4000                           | 2950  | 2950  | -     | R       |

## CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |       |              |        |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------|--------------|--------|-------|
| <div>  <div> <b>Universidad Austral de Chile</b><br/> <b>Facultad de Ciencias de la Ingeniería</b><br/> <b>Instituto de Ciencias Navales &amp; Marítimas</b><br/> <b>Ingeniería Naval</b> </div>  </div> |                                 |       |              |        |       |
| Proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | PLANO DE FORMAS (BARCAZA MAYOR) |       |              |        |       |
| Nombre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Gabriel A. Parra Vera           | Fecha | 22-12-2014   | Firma  |       |
| Proyectó                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Richard L. Luco Salman          | RUT   | 17.450.465-2 | Escala | 1:100 |
| Revisó                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |       | 8.783.946-K  | Fto:   | A2    |

## 5. CONCLUSIONES

Las formas finales de la barcaza consideraron cada uno de los estudios de formas v/s la influencia de la resistencia al avance en ellas, desarrollados en tanque de pruebas.

Analizados cada uno de los estudios de tesis se llegó a diseñar mediante software Maxsurf Modeler las formas de la nave que presentasen una menor resistencia al avance respecto de otras.

Las formas diseñadas buscan poder hacer uso de la serie sistemática de barcas del canal de pruebas de la UACH, en cuanto a la predicción de potencia a instalar, por lo cual se centró en crear una similitud geométrica entre el proyecto a desarrollar y los modelos a escala ensayados en dicha serie.

## 6. REFERENCIAS

[1] Influencia en la resistencia al avance de algunas formas de proa en una barcaza  
*Tesis para optar al título de: Ingeniero de ejecución en construcción naval*  
Autor: Jorge González Rojas  
Año: 1990

[2] Influencia en la resistencia total al avance de algunas formas de popa en una barcaza  
*Tesis para optar al título de: Ingeniero de ejecución en construcción naval*  
Autor: Juan Bustos Arias  
Año: 1991

[3] Serie sistemática de barcas de desplazamiento (de sección transversal de tres pantoques)  
*Tesis para optar al título de: Ingeniero de ejecución en construcción naval*  
Autores: Maritza Anticoy Fuentes – Arturo Ordoiza Barahona  
Año: 1991

[4] Software Maxsurf Enterprise V8i v.20.0  
*Maxsurf Modeler*  
Windows Version 20



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 04

“Disposición General”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                 | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                            | <b>3</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>4. Disposición General.....</b>                          | <b>4</b>  |
| 4.1 Bodega de carga.....                                    | 4         |
| 4.2 Acceso a la bodega de carga.....                        | 5         |
| 4.2.1 Rampa de carga.....                                   | 5         |
| 4.2.2 Escotilla de carga.....                               | 6         |
| 4.3 Sala de máquinas.....                                   | 7         |
| 4.4 Habitabilidad – primer nivel .....                      | 7         |
| 4.5 Habitabilidad y puente de gobierno - segundo nivel..... | 8         |
| 4.6 Estanques.....                                          | 9         |
| PLANO DE ARREGLO GENERAL.....                               | 10        |
| <b>5. Conclusiones.....</b>                                 | <b>11</b> |
| <b>6. Referencias .....</b>                                 | <b>11</b> |



# 1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se definirá de manera general como estará conformada la embarcación en cada una de sus áreas, es decir, sala de máquinas, habitabilidad, estanques, puente de gobierno, cubiertas, etc.

La embarcación será destinada al transporte de carga mediante sacos maxibags dispuestos en pallets, es por ello se centrará en su zona de carga, entradas y salidas.

La habitabilidad de la tripulación se encontrará en el primer piso de la superestructura, y en el segundo nivel se encontrará el puente de gobierno junto al camarote del patrón de la nave.

Se presentará la disposición de los estanques en el doble fondo con sus respectivos volúmenes de almacenamiento.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Llegar a realizar el plano de arreglo general de la embarcación, con el objetivo de comenzar a visualizar como estará conformado cada sector de la nave.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer una disposición general para cada área de la embarcación.
- Establecer las medidas y distancias de las principales zonas de la nave.
- Realizar el plano de arreglo general del proyecto.

## 4. DISPOSICIÓN GENERAL

Una vez resuelto el diseño de formas que tendrá la embarcación, se procede a disponer de manera general cada sitio o zona del buque.

La disposición general obedece al tipo de embarcación, una barcaza mayor construida en acero destinada al transporte de alimento para la industria acuícola.

Sus principales características de diseño son las siguientes:

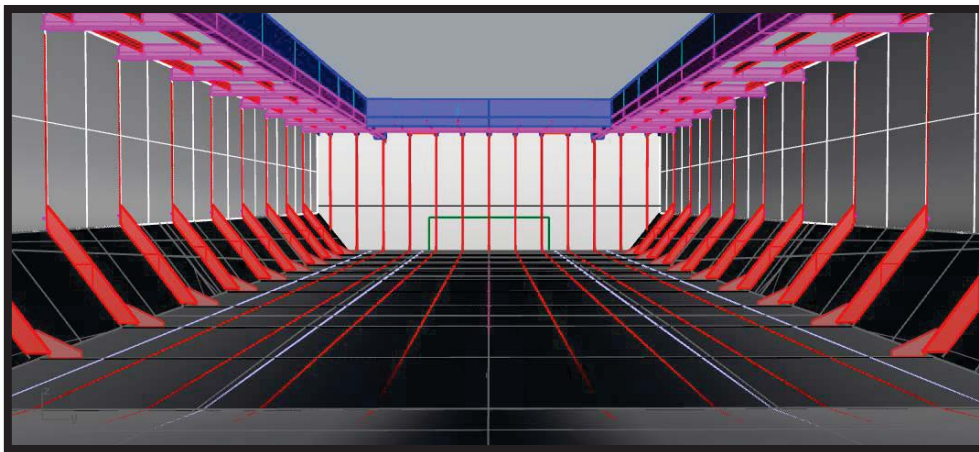
- Eslora máxima = 39 [m]
- Manga máxima = 11,2 [m]
- Puntal = 4,0 [m]
- Altura de bodega de carga = 3,2 [m]
- Capacidad de tripulación = 7 personas
- Velocidad máxima = 10 [kn]
- Velocidad de operación = 9 [kn]

### 4.1 Bodega de carga:

La barcaza poseerá una bodega de carga de alimento de 21,50 [metros] de longitud por 9,0 [metros] de manga, la cual comenzará en el mamparo de proa de sala de máquinas hasta el mamparo de colisión.

La bodega de carga tendrá una altura de 3,20 [metros] desde el plan de bodega hasta la cubierta principal, y sus forma se ajustará a la de la embarcación, es decir, siguiendo el principio de los 3 pantoques rectos.

Para asegurar la carga y así evitar sus constantes movimientos, la bodega contará con 2 mamparos longitudinales de 8 [mm] de espesor, los cuales se adaptan a la forma del buque en el sentido longitudinal.



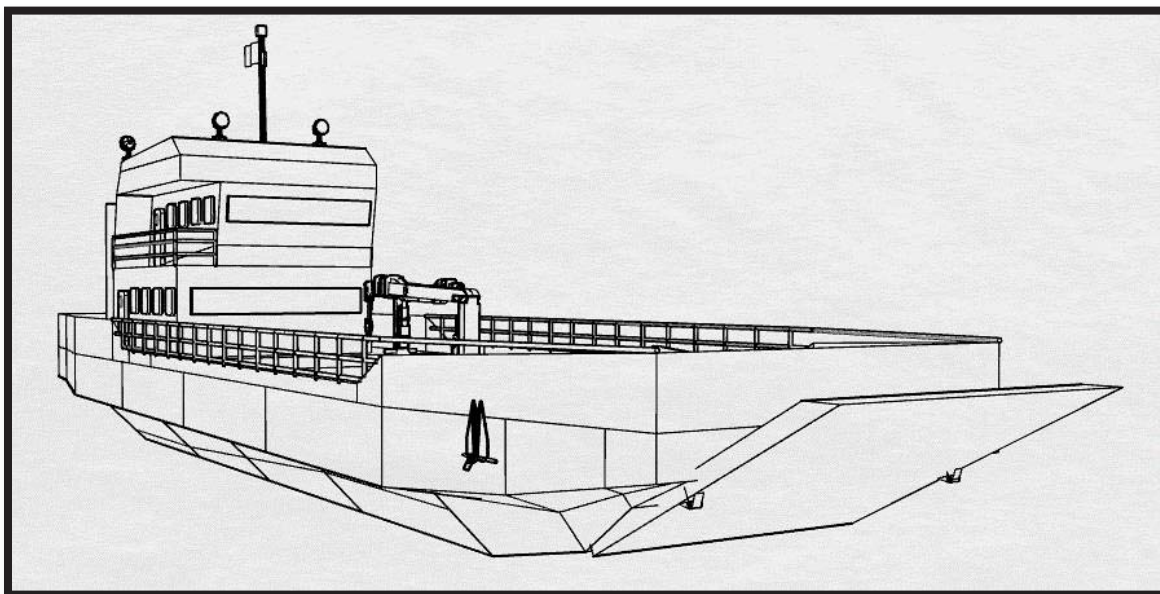
*Fig.1: Bodega de carga de la barcaza*

## 4.2 Acceso a la bodega de carga:

La bodega contará con dos tipos de acceso, los cuales son una rampa de carga en el sector de proa y una escotilla de carga en la cubierta principal.

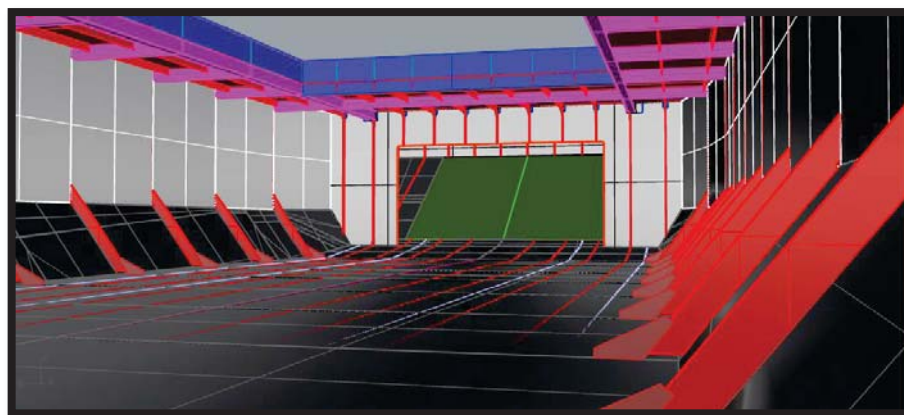
### 4.2.1 Rampa de carga:

La rampa tendrá una manga de 4,5 [metros], con el fin de que puedan entrar y salir dos grúas horquilla al mismo tiempo, y así disminuir los tiempos de carga y descarga.



*Fig.2: Representación de rampa en proa*

Para permitir el acceso a la bodega, el mamparo de colisión tendrá una abertura de 4,5 x 2,2 [metros], zona que irá compuesta por una puerta estanca para impedir completamente el paso del agua.



*Fig.3: Abertura en mamparo de colisión*

#### 4.2.2 Escotilla de carga:

La escotilla será de 13,65 x 5,5 [metros], la cual permitirá la carga y descarga de alimento desde la cubierta principal por medio de dos grúas marinas de 8 [ton<sub>f</sub>] cada una. Estas grúas irán ubicada a cada banda de la embarcación con un radio máximo de trabajo de 20 [metros].

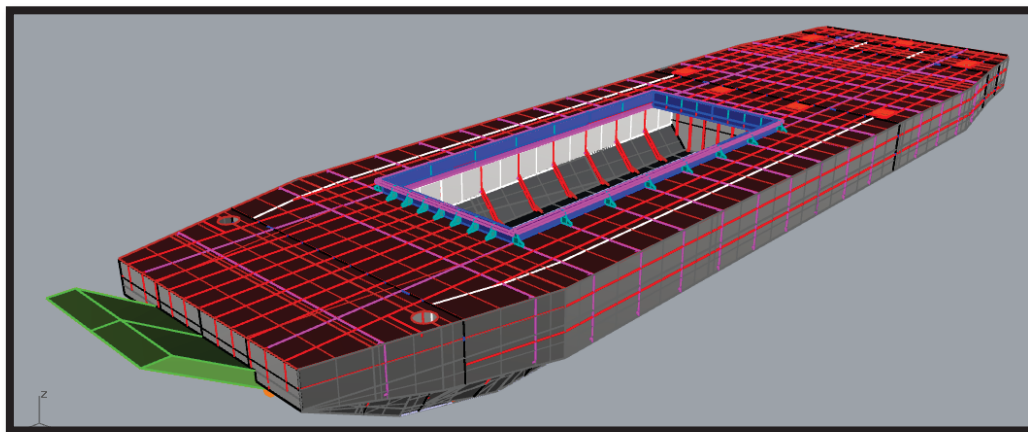


Fig.4: Escotilla de carga en cubierta principal

La escotilla irá reforzada por brazolas, refuerzos longitudinales angulares y refuerzos transversales, definidos en el cuadernillo 09 (resistencia estructural).

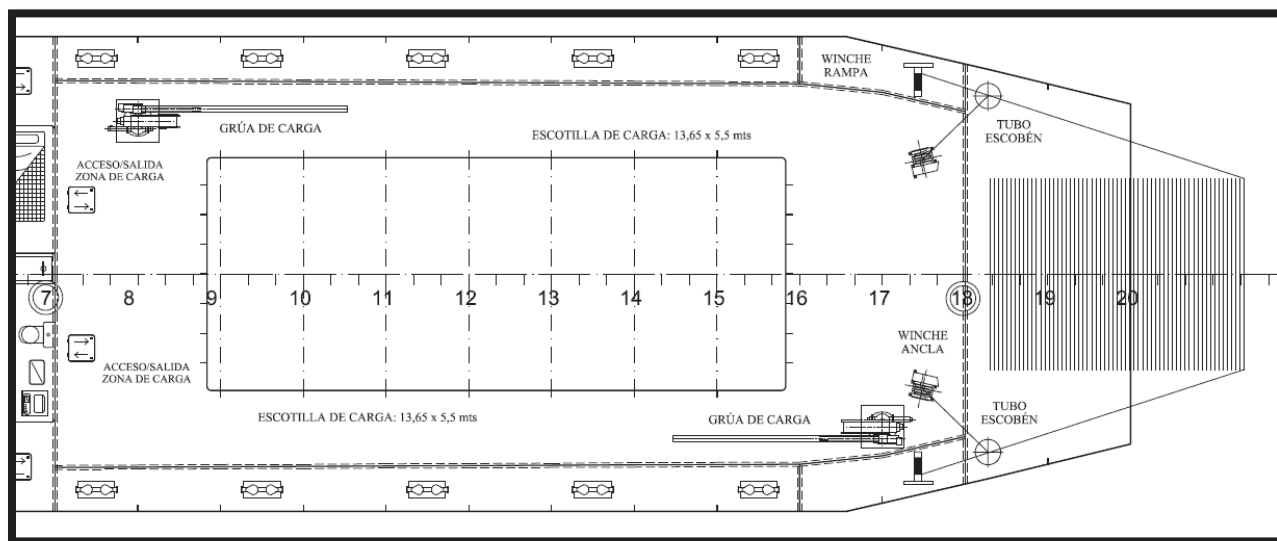


Fig.5: Disposición de grúas, escotilla y rampa de carga

El acceso del personal durante la navegación será mediante dos escotillas de 600 x 600 [mm] a cada banda de la línea de crujía, dispuestas a popa de la escotilla de carga (ver figura 5).

### 4.3 Sala de máquinas:

La sala de máquinas contará con dos motores propulsores Cat Marine C18 ACERT de 715 [bhp] de potencia MCR a 2100 rpm, los cuales irán acoplados a cajas reductoras Guascor de relación 5:1. Estos motores serán ubicados a 1,93 [metros] desde la línea de crujía a cada banda.

Se contará con un sistema generador de 220 [volts] para enchufes y equipos de fuerza ubicado en el centro de la sala, y con sistemas generadores de 12 y 24 [volts] para alumbrado y comunicaciones ubicados a los costados.

Para los sistemas de achique, lastre e incendio y lavado se contará con dos bombas multipropósito de 100 [m<sup>3</sup>/h] ubicadas a popa de la sala de máquinas.

Un tanque de aceite lubricante de 2,45 [m<sup>3</sup>] estará ubicado a proa de la sala de máquinas.

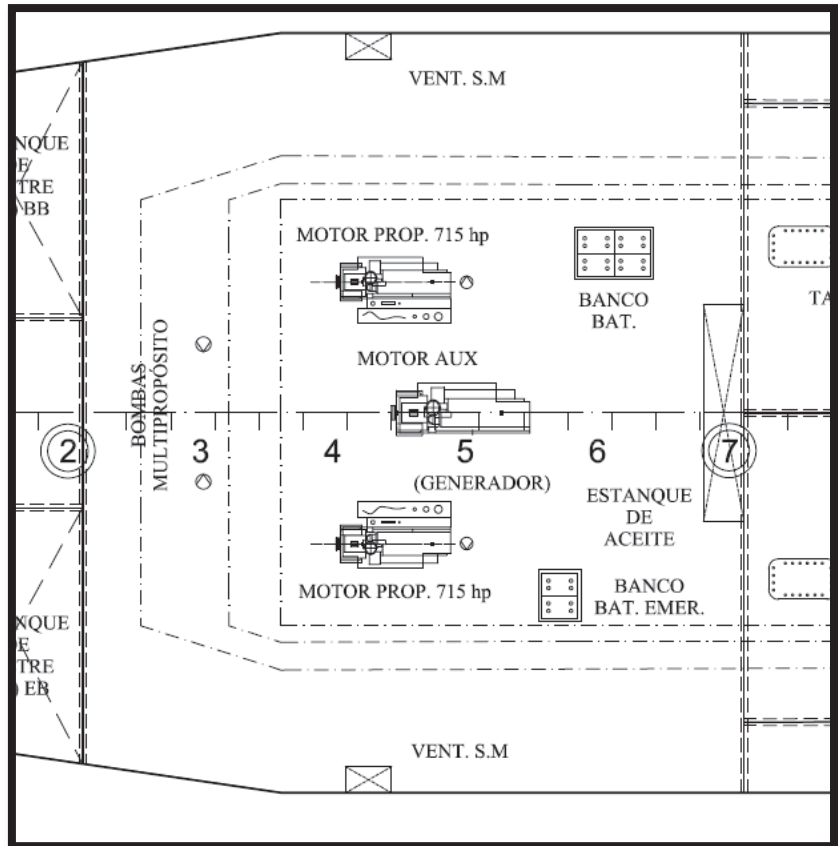


Fig.6: Disposición de sala de máquinas

Para acceder/salir a la sala de máquinas se contará con dos escotillas de 600 x 600 [mm] a cada banda de la cubierta principal.

### 4.4 Habitabilidad – primer nivel:

El primer piso contará con 1 camarote de 9,8 x 3 [metros] donde irán ubicadas 3 camas, 3 veladores y una mesa con 6 sillas.

Se contará con una cocina/comedor de 6,3 x 3 [metros], equipada con lavaplatos, cocina a gas de 4 platos, estantes, una mesa y 8 sillas. Además de ello esta sección se encontrará una escalera que permitirá el acceso al segundo nivel, donde se encuentra el puente de gobierno.

El baño será de 4 x 2,4 [metros], donde ira una WC, lavadora, lavamanos, tina y dos estantes.

El primer nivel contará con un pasillo que permitirá el acceso independiente a cada sector. El acceso general a este pasillo será por popa y además tendrá una entrada/salida en la cocina/comedor (estribor).

La superestructura estará soportada por los mamparos de popa y proa de sala de máquinas con el objetivo de mantener la continuidad estructural.

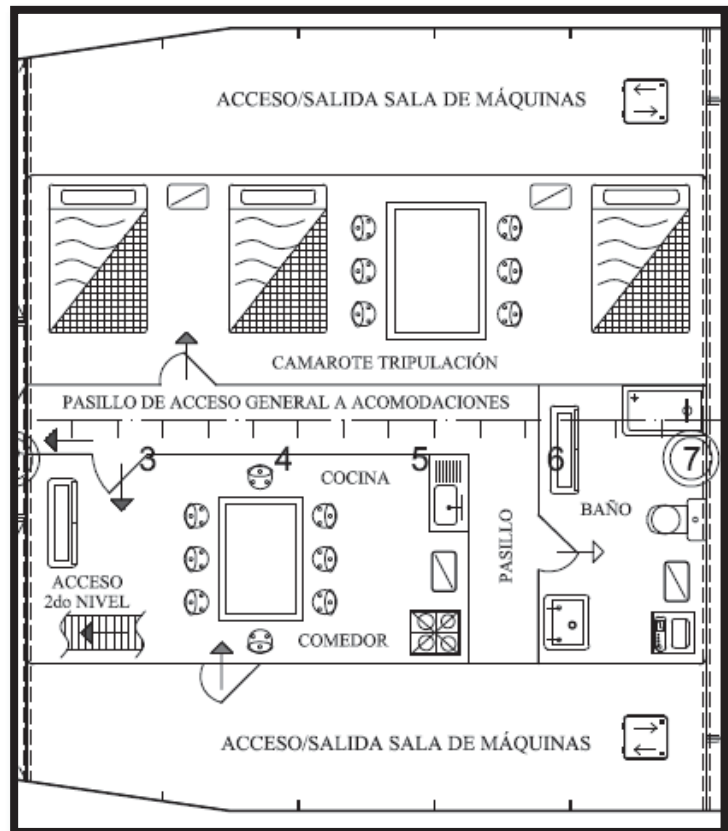


Fig.6: Disposición de sala de máquinas

#### 4.5 Habitabilidad y puente de gobierno – segundo nivel:

En el segundo nivel se ubicará el camarote del patrón de nave mayor, el cual contará con una cama, un velador, un estante y un escritorio (mesa – silla).

En este segundo piso también se ubicará el puente de gobierno, al cual se tendrá acceso desde el primer nivel mediante una escalera.

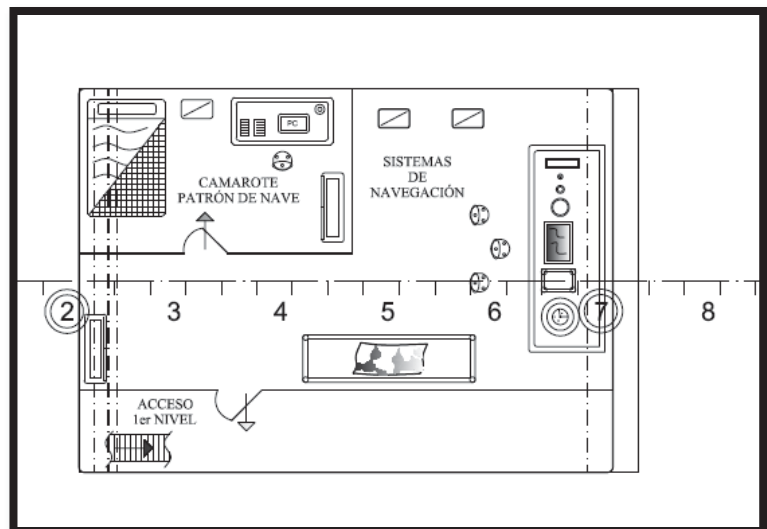


Fig.7: Disposición del segundo nivel



#### 4.6 Estanques:

La nave contará con los siguientes estanques estructurales:

- 2 estanques de agua de lastre a popa  
*Cada uno de estos estanques tendrá una capacidad de 23,3 [m<sup>3</sup>]*
- 2 estanques de agua de lastre a proa  
*Cada uno de estos estanques tendrá una capacidad de 7,36 [m<sup>3</sup>]*
- 2 estanques de agua de lastre centrales  
*Cada uno de estos estanques tendrá una capacidad de 22 [m<sup>3</sup>]*
- 2 estanques de agua dulce  
*Cada uno de estos estanques tendrá una capacidad de 10,7 [m<sup>3</sup>]*
- 2 estanques de combustible  
*Cada uno de estos estanques tendrá una capacidad de 9 [m<sup>3</sup>]*
- 1 estanque de aguas grises  
*Este estanque tendrá una capacidad de 1,3 [m<sup>3</sup>]*
- 1 estanque de aceite lubricante  
*Este estanque tendrá una capacidad de 2,45 [m<sup>3</sup>]*
- 1 cofferdam para separar el agua dulce del combustible  
*El cofferdam tendrá un volumen de 10,7 [m<sup>3</sup>]*

La disposición de estanques se realizó en Maxsurf Stability Advanced V.20:

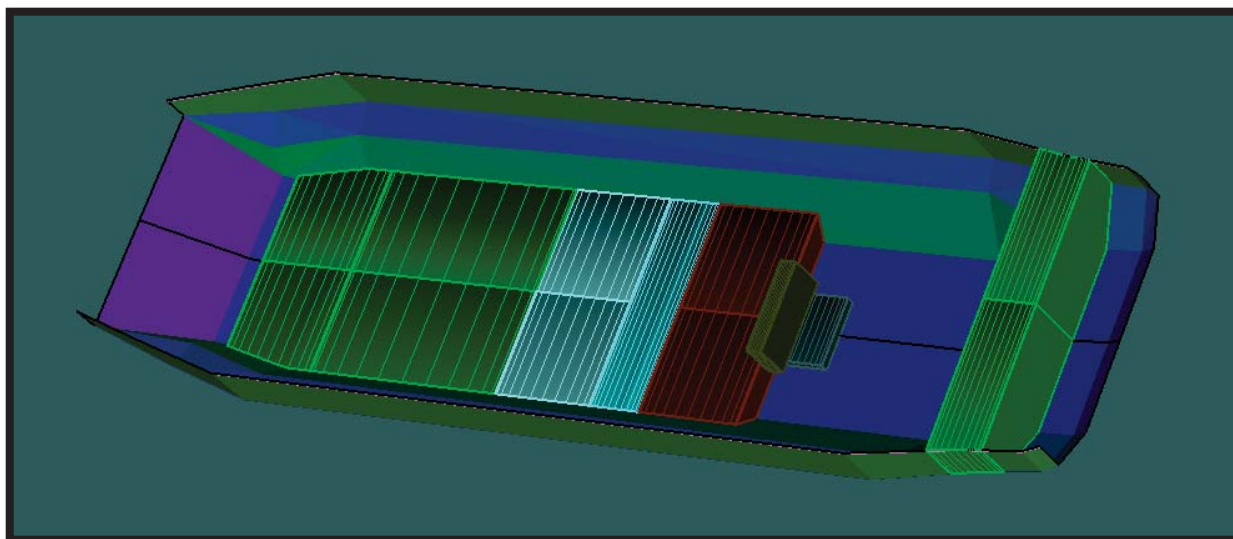
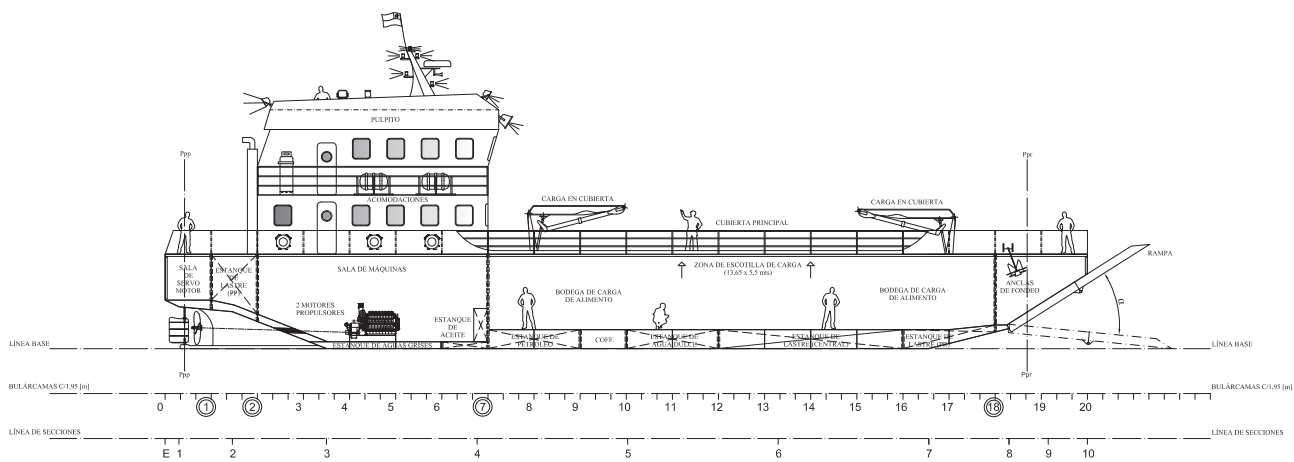


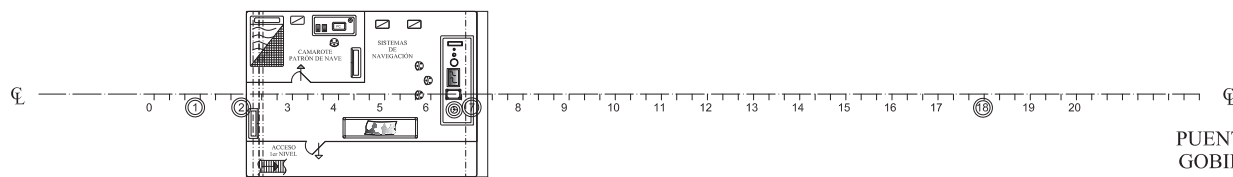
Fig.8: Disposición de estanques en el doble fondo

Estanques verdes = agua de lastre - Estanques rojos = combustible - Estanques celestes = agua dulce -  
Estanque amarillo = aceite lubricante - Estanque gris = aguas grises.

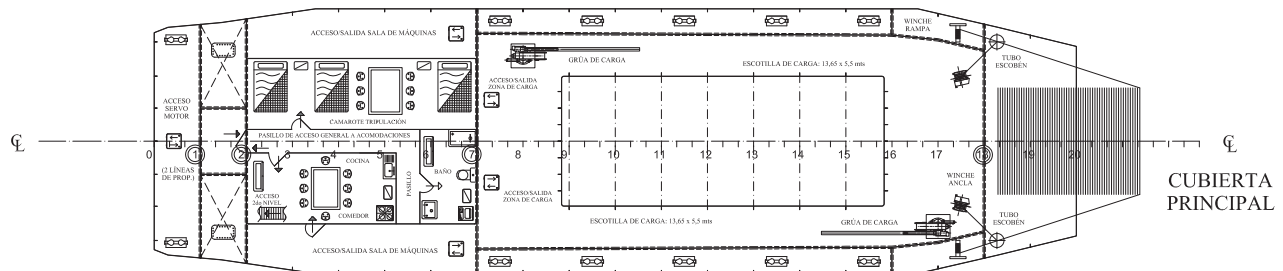




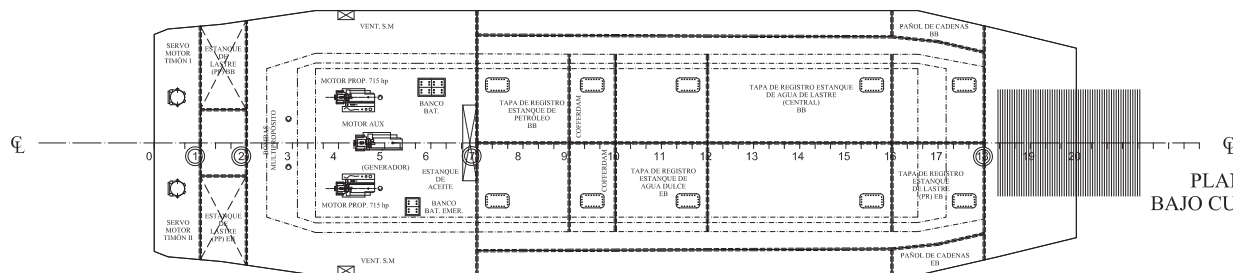
PERFIL LONGITUDINAL



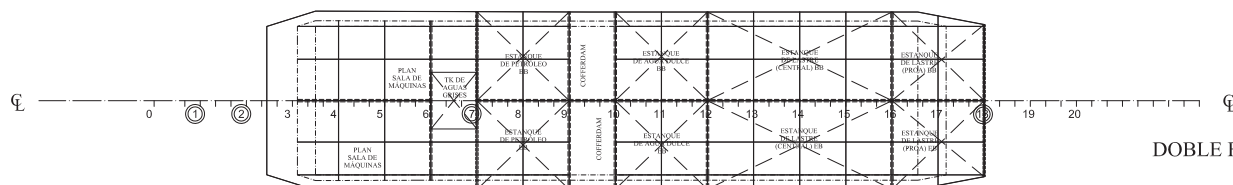
PUENTE DE GOBIERNO



CUBIERTA PRINCIPAL



PLANTA BAJA CUBIERTA



DOBLE FONDO

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 20    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                 | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |



|                                                                                                                                        |                          |            |       |              |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------|--------------|---------|
| Universidad Austral de Chile<br>Facultad de Ciencias de la Ingeniería<br>Instituto de Ciencias Navales & Marítimas<br>Ingeniería Naval |                          |            |       |              |         |
| Proyecto                                                                                                                               | Nombre                   | Fecha      | Firma | RUT          | Escala  |
| Proyecto                                                                                                                               | Gabriel A. Poma Vera     | 22-12-2014 |       | 17.450.465-2 | 1:100   |
| Revisó                                                                                                                                 | Richard L. Lucio Salinas | 22-12-2014 |       | 8.783.946-K  | Fto: A1 |

## 5. CONCLUSIONES

Se contará con una bodega de carga de 21,5 x 9 [metros], la cual tendrá una altura de 3,2 [metros]. El acceso/salida a esta será mediante una rampa en proa y una escotilla de carga en la cubierta principal.

La sala de máquinas contará con dos entradas/salidas desde la cubierta principal mediante escotillas de 600 x 600 [mm]. Los motores dispuestos en la sala de máquinas estarán ubicados a 1,93 [metros] desde la línea de crujía y los motores auxiliares se encontrarán tanto en el centro (sistema generador de 220 volts), como en los costados (sistemas de 12 y 24 volts).

La habitabilidad de la tripulación estará compuesta por un camarote amplio con 3 camas, una cocina/comedor y un baño, todos conectados mediante un pasillo independiente.

El puente de gobierno estará sumado al camarote del patrón de la nave, con el fin de tener acceso inmediato a este.

Se contará con estanques de lastre en la zona central, popa y proa. Además se dispondrá de dos estanques de agua dulce de 10,7 [m<sup>3</sup>] cada uno.

La alimentación del motor será desde dos estanques de combustible de 9 [m<sup>3</sup>] cada uno.

## 6. REFERENCIAS

[1] Arte de Proyectar en Arquitectura  
Autor: Ernst Neufert  
Editorial Gustavo Gili, S.A, 1995  
Barcelona, 14ª Edición

[2] Software Maxsurf Enterprise V8i v.20.0  
Maxsurf Stability Advanced  
Windows Version 20

[3] Software AutoCAD  
Autodesk, Inc.  
Windows Version 2014



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 05

“Cálculos de Arquitectura Naval”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                            | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                       | <b>3</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                                   | <b>3</b>  |
| <b>4. Cálculo de Arqueo .....</b>                                      | <b>4</b>  |
| 4.1 Disposiciones generales sobre el cálculo de arqueo.....            | 4         |
| 4.2 Volumen total de todos los espacios cerrados de la nave .....      | 4         |
| 4.2.1 Volumen de espacios bajo la cubierta principal .....             | 4         |
| 4.2.2 Volumen de espacios sobre la cubierta principal .....            | 6         |
| 4.3 Volumen total de espacios destinado exclusivamente a la carga..... | 6         |
| 4.4 Determinación del arqueo bruto (AB).....                           | 8         |
| 4.5 Determinación del arqueo neto (AN) .....                           | 8         |
| <b>5. Francobordo Mínimo .....</b>                                     | <b>9</b>  |
| 5.1 Tipo de buque .....                                                | 9         |
| 5.2 Francobordo tabular .....                                          | 9         |
| 5.3 Corrección al francobordo .....                                    | 10        |
| 5.4 Francobordo final.....                                             | 11        |
| <b>6. Curvas Hidrostáticas.....</b>                                    | <b>12</b> |
| 6.1 Curvas hidrostáticas para un trimado de -0,5 [m].....              | 12        |
| 6.2 Curvas hidrostáticas para un trimado de 0 [m] .....                | 14        |
| 6.3 Curvas hidrostáticas para un trimado de +0,5 [m] .....             | 16        |
| <b>7. Conclusiones.....</b>                                            | <b>18</b> |
| <b>8. Referencias .....</b>                                            | <b>18</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

Este cuaderno presentará 3 tipos de cálculos fundamentales para la embarcación, el primero de ellos será la determinación del arqueo bruto y neto mediante el reglamento nacional de arqueo de naves de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante en su edición del año 2001.

Posteriormente se calculará el francobordo mínimo establecido según el tipo de buque, mediante el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966, para el cual se efectuarán las correcciones pertinentes para embarcaciones menores a 100 [metros] de eslora.

Finalmente se presentarán las curvas hidrostáticas de la nave para 3 condiciones de trimado.

# 2. OBJETIVO GENERAL

Determinar 3 de los principales parámetros de la embarcación en proyecto, con el fin de satisfacer los requerimientos de ser una nave mayor (sobre 50 TRG), cumplir con el mínimo francobordo normado internacionalmente y presentar las principales características geométricas de la nave mediante sus curvas hidrostáticas.

# 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular el arqueo naval.
- Determinar el francobordo mínimo.
- Presentar las curvas hidrostáticas de la nave.

## 4. CÁLCULO DE ARQUEO

Para efectuar el correspondiente cálculo de arqueo de la embarcación, se utilizará el reglamento nacional de arqueo de naves (TM-026) en su edición del año 2001. Este reglamento es exigible a todas las naves de eslora inferior a 24 [metros] y naves de eslora igual o mayor a 24 [m] que efectúen exclusivamente navegación en aguas de jurisdicción nacional.

Las principales características de la barcaza en estudio son las siguientes:

- Eslora máxima = 39 [m]
- Manga máxima = 11,2 [m]
- Puntal = 4,0 [m]
- Calado de diseño = 2,15 [m]
- Altura de bodega = 3,2 [m]
- Desplazamiento = 564,6 [ton]

### 4.1 Disposiciones generales sobre el cálculo de arqueo:

El reglamento indica las siguientes descripciones:

**Arqueo Bruto (AB):** Es la expresión del tamaño total de una nave, que se determina en base al volumen total de todos sus espacios cerrados.

**Arqueo Neto (AN):** Es la expresión de la capacidad utilizable de una nave, que se determina en base al volumen de todos los espacios cerrados de la nave, destinados al transporte de carga.

### 4.2 Volumen total de todos los espacios cerrados de la nave:

El volumen total se dividirá en:

- Volumen de espacios cerrados bajo la cubierta principal
- Volumen de espacios sobre la cubierta principal

#### 4.2.1 Volumen de espacios bajo la cubierta principal:

Su determinación se realizará integrando las áreas de cada una de las secciones componentes de la embarcación mediante la primera regla de Simpson combinada para 21 ordenadas (secciones 0 a 20).

La expresión a utilizar es:

$$V = \frac{1}{3}d(1A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + \dots + 2A_{2n-1} + 4A_{2n} + 1A_{2n+1})$$

Donde “V” representa el volumen total, “A” la superficie de cada sección y “d” la distancia entre secciones igual a 1,95 [metros].

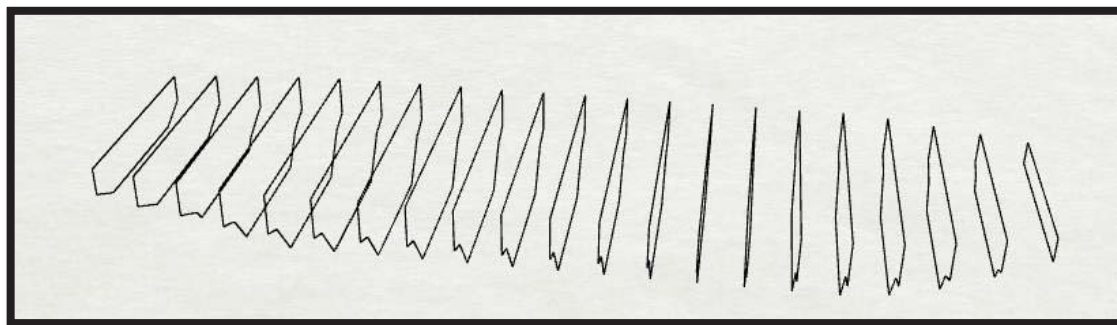


Fig.1: Secciones completas de la barcaza

El tabla 1 muestra los resultados obtenidos:

| Sección | Área [m <sup>2</sup> ] | F.S | Producto |
|---------|------------------------|-----|----------|
| 0       | 16,86                  | 1   | 16,86    |
| 1       | 21,61                  | 4   | 86,45    |
| 2       | 26,39                  | 2   | 52,78    |
| 3       | 33,98                  | 4   | 135,90   |
| 4       | 38,14                  | 2   | 76,29    |
| 5       | 38,14                  | 4   | 152,56   |
| 6       | 38,14                  | 2   | 76,27    |
| 7       | 38,13                  | 4   | 152,54   |
| 8       | 38,13                  | 2   | 76,26    |
| 9       | 38,13                  | 4   | 152,52   |
| 10      | 38,13                  | 2   | 76,26    |
| 11      | 38,13                  | 4   | 152,51   |
| 12      | 38,13                  | 2   | 76,25    |
| 13      | 38,13                  | 4   | 152,50   |
| 14      | 38,12                  | 2   | 76,25    |
| 15      | 38,12                  | 4   | 152,50   |
| 16      | 38,12                  | 2   | 76,25    |
| 17      | 35,21                  | 4   | 140,86   |
| 18      | 28,92                  | 2   | 57,85    |
| 19      | 19,38                  | 4   | 77,54    |
| 20      | 8,42                   | 1   | 8,42     |

Tabla 1: Método de Simpson para volumen bajo cubierta

Por lo tanto, para una distancia entre secciones de 1,95 [metros], el volumen total bajo la cubierta principal es de aproximadamente:

$$\text{Volumen}_{\text{BAJO CUBIERTA}} = 1316,65 \text{ [m}^3\text{]}$$



#### 4.2.2 Volumen de espacios sobre la cubierta principal:

Este volumen corresponde a las zonas de habitabilidad y puente de gobierno, dispuestos en la superestructura.

Para obtener su volumen total se utilizará el software Rhinoceros v5.0, dividiendo los espacios en:

- Primer nivel (habitabilidad)
- Segundo nivel (puente de gobierno)
- Espacios cerrados del pulpito

Los resultados son los siguientes:

|                      |               |                        |
|----------------------|---------------|------------------------|
| <b>Primer nivel</b>  | <b>170,65</b> | <b>[m<sup>3</sup>]</b> |
|                      |               |                        |
| <b>Segundo nivel</b> | <b>148,31</b> | <b>[m<sup>3</sup>]</b> |
|                      |               |                        |
| <b>Pulpito</b>       | <b>90,14</b>  | <b>[m<sup>3</sup>]</b> |

Por lo tanto, el volumen es de aproximadamente:

$$Volumen_{SOBRE\ CUBIERTA} = 409,10 [m^3]$$

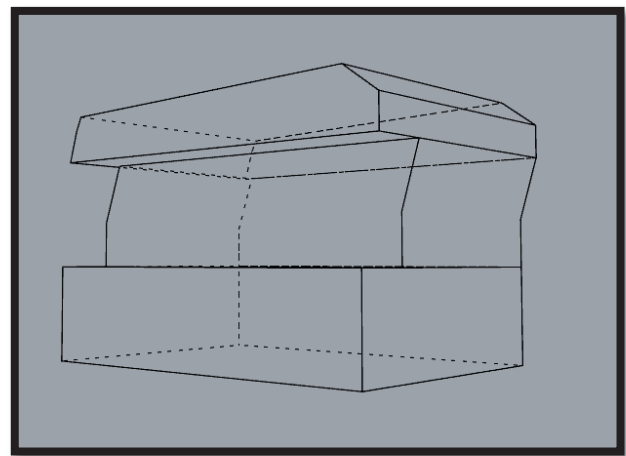


Fig.2: Superestructura (Rhinoceros)

De esta manera, el volumen total de todos los espacios cerrados tiene un valor de aproximadamente:

$$V = Volumen\ total\ de\ espacios\ cerrados = 1725,8 [m^3]$$

#### 4.3 Volumen total de espacios destinado exclusivamente a la carga:

La bodega de carga se encuentra entre el mamparo de proa de sala de máquinas y el mamparo de colisión, además de ello esta zona se encuentra respaldada por mamparos longitudinales.

Considerando la descripción anterior y que la bodega de carga tiene un plano cubierta de doble fondo a 80 [cm] desde la línea base, su volumen puede ser obtenido integrando las áreas que sólo comprometen el volumen de carga mediante la combinación de la primera y segunda regla de Simpson, debido a que se trabajará con 12 ordenadas.

$$V = d \left( \frac{1}{3} A_1 + \frac{4}{3} A_2 + \frac{17}{24} A_3 + \frac{9}{8} A_4 + \frac{9}{8} A_5 + \frac{3}{4} A_6 + \frac{9}{8} A_7 + \frac{9}{8} A_8 + \frac{3}{4} A_9 + \frac{9}{8} A_{10} + \frac{9}{8} A_{11} + \frac{3}{8} A_{12} \right)$$

Donde “V” representa el volumen total, “A” la superficie de cada sección y “d” la distancia entre secciones igual a 1,95 [metros].

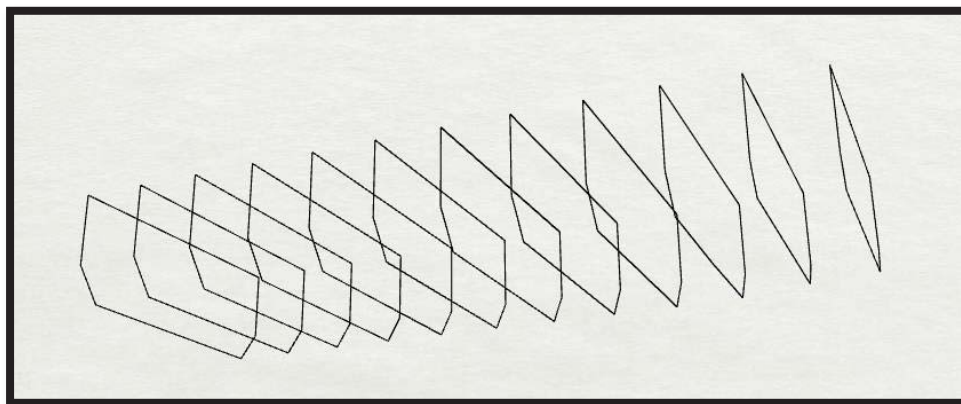


Fig.2: Secciones de la bodega de la barcaza

El tabla 2 muestra los resultados obtenidos:

| Sección | Área [m <sup>2</sup> ] | F.S   | Producto |
|---------|------------------------|-------|----------|
| 7       | 28,38                  | 1/3   | 9,46     |
| 8       | 28,33                  | 1 1/3 | 37,78    |
| 9       | 28,28                  | 5/7   | 20,03    |
| 10      | 28,23                  | 1 1/8 | 31,76    |
| 11      | 28,18                  | 1 1/8 | 31,71    |
| 12      | 28,14                  | 3/4   | 21,10    |
| 13      | 28,09                  | 1 1/8 | 31,61    |
| 14      | 28,05                  | 1 1/8 | 31,56    |
| 15      | 28,01                  | 3/4   | 21,01    |
| 16      | 27,78                  | 1 1/8 | 31,25    |
| 17      | 25,17                  | 1 1/8 | 28,32    |
| 18      | 22,56                  | 3/8   | 8,46     |

Tabla 2: Método de Simpson para volumen de carga

Por lo tanto, para una distancia entre secciones de 1,95 [metros], el volumen total disponible exclusivamente para el transporte de carga es de aproximadamente:

$$V_c = \text{Volumen total destinado a la carga} = 592,88 \text{ [m}^3\text{]}$$

#### 4.4 Determinación del arque bruto (AB):

Para el cálculo del arqueo bruto la DGTM & MM establece la siguiente expresión matemática:

$$AB = K1 * V$$

Donde:

- V, corresponde al volumen total de todos los espacios cerrados de la nave, expresados en metros cúbicos [m³].
- K1, corresponde a una expresión logarítmica representada por:  $K1 = 0,2 + 0,02 * \log_{10}(V)$

Por lo tanto, se tiene que:

- $V = 1725,8 \text{ [m}^3\text{]}$
- $K1 = 0,265$

$$AB = 456,9 \text{ TRG}$$

#### 4.5 Determinación del arque neto (AN):

Para el cálculo del arqueo neto la DGTM & MM establece la siguiente expresión matemática:

$$AB = K2 * V_C$$

Donde:

- $V_C$ , corresponde al volumen de todos los espacios de carga, expresados en metros cúbicos [m³].
- K2, corresponde a una expresión logarítmica representada por:  $K2 = 0,2 + 0,02 * \log_{10}(V_C)$

Por lo tanto, se tiene que:

- $V_C = 592,88 \text{ [m}^3\text{]}$
- $K2 = 0,255$

$$AN = 151,5 \text{ TRN}$$

## 5. FRANCOBORDO MÍNIMO

El francobordo mínimo con el cual deberá cumplir la embarcación en proyecto se determinará según el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966.

### 5.1 Tipo de buque:

La regla número 27 del capítulo III del tal convenio, establece los francobordos mínimos en función de dos tipos de buques:

- Buques tipo A: Principalmente embarcaciones destinadas al transporte de cargas líquidas a granel que cuentan con una gran integridad de la cubierta expuesta.
- Buques tipo B: Referidos a todos los buques que no cumplan las condiciones de los buques tipo A.

### 5.2 Francobordo tabular:

La regla 28 del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, ofrece tablas para la determinación del francobordo en función del tipo y eslora del buque.

La regla 3 del convenio dice que se entenderá por eslora (L) al 96% de la eslora total en una línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85% del puntal mínimo de trazado, medida desde el canto alto de dicha quilla, o la eslora desde la cara de proa hasta el eje de la mecha del timón en dicha flotación, si ésta fuera mayor.

Los resultados son los siguientes:

- $L$  (96% de  $L_{TOT}$  tomada al 85% de puntal mín. de trazado) = 36,78 [m]
- $L$  (Eslora entre perpendiculares) = 35,63 [m]

Por lo tanto, se utilizará como parámetro de entrada la eslora (L) de 36,78 [m].

La figura 4, a continuación entrega los siguientes resultados:

- Para una eslora del buque de 36 [m] el francobordo mínimo será de 300 [mm]
- Para una eslora del buque de 37 [m] el francobordo mínimo será de 308 [mm]

Interpolando entre ambos valores se obtiene que para una eslora de 36,78 [mm] el francobordo mínimo deberá ser de 306,2 [mm].

| Interpolador para Francobordo |       |        |       |
|-------------------------------|-------|--------|-------|
| $L_1$                         | 36    | $Fr_1$ | 300   |
| $L_x$                         | 36,78 | $Fr_x$ | 306,2 |
| $L_2$                         | 37    | $Fr_2$ | 308   |

Fig.3: Tabla de interpolación para el francobordo

*Tabla de francobordo para buques de tipo "B"*

| Eslora del<br>buque<br>(metros) | Francobordo<br>(milímetros) | Eslora del<br>buque<br>(metros) | Francobordo<br>(milímetros) | Eslora del<br>buque<br>(metros) | Francobordo<br>(milímetros) |
|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 24                              | 200                         | 58                              | 544                         | 92                              | 1116                        |
| 25                              | 208                         | 59                              | 559                         | 93                              | 1135                        |
| 26                              | 217                         | 60                              | 573                         | 94                              | 1154                        |
| 27                              | 225                         | 61                              | 587                         | 95                              | 1172                        |
| 28                              | 233                         | 62                              | 601                         | 96                              | 1190                        |
| 29                              | 242                         | 63                              | 615                         | 97                              | 1209                        |
| 30                              | 250                         | 64                              | 629                         | 98                              | 1219                        |
| 31                              | 258                         | 65                              | 644                         | 99                              | 1250                        |
| 32                              | 267                         | 66                              | 659                         | 100                             | 1271                        |
| 33                              | 275                         | 67                              | 674                         | 101                             | 1293                        |
| 34                              | 283                         | 68                              | 689                         | 102                             | 1315                        |
| 35                              | 292                         | 69                              | 705                         | 103                             | 1337                        |
| 36                              | 300                         | 70                              | 721                         | 104                             | 1359                        |
| 37                              | 308                         | 71                              | 738                         | 105                             | 1380                        |
| 38                              | 316                         | 72                              | 754                         | 106                             | 1401                        |
| 39                              | 325                         | 73                              | 769                         | 107                             | 1421                        |
| 40                              | 334                         | 74                              | 784                         | 108                             | 1440                        |

*Fig.4: Tabla para obtención del francobordo en buques tipo B*

### 5.3 Corrección al francobordo:

Para buques de eslora s inferiores a 100 [ metros], se deberán realizar la s siguientes correcciones al francobordo:

- Corrección de acuerdo a la longitud efectiva de la superestructura:

Para buques con una longitud efectiva (E) menor al 35% de la eslora (L), el francobordo se deberá incrementar en la siguiente cantidad:

$$7,5 * (100 - L) * \left(0,35 - \frac{E}{L}\right) [\text{milímetros}]$$

La longitud efectiva de la superestructura (E) corresponde a la altura de esta (S), igual a 6,62 [metros] en su zona media, lo cual es inferior al 35% de la eslora 12,9 [metros].

Por lo tanto, el francobordo se incrementará en aproximadamente 80,6 [mm]. Resultando un francobordo mínimo de:

$$\text{Francobordo mínimo} = 386,8 \text{ [mm]}$$

- Corrección por el coeficiente de bloque:

La regla 29 dice que se efectuará una corrección si el coeficiente de bloque ( $C_B$ ) es superior a 0,68. En nuestro caso la barcaza posee un  $C_B$  de 0,606, por lo tanto, no se realizará la corrección.

- Corrección por puntal:

Se realizará una corrección por puntal si este es mayor a  $L/15$ . Entonces el francobordo debe aumentarse en:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) * R \text{ [milímetros]}$$

Donde “R” se define según la eslora. Para esloras menores a 120 [metros] se tiene que:

$$R = \frac{L}{0,48}$$

La barcaza tiene un puntal de 4 [metros], valor que excede a  $L/15$  (2,45 metros), por lo tanto, el francobordo se aumentará en aproximadamente 118,6 [mm], resultando un francobordo mínimo de:

$$\text{Francobordo mínimo} = 487,4 \text{ [mm]}$$

#### 5.4 Francobordo final:

Considerando que la embarcación tendrá un puntal de 4,0 [metros], siendo diseñada para un calado máximo de 2,15 [metros], el francobordo será de 1850 [mm], lo cual es mayor al francobordo mínimo reglamentario por el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga.

Por lo tanto, el francobordo será el de diseño igual a 1850 [mm].

## 6. CURVAS HIDROSTÁTICAS

Las curvas hidrostáticas se obtuvieron mediante el software Maxsurf Stabily Advanced v20.0 para 3 condiciones de trimado.

### 6.1 Curvas hidrostáticas para un trimado de -0,5 [m].

| Draft Amidships m                    | 0,500   | 0,683   | 0,867   | 1,050   | 1,233   | 1,417   | 1,600   | 1,783   | 1,967   | 2,150   |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Displacement t                       | 102,5   | 136,9   | 181,3   | 229,0   | 280,2   | 334,8   | 393,0   | 453,9   | 493,5   | 564,0   |
| Heel deg                             | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
| Draft at FP m                        | 0,750   | 0,933   | 1,117   | 1,300   | 1,483   | 1,667   | 1,850   | 2,033   | 2,217   | 2,400   |
| Draft at AP m                        | 0,250   | 0,433   | 0,617   | 0,800   | 0,983   | 1,167   | 1,350   | 1,533   | 1,717   | 1,900   |
| Draft at LCF m                       | 0,518   | 0,700   | 0,882   | 1,064   | 1,246   | 1,427   | 1,609   | 1,796   | 1,978   | 2,153   |
| Trim (+ve by stern) m                | -0,500  | -0,500  | -0,500  | -0,500  | -0,500  | -0,500  | -0,500  | -0,500  | -0,500  | -0,500  |
| WL Length m                          | 29,134  | 30,203  | 30,951  | 31,698  | 32,445  | 33,193  | 33,940  | 34,688  | 36,625  | 37,800  |
| Beam max extents on WL m             | 7,303   | 7,579   | 7,855   | 8,131   | 8,407   | 8,683   | 8,959   | 10,474  | 11,200  | 11,200  |
| Wetted Area m <sup>2</sup>           | 227,070 | 242,307 | 263,528 | 285,393 | 307,832 | 330,885 | 354,725 | 386,790 | 413,693 | 451,573 |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>         | 205,676 | 219,419 | 233,069 | 247,149 | 261,565 | 276,400 | 291,865 | 319,231 | 357,422 | 387,438 |
| Prismatic coeff. (Cp)                | 0,744   | 0,740   | 0,773   | 0,796   | 0,812   | 0,824   | 0,833   | 0,832   | 0,757   | 0,750   |
| Block coeff. (Cb)                    | 0,692   | 0,676   | 0,696   | 0,705   | 0,710   | 0,710   | 0,709   | 0,621   | 0,547   | 0,558   |
| Max Sect. area coeff. (Cm)           | 0,930   | 0,914   | 0,900   | 0,886   | 0,874   | 0,862   | 0,851   | 0,746   | 0,722   | 0,744   |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)           | 0,967   | 0,959   | 0,959   | 0,959   | 0,959   | 0,959   | 0,960   | 0,879   | 0,871   | 0,915   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m        | 22,579  | 21,329  | 21,028  | 20,784  | 20,570  | 20,372  | 20,183  | 19,955  | 20,787  | 20,685  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m        | 20,808  | 20,743  | 20,633  | 20,519  | 20,401  | 20,281  | 20,174  | 20,434  | 20,317  | 19,768  |
| KB m                                 | 0,278   | 0,366   | 0,466   | 0,566   | 0,666   | 0,767   | 0,868   | 0,970   | 1,095   | 1,216   |
| KG m                                 | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   |
| BMT m                                | 8,554   | 7,262   | 6,259   | 5,634   | 5,214   | 4,923   | 4,723   | 5,179   | 6,213   | 6,461   |
| BML m                                | 145,569 | 122,918 | 103,287 | 90,674  | 81,929  | 75,554  | 70,918  | 70,514  | 75,329  | 75,661  |
| GMt m                                | 6,640   | 5,453   | 4,554   | 4,032   | 3,715   | 3,528   | 3,432   | 3,993   | 5,140   | 5,511   |
| GML m                                | 143,655 | 121,109 | 101,582 | 89,072  | 80,431  | 74,159  | 69,627  | 69,328  | 74,256  | 74,711  |
| KMt m                                | 8,832   | 7,628   | 6,724   | 6,199   | 5,879   | 5,689   | 5,591   | 6,148   | 7,307   | 7,676   |
| KML m                                | 145,833 | 123,272 | 103,742 | 91,231  | 82,587  | 76,313  | 71,779  | 71,477  | 76,416  | 76,869  |
| Immersion (TPc) tonne/cm             | 2,108   | 2,249   | 2,389   | 2,533   | 2,681   | 2,833   | 2,992   | 3,272   | 3,664   | 3,971   |
| MTc tonne.m                          | 4,131   | 4,653   | 5,169   | 5,727   | 6,326   | 6,970   | 7,681   | 8,833   | 10,285  | 11,827  |
| RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 11,874  | 13,025  | 14,408  | 16,119  | 18,168  | 20,615  | 23,542  | 31,630  | 44,268  | 54,237  |
| Max deck inclination deg             | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  |
| Trim angle (+ve by stern) deg        | -0,8041 | -0,8041 | -0,8041 | -0,8041 | -0,8041 | -0,8041 | -0,8041 | -0,8041 | -0,8041 | -0,8041 |

Tabla 3: Tabla de datos para un trimado de -0,5 [m]

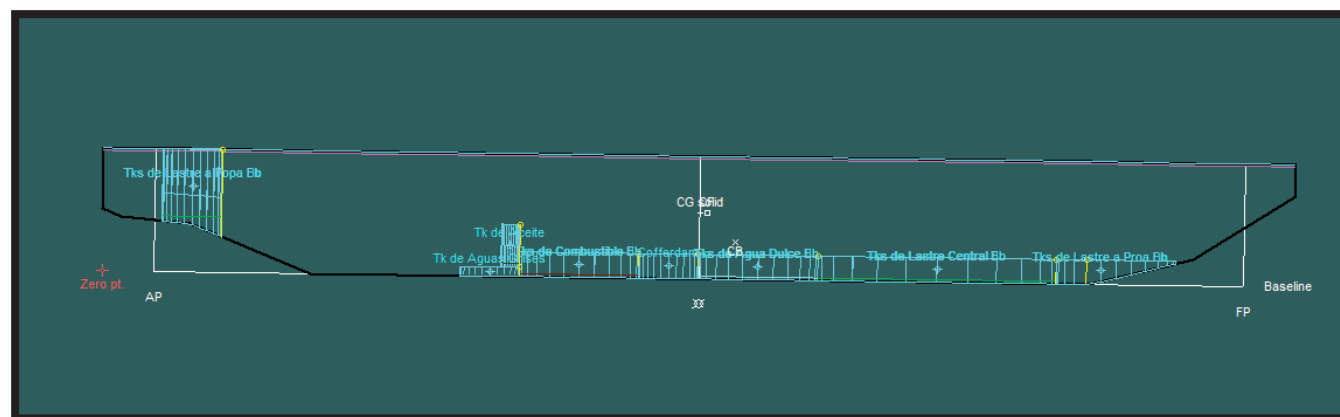


Fig.5: Representación de trimado de -0,5 [m]



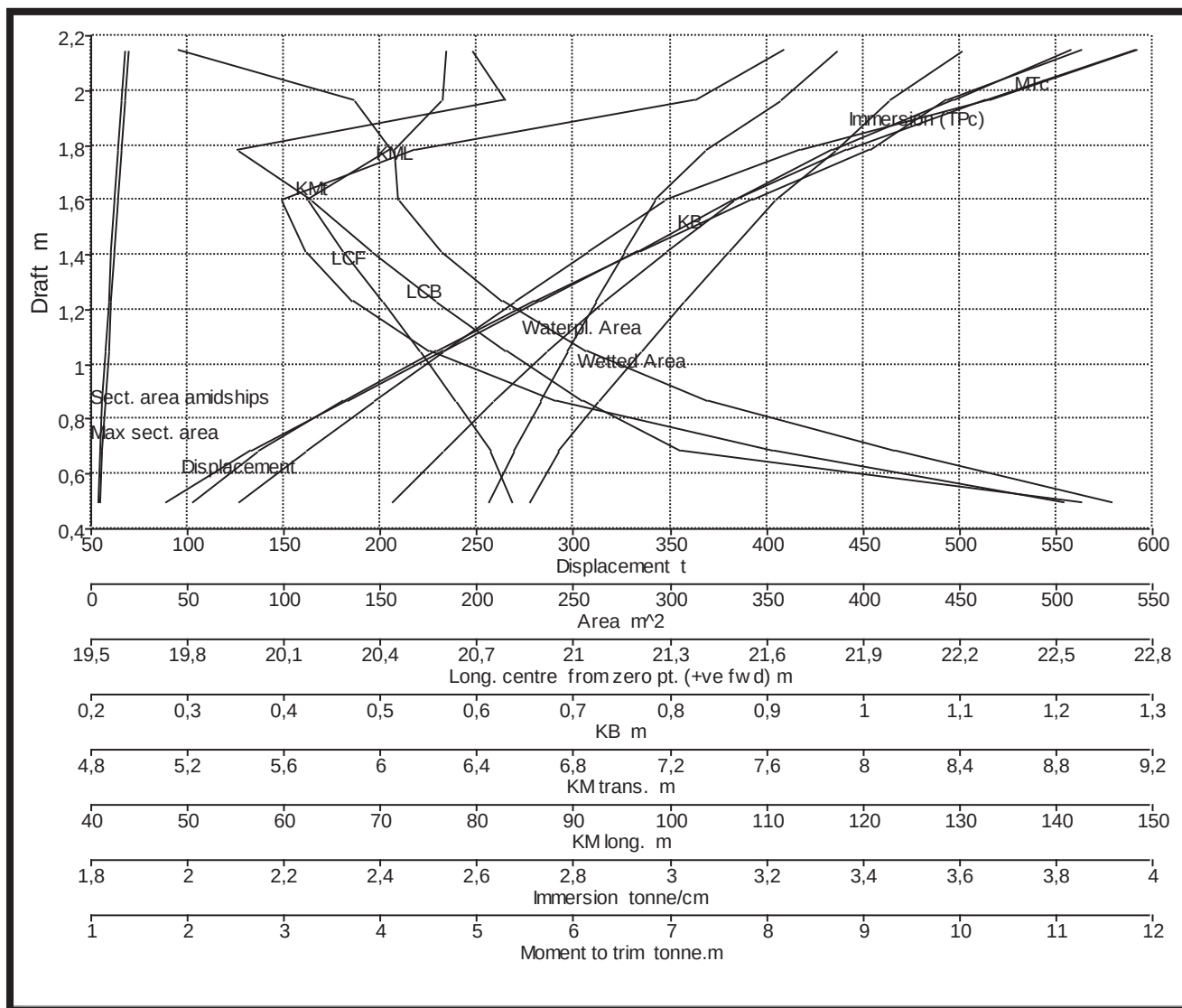


Fig.6: Curvas hidrostáticas para un trimado de  $-0.5\text{m}$

## 6.2 Curvas hidroestáticas para un trimado de 0 [m].

| Draft Amidships m                    | 0,500   | 0,683   | 0,867   | 1,050   | 1,233   | 1,417   | 1,600   | 1,783   | 1,967   | 2,150   |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Displacement t                       | 98,09   | 142,6   | 181,3   | 230,0   | 282,3   | 338,2   | 372,4   | 430,0   | 492,8   | 564,6   |
| Heel deg                             | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
| Draft at FP m                        | 0,500   | 0,683   | 0,867   | 1,050   | 1,233   | 1,417   | 1,600   | 1,783   | 1,967   | 2,150   |
| Draft at AP m                        | 0,500   | 0,683   | 0,867   | 1,050   | 1,233   | 1,417   | 1,600   | 1,783   | 1,967   | 2,150   |
| Draft at LCF m                       | 0,500   | 0,683   | 0,867   | 1,050   | 1,233   | 1,417   | 1,600   | 1,783   | 1,967   | 2,150   |
| Trim (+ve by stern) m                | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| WL Length m                          | 28,738  | 29,937  | 31,096  | 31,853  | 32,610  | 33,367  | 34,453  | 36,601  | 37,274  | 37,737  |
| Beam max extents on WL m             | 7,081   | 7,375   | 7,669   | 7,962   | 8,256   | 8,550   | 8,844   | 9,137   | 10,509  | 11,200  |
| Wetted Area m <sup>2</sup>           | 223,266 | 248,815 | 265,603 | 287,988 | 310,989 | 334,613 | 340,541 | 372,318 | 421,265 | 458,595 |
| Waterpl. area m <sup>2</sup>         | 202,357 | 219,278 | 234,358 | 248,726 | 263,455 | 278,573 | 291,089 | 316,316 | 363,893 | 397,027 |
| Prismatic coeff. (Cp)                | 0,997   | 0,996   | 0,941   | 0,942   | 0,942   | 0,941   | 0,872   | 0,834   | 0,832   | 0,837   |
| Block coeff. (Cb)                    | 0,941   | 0,922   | 0,856   | 0,843   | 0,829   | 0,816   | 0,745   | 0,703   | 0,624   | 0,606   |
| Max Sect. area coeff. (Cm)           | 0,943   | 0,926   | 0,909   | 0,894   | 0,880   | 0,867   | 0,855   | 0,844   | 0,785   | 0,734   |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)           | 0,994   | 0,993   | 0,983   | 0,981   | 0,979   | 0,976   | 0,955   | 0,946   | 0,929   | 0,939   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m        | 19,912  | 20,041  | 19,319  | 19,235  | 19,131  | 19,013  | 19,890  | 19,823  | 19,671  | 19,605  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m        | 19,905  | 20,028  | 19,995  | 19,872  | 19,745  | 19,617  | 19,634  | 18,960  | 19,099  | 19,039  |
| KB m                                 | 0,255   | 0,350   | 0,448   | 0,549   | 0,651   | 0,754   | 0,859   | 0,970   | 1,086   | 1,210   |
| KG m                                 | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   |
| BMT m                                | 8,737   | 7,047   | 6,299   | 5,662   | 5,236   | 4,940   | 4,865   | 4,810   | 6,232   | 6,908   |
| BML m                                | 145,681 | 117,874 | 105,283 | 92,186  | 83,160  | 76,606  | 74,836  | 78,426  | 80,424  | 78,085  |
| GMt m                                | 6,842   | 5,247   | 4,596   | 4,061   | 3,737   | 3,544   | 3,574   | 3,630   | 5,168   | 5,968   |
| GML m                                | 143,786 | 116,074 | 103,580 | 90,585  | 81,661  | 75,210  | 73,545  | 77,245  | 79,360  | 77,144  |
| KMt m                                | 8,992   | 7,397   | 6,746   | 6,211   | 5,887   | 5,694   | 5,724   | 5,780   | 7,318   | 8,118   |
| KML m                                | 145,936 | 118,224 | 105,730 | 92,735  | 83,811  | 77,360  | 75,695  | 79,395  | 81,510  | 79,294  |
| Immersion (TPC) tonne/cm             | 2,074   | 2,248   | 2,402   | 2,549   | 2,700   | 2,855   | 2,984   | 3,242   | 3,730   | 4,070   |
| MTc tonne.m                          | 3,959   | 4,646   | 5,272   | 5,849   | 6,471   | 7,139   | 7,688   | 9,322   | 10,977  | 12,225  |
| RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 11,713  | 13,059  | 14,546  | 16,304  | 18,413  | 20,918  | 23,229  | 27,238  | 44,443  | 58,798  |
| Max deck inclination deg             | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  |
| Trim angle (+ve by stern) deg        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  |

Tabla 4: Tabla de datos para un trimado de 0 [m]

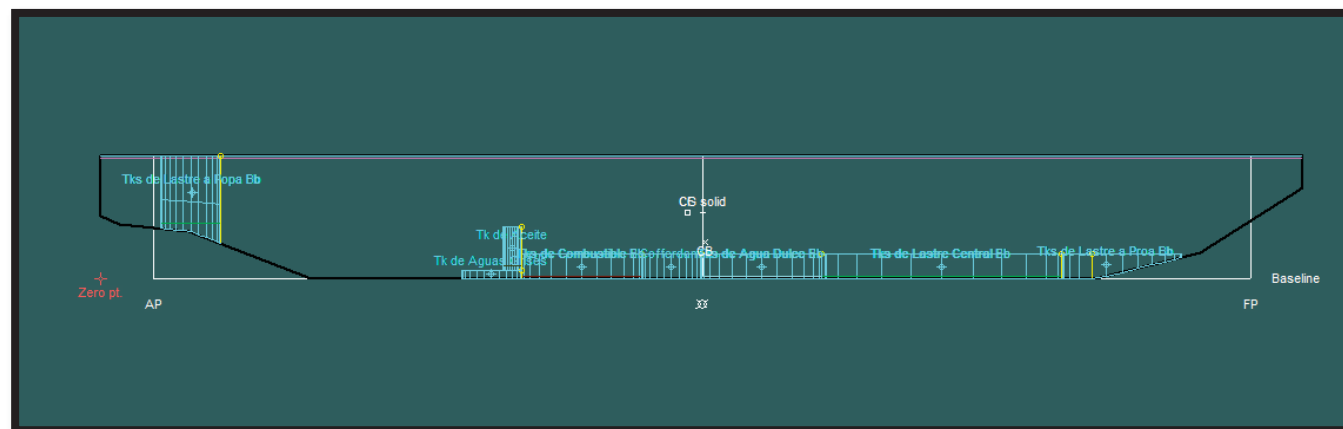


Fig.7: Representación de trimado de 0 [m]

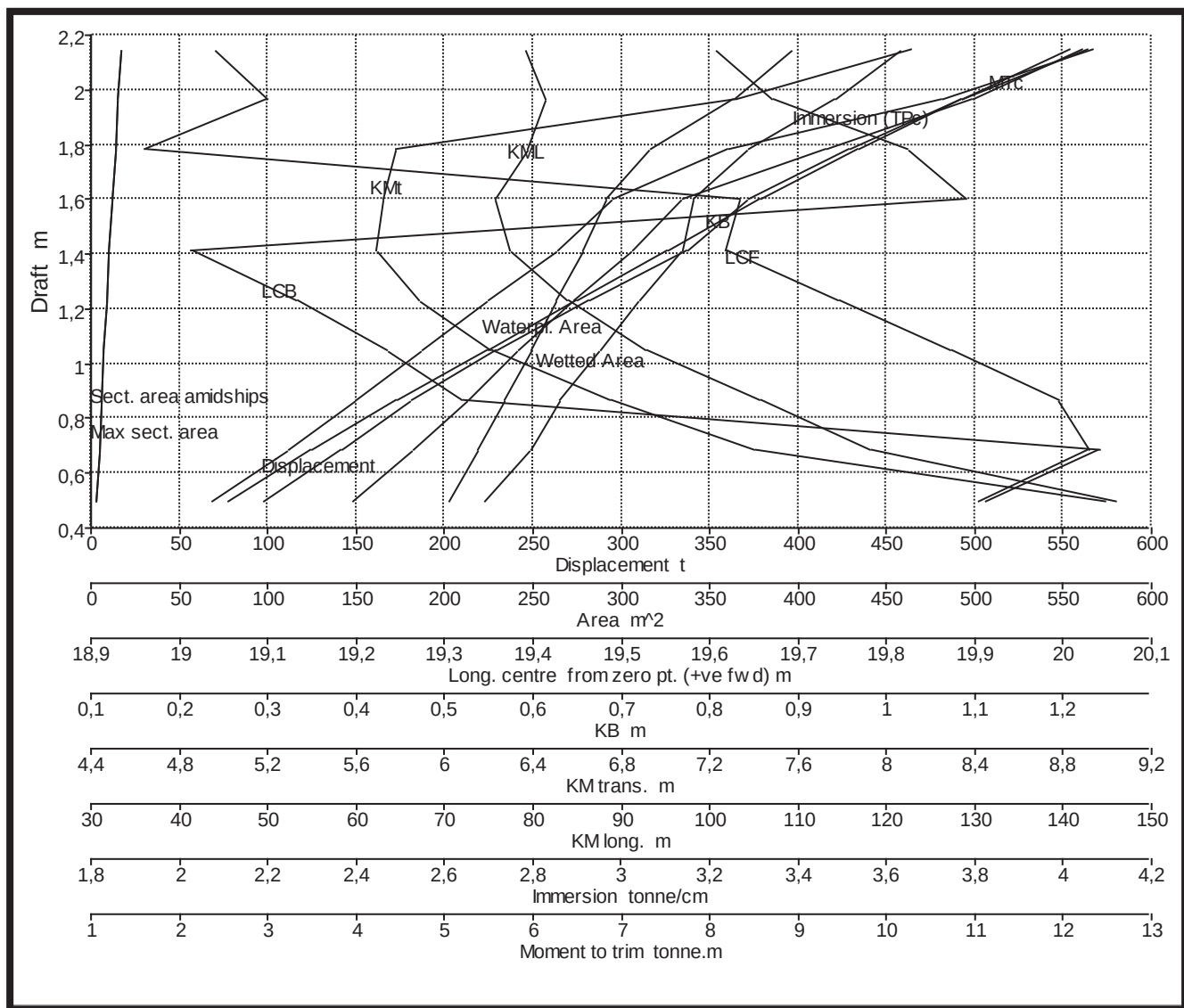


Fig.8: Curvas hidrostáticas para un trimado de 0 [m]

### 6.3 Curvas hidroestáticas para un trimado de +0,5 [m].

| Draft Amidships m                    | 0,500   | 0,683   | 0,867   | 1,050   | 1,233   | 1,417   | 1,600   | 1,783   | 1,967   | 2,150   |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Displacement t                       | 98,16   | 141,9   | 190,4   | 243,8   | 287,7   | 318,9   | 374,7   | 434,1   | 498,8   | 570,3   |
| Heel deg                             | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
| Draft at FP m                        | 0,250   | 0,433   | 0,617   | 0,800   | 0,983   | 1,167   | 1,350   | 1,533   | 1,717   | 1,900   |
| Draft at AP m                        | 0,750   | 0,933   | 1,117   | 1,300   | 1,483   | 1,667   | 1,850   | 2,033   | 2,217   | 2,400   |
| Draft at LCF m                       | 0,507   | 0,689   | 0,871   | 1,053   | 1,240   | 1,426   | 1,616   | 1,804   | 1,988   | 2,166   |
| Trim (+ve by stern) m                | 0,500   | 0,500   | 0,500   | 0,500   | 0,500   | 0,500   | 0,500   | 0,500   | 0,500   | 0,500   |
| WL Length m                          | 28,477  | 29,655  | 30,833  | 32,010  | 32,838  | 34,519  | 36,118  | 36,780  | 37,063  | 37,346  |
| Beam max extents on WL m             | 7,367   | 7,661   | 7,954   | 8,248   | 8,542   | 8,835   | 9,129   | 10,008  | 11,009  | 11,200  |
| Wetted Area m <sup>2</sup>           | 221,519 | 246,583 | 272,822 | 300,294 | 315,032 | 324,056 | 353,689 | 381,429 | 419,967 | 458,584 |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>         | 200,811 | 217,422 | 234,692 | 252,719 | 266,229 | 282,167 | 304,496 | 326,971 | 360,223 | 392,101 |
| Prismatic coeff. (Cp)                | 0,727   | 0,777   | 0,810   | 0,833   | 0,817   | 0,748   | 0,739   | 0,745   | 0,756   | 0,767   |
| Block coeff. (Cb)                    | 0,673   | 0,707   | 0,725   | 0,734   | 0,709   | 0,640   | 0,623   | 0,587   | 0,556   | 0,571   |
| Max Sect. area coeff. (Cm)           | 0,926   | 0,910   | 0,895   | 0,881   | 0,868   | 0,855   | 0,844   | 0,787   | 0,736   | 0,745   |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)           | 0,957   | 0,957   | 0,957   | 0,957   | 0,949   | 0,925   | 0,923   | 0,888   | 0,883   | 0,937   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m        | 17,294  | 17,771  | 18,086  | 18,322  | 17,675  | 18,752  | 18,725  | 18,674  | 18,604  | 18,567  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m        | 19,037  | 19,123  | 19,209  | 19,296  | 19,072  | 18,870  | 18,354  | 18,072  | 18,027  | 18,415  |
| KB m                                 | 0,273   | 0,365   | 0,459   | 0,555   | 0,662   | 0,759   | 0,873   | 0,987   | 1,104   | 1,225   |
| KG m                                 | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   | 2,150   |
| BMt m                                | 8,711   | 7,055   | 6,119   | 5,536   | 5,243   | 5,159   | 5,040   | 5,229   | 6,061   | 6,683   |
| BML m                                | 141,759 | 115,111 | 100,093 | 90,670  | 83,814  | 84,924  | 85,102  | 81,500  | 77,511  | 75,034  |
| GMt m                                | 6,802   | 5,245   | 4,408   | 3,924   | 3,729   | 3,757   | 3,752   | 4,054   | 5,002   | 5,745   |
| GML m                                | 139,851 | 113,301 | 98,382  | 89,058  | 82,300  | 83,522  | 83,814  | 80,325  | 76,452  | 74,097  |
| KMt m                                | 8,983   | 7,419   | 6,577   | 6,090   | 5,905   | 5,917   | 5,913   | 6,215   | 7,165   | 7,908   |
| KML m                                | 142,018 | 115,464 | 100,542 | 91,216  | 84,467  | 85,674  | 85,967  | 82,479  | 78,608  | 76,253  |
| Immersion (TPc) tonne/cm             | 2,058   | 2,229   | 2,406   | 2,590   | 2,729   | 2,892   | 3,121   | 3,351   | 3,692   | 4,019   |
| MTc tonne.m                          | 3,853   | 4,513   | 5,258   | 6,095   | 6,647   | 7,477   | 8,815   | 9,787   | 10,705  | 11,861  |
| RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 11,653  | 12,989  | 14,647  | 16,699  | 18,727  | 20,912  | 24,534  | 30,712  | 43,551  | 57,179  |
| Max deck inclination deg             | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  |
| Trim angle (+ve by stern) deg        | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  | 0,8041  |

Tabla 5: Tabla de datos para un trimado de +0,5 [m]

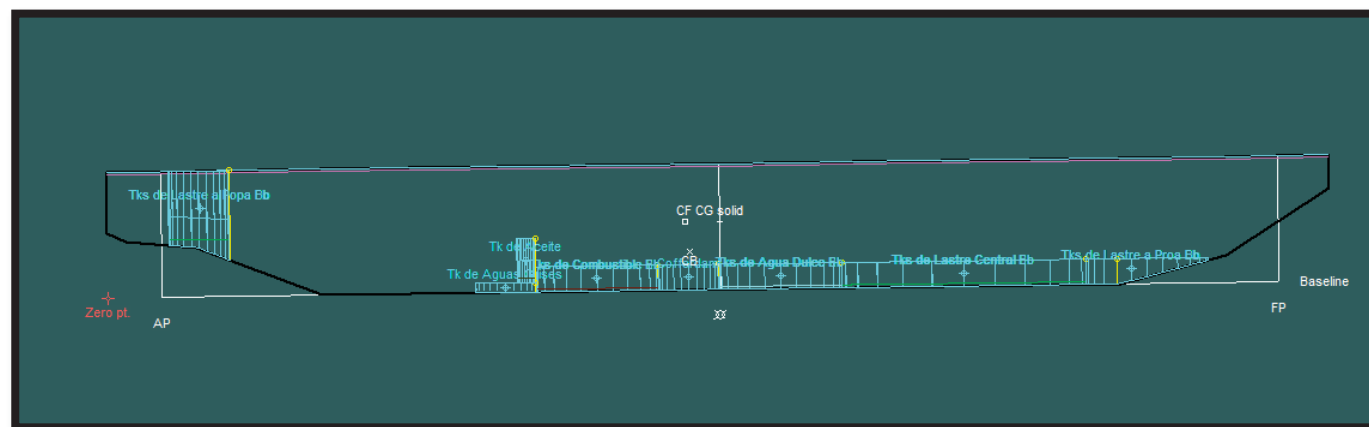


Fig.9: Representación de trimado de +0,5 [m]

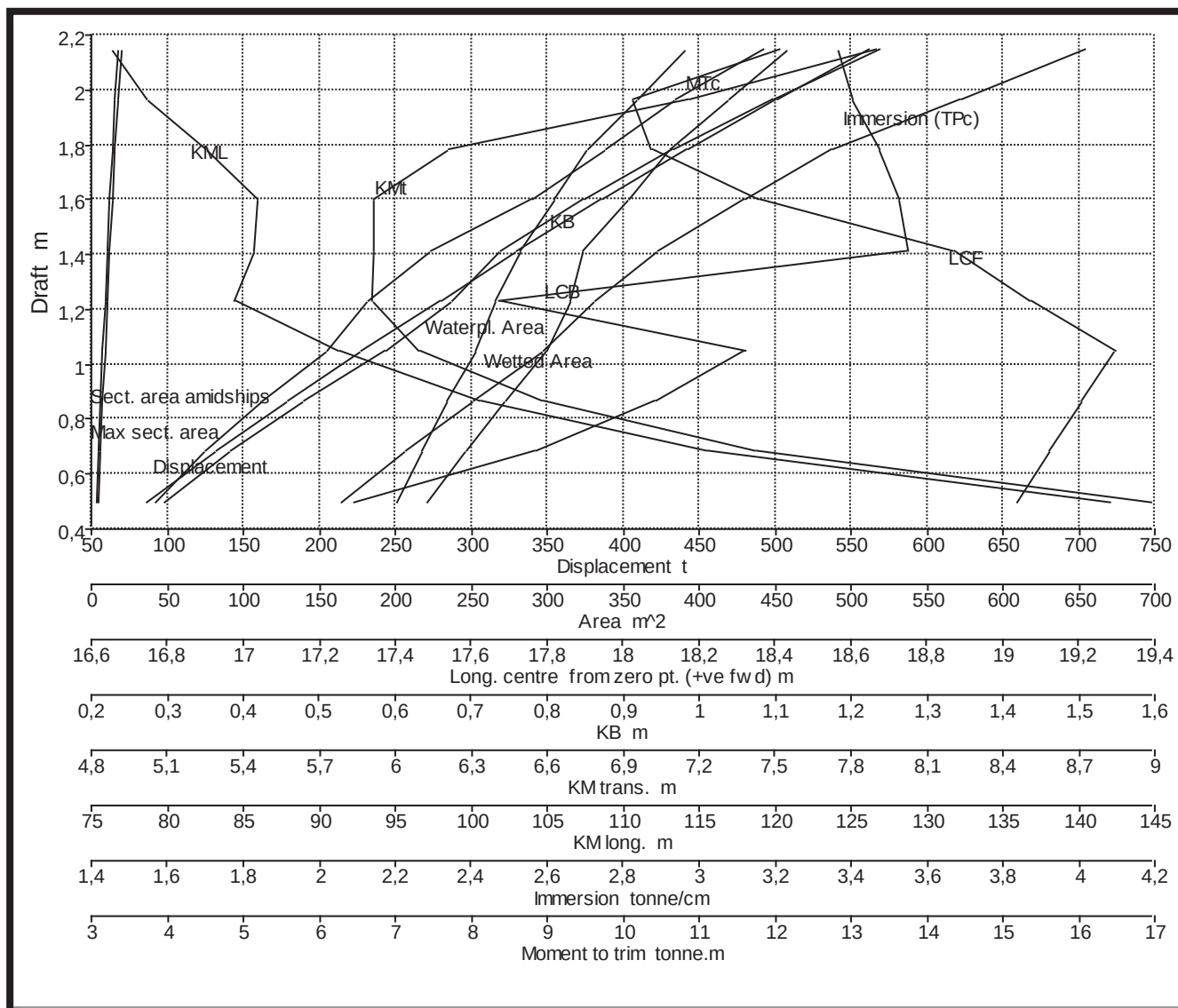


Fig.10: Curvas hidrostáticas para un trimado de +0,5 [m]

## 7. CONCLUSIONES

El cálculo de arqueo naval según el Reglamento Nacional de Arqueo de Naves, presenta los siguientes resultados:

- $AB = 456,9 \text{ TRG}$
- $AN = 151,5 \text{ TRN}$

El francobordo mínimo según el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga es de aproximadamente 487,4 [mm], el cual es ampliamente superado por el francobordo de diseño del proyecto, por lo tanto, se cumple con la normativa.

## 8. REFERENCIAS

[1] Reglamento Nacional de Arqueo de Naves

Primera edición, 2001

*DIRECTEMAR, Armada de Chile*

*Dirección General del Territorio Marítimo & de Marina Mercante*

[2] Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966

[3] Software Maxsurf Enterprise V8i v.20.0

*Maxsurf Stability Advanced*

*Windows Version 20*



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 06

“Resistencia al Avance & Cálculo del Propulsor”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile



# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                                                      | <b>6</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                                                 | <b>6</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                                                             | <b>6</b>  |
| <b>4. Resistencia al Avance .....</b>                                                            | <b>7</b>  |
| 4.1 <i>R<sub>r</sub> Serie sistemática de barcasas UACH .....</i>                                | <i>7</i>  |
| 4.1.1 <i>Consideraciones iniciales .....</i>                                                     | <i>7</i>  |
| 4.1.2 <i>Procedimiento de trabajo .....</i>                                                      | <i>7</i>  |
| 4.1.2.1 <i>Obtención de L/B .....</i>                                                            | <i>8</i>  |
| 4.1.2.2 <i>Obtención del número de Taylor .....</i>                                              | <i>8</i>  |
| 4.1.2.3 <i>Obtención del coeficiente de fineza en función del volumen desplazado .....</i>       | <i>8</i>  |
| 4.1.2.4 <i>Obtención del coeficiente de resistencia residual (C<sub>r</sub>) .....</i>           | <i>9</i>  |
| 4.2 <i>R<sub>r</sub> en barcasas (Serie de Neumann).....</i>                                     | <i>11</i> |
| 4.2.1 <i>Consideraciones iniciales .....</i>                                                     | <i>11</i> |
| 4.2.1.1 <i>Obtención del coeficiente de fineza en función del desplazamiento.....</i>            | <i>11</i> |
| 4.1.2.2 <i>Obtención del coeficiente prismático .....</i>                                        | <i>11</i> |
| 4.1.2.3 <i>Obtención de la resistencia residual, según Neumann.....</i>                          | <i>11</i> |
| 4.3 <i>Resistencia por fricción (R<sub>f</sub>) .....</i>                                        | <i>12</i> |
| 4.3.1 <i>Obtención del coeficiente de fricción en planchas planas lisas .....</i>                | <i>12</i> |
| 4.3.2 <i>Obtención del coeficiente de fricción del buque.....</i>                                | <i>12</i> |
| 4.4 <i>Cálculo de R<sub>TBH</sub> para cada tipo de método presentado .....</i>                  | <i>13</i> |
| 4.4.1 <i>R<sub>TBH</sub> según “Serie sistemática de barcasas de desplazamiento, UACH” .....</i> | <i>13</i> |
| 4.4.2 <i>R<sub>TBH</sub> según “Serie de Neumann” .....</i>                                      | <i>13</i> |
| 4.5 <i>Estimación de la resistencia total en condición de pruebas.....</i>                       | <i>13</i> |
| 4.5.1 <i>R<sub>TCp</sub> según “Serie sistemática de barcasas de desplazamiento, UACH” .....</i> | <i>13</i> |

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.2 $R_{TCP}$ según “Serie de Neumann” .....                                                 | 13        |
| 4.6 Estimación de potencia efectiva (EHP).....                                                 | 13        |
| 4.6.1 $EHP_{CP}$ según “Serie sistemática de barcas de desplazamiento, UACH” .....             | 14        |
| 4.6.2 $EHP_{CP}$ según “Serie de Neumann” .....                                                | 14        |
| 4.6.3 $EHP_{CP}$ según método de cálculo directo para embarcaciones tipo “Landing Craft” ..... | 14        |
| 4.7 Estimación de resistencia total en condición de servicio .....                             | 14        |
| <b>5. Cálculo del Propulsor .....</b>                                                          | <b>15</b> |
| 5.1 Consideraciones iniciales.....                                                             | 15        |
| 5.2 Procedimiento de trabajo .....                                                             | 15        |
| 5.2.1 Obtención de la velocidad de avance ( $V_A$ ).....                                       | 15        |
| 5.2.1 Obtención del empuje ( $T$ ).....                                                        | 15        |
| 5.2.3 Obtención del diámetro máximo disponible ( $D_{m\acute{a}x}$ ) .....                     | 16        |
| 5.2.4 Obtención del número de palas ( $Z$ ) .....                                              | 17        |
| 5.2.5 Estimación de área de palas para soportar el fenómeno de cavitación según Keller .....   | 17        |
| 5.2.6 Uso de diagrama de la Serie B de Troost (B 3-65).....                                    | 17        |
| 5.2.6.1 Obtención de la curva $K_T$ de operación de la hélice B 3-65 .....                     | 18        |
| 5.2.6.2 Obtención de las rps necesarias de la hélice B 3-65 .....                              | 19        |
| 5.2.6.3 Obtención del rendimiento behind ( $\eta_b$ ) de la hélice B 3-65 .....                | 19        |
| 5.2.6.3.1 $\eta_{rr}$ según Holtrop (para buques de dos hélices).....                          | 19        |
| 5.2.6.3.2 $\eta_{rr}$ según BSRA (para buques de dos hélices) .....                            | 19        |
| 5.2.6.4 Estudio de cavitación de la hélice B 3-65.....                                         | 20        |
| 5.2.6.4.1 Número de cavitación ( $\sigma$ ).....                                               | 20        |
| 5.2.6.4.2 Coeficiente de carga ( $\tau_c$ ).....                                               | 20        |
| 5.2.6.4.3 Porcentaje de cavitación en la cara de succión según criterio de Burril....          | 21        |

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.2.7 Uso de diagrama de la Serie B de Troost (B 3-70).....                           | 22        |
| 5.2.7.1 Obtención de la curva $K_T$ de operación de la hélice B 3-70 .....            | 22        |
| 5.2.7.2 Obtención de las rps necesarias de la hélice B 3-70 .....                     | 23        |
| 5.2.7.3 Obtención del rendimiento behind ( $\eta_b$ ) de la hélice B 3-70 .....       | 23        |
| 5.2.7.4 Estudio de cavitación de la hélice B 3-65.....                                | 23        |
| 5.2.7.4.1 Número de cavitación ( $\sigma$ ).....                                      | 23        |
| 5.2.7.4.2 Coeficiente de carga ( $\tau_c$ ) .....                                     | 23        |
| 5.2.7.4.3 Porcentaje de cavitación en la cara de succión según criterio de Burril.... | 24        |
| 5.3 Resumen de la hélice óptima propuesta .....                                       | 24        |
| <b>6. Punto de Diseño y Potencia BHP .....</b>                                        | <b>25</b> |
| 6.1 Punto de diseño.....                                                              | 25        |
| 6.2 Obtención de la potencia al freno (BHP) considerando el punto de diseño .....     | 25        |
| 6.2.1 Rendimiento del casco ( $\eta_H$ ).....                                         | 25        |
| 6.2.1.1 Determinación del coeficiente de estela ( $\omega$ ) del casco.....           | 25        |
| 6.2.1.1.1 Coeficiente de estela, según Taylor .....                                   | 25        |
| 6.2.1.1.2 Coeficiente de estela, según Heckscher para barcos de carga.....            | 25        |
| 6.2.1.1.3 Coeficiente de estela, según Krüger (1976) para barcos de carga .....       | 25        |
| 6.2.1.2 Determinación del coeficiente de succión ( $t$ ).....                         | 26        |
| 6.2.1.2.1 Coeficiente de succión, según Taylor .....                                  | 26        |
| 6.2.1.2.2 Coeficiente de succión, según Heckscher para barcos de carga.....           | 26        |
| 6.2.1.2.3 Coeficiente de succión, según Danckwardt para barcos de carga.....          | 26        |
| 6.2.2 Rendimiento mecánico de transmisión ( $\eta_m$ ) .....                          | 26        |
| 6.2.3 Rendimiento de la hélice behind ( $\eta_h$ ).....                               | 26        |
| 6.2.4 Rendimiento propulsivo ( $\eta_p$ ).....                                        | 27        |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 7. TABLA DE DATOS DE RESISTENCIA & POTENCIA PROPULSIVA ..... | 27 |
| 8. CURVAS DE RESISTENCIA & POTENCIA PROPULSIVA .....         | 28 |
| 9. Conclusiones.....                                         | 29 |
| 10. Referencias .....                                        | 29 |

# 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la resistencia al avance determinará la potencia a instalar en una determinada embarcación. Para poder estimar su valor se procede a realizar varios tipos de métodos basados en formulaciones teórico empíricas acorde a cada tipo de nave.

En este cuaderno se presentan dos series de cálculo para barcas, estas son la “Serie sistemática de barcas de desplazamiento de la UACH 1991” y la “Serie de Neumann para embarcaciones tipo Landing Craft”. Finalmente ambas series serán comparadas entre sí, y también lo harán frente a un método de cálculo directo de potencia en pruebas para este mismo tipo de buques.

Ya realizado el cálculo de resistencia al avance se procederá a calcular el propulsor óptimo para la nave, mediante la Serie B de Wageningen. Este procedimiento será iterativo hasta encontrar un propulsor óptimo que no presente grandes valores de cavitación.

Finalmente se fija el punto de diseño al cual la hélice absorberá toda la potencia del motor a unas determinadas rpm, presentando las tablas y curvas finales de resistencia y potencia propulsiva.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la resistencia al avance y calcular la hélice óptima para una barcaza mayor en estudio de proyecto.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar varios métodos de cálculo sobre resistencia al avance y llegar a determinar cuál de estos se aplicará como método final.
- Utilizar series de hélices para la determinación de la hélice óptima de la embarcación.
- Obtener las tablas de datos y las curvas de resistencia y potencia propulsiva frente a la velocidad de la nave.

## 4. RESISTENCIA AL AVANCE

En este apartado se estudiará la resistencia al avance de la barcaza en proyecto, para la cual se utilizarán 2 métodos de cálculo, siendo estos los siguientes:

1. Serie sistemática de barcasas de desplazamiento (de sección transversal de tres pantoques). (Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias Navales & Marítimas, 1991)
2. Estimación de resistencia residual ( $R_r$ ) en barcasas tipo "Landing Craft" (Serie de Neumann)

### 4.1 $R_r$ SERIE SISTEMÁTICA DE BARCAZAS (UACH)

#### 4.1.1 Consideraciones iniciales:

Para realizar el cálculo de la resistencia al avance se utilizarán los gráficos de coeficiente de resistencia residual ( $C_r$ ), obtenidos de la serie sistemática de barcasas de desplazamiento (de sección transversal de tres pantoques), presentada el año 1991 como tesis para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Construcción Naval por los autores Maritza Anticoy Fuentes y Arturo Ordoiza Barahona.

Los gráficos de coeficiente residual se encuentran en función del número de Taylor (velocidad relativa), y para poder hacer uso de éstos se necesitan cumplir las siguientes condiciones:

1. Similitud geométrica entre el casco de la embarcación en estudio, en relación a los modelos ensayados para la serie sistemática.
2. La relación  $L/B$  se debe encontrar comprendida entre 1,77 a 3,529.
3. La relación  $L/V^{1/3}$  se debe encontrar comprendida entre 3 a 5,5.

#### 4.1.2 Procedimiento de trabajo:

Primero que todo se deben conocer las principales características requeridas por el método de cálculo, las cuales son:

Eslora en flotación ( $L$ ) = 37,74 [m]  
Manga máxima ( $B$ ) = 11,2 [m]  
Puntal ( $D$ ) = 4,0 [m]  
Calado de diseño ( $T_m$ ) = 2,15 [m]  
Velocidad máxima ( $V$ ) = 10 [kn]  
Velocidad de operación ( $V$ ) = 9 [kn]  
Superficie mojada ( $S_m$ ) = 458,6 [m<sup>2</sup>]  
Desplazamiento ( $\Delta$ ) = 564,6 [ton]



Además de ello, se consideran los siguientes datos necesarios a conocer para los correctos cálculos posteriores:

- Densidad del agua de mar ( $\rho$ ) = 1025 [kg/m<sup>3</sup>]
- Viscosidad cinemática ( $\nu$ ) = 1,2226\*10<sup>-6</sup> [m<sup>2</sup>/s]

Las condiciones indican que debe de existir una similitud geométrica entre la embarcación en estudio y los modelos ensayados en la serie sistemática de barcas, la cual se cumple a cabalidad, ya que el modelo de proyecto fue obtenido en base a relaciones de eslora y manga planteadas en tal serie sistemática, tal cual se presentó en el cuaderno 03, referido a diseño de formas.

#### 4.1.2.1 Obtención de $L/B$ :

$$L/B = 3,369 \text{ (dato obtenido del diseño de formas en maxsurf modeler)}$$

La relación  $L/B$ , nos indica que nos encontramos dentro del rango de relaciones requeridas ( $1,77 < L/B < 3,529$ ), por ende, se cumple tal condición.

#### 4.1.2.2 Obtención del número de Taylor:

Para determinar la velocidad relativa o número de Taylor, la velocidad de la barcaza debe ser ingresada en nudos y la eslora en pies, en base a ello, se tiene que:

$$\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{10}{\sqrt{37,74/0,3048}} \approx 0,9 \text{ [kn/pies}^{1/2}\text{]}$$

#### 4.1.2.3 Obtención del coeficiente de fineza en función del volumen desplazado:

Para determinar el coeficiente de fineza, la eslora debe ser ingresada en metros y el volumen desplazado en metros cúbicos, en base a ello, se tiene que:

$$L/V^{\frac{1}{3}} = 37,74/550,8^{\frac{1}{3}} = 4,604 \text{ (dato obtenido del diseño de formas en maxsurf modeler)}$$

La relación  $L/V^{\frac{1}{3}}$ , nos indica que nos encontramos dentro del rango de relaciones requeridas ( $3 < L/V < 5,5$ ), por ende, se cumple tal condición.

Una vez cumplidos los requerimientos de la serie, se puede proceder a hacer uso de la serie sistemática de barcas.



**4.1.2.4 Obtención del coeficiente de resistencia residual ( $C_r$ ):**

Una vez obtenidos los valores a considerar en las gráficas de obtención del coeficiente de resistencia residual ( $L/B, L/\nabla^{1/3}$  y  $V/\sqrt{L}$ ), se procede a la obtención de éste en forma directa o en base a extrapolaciones e interpolaciones lineales de las gráficas adjuntas.

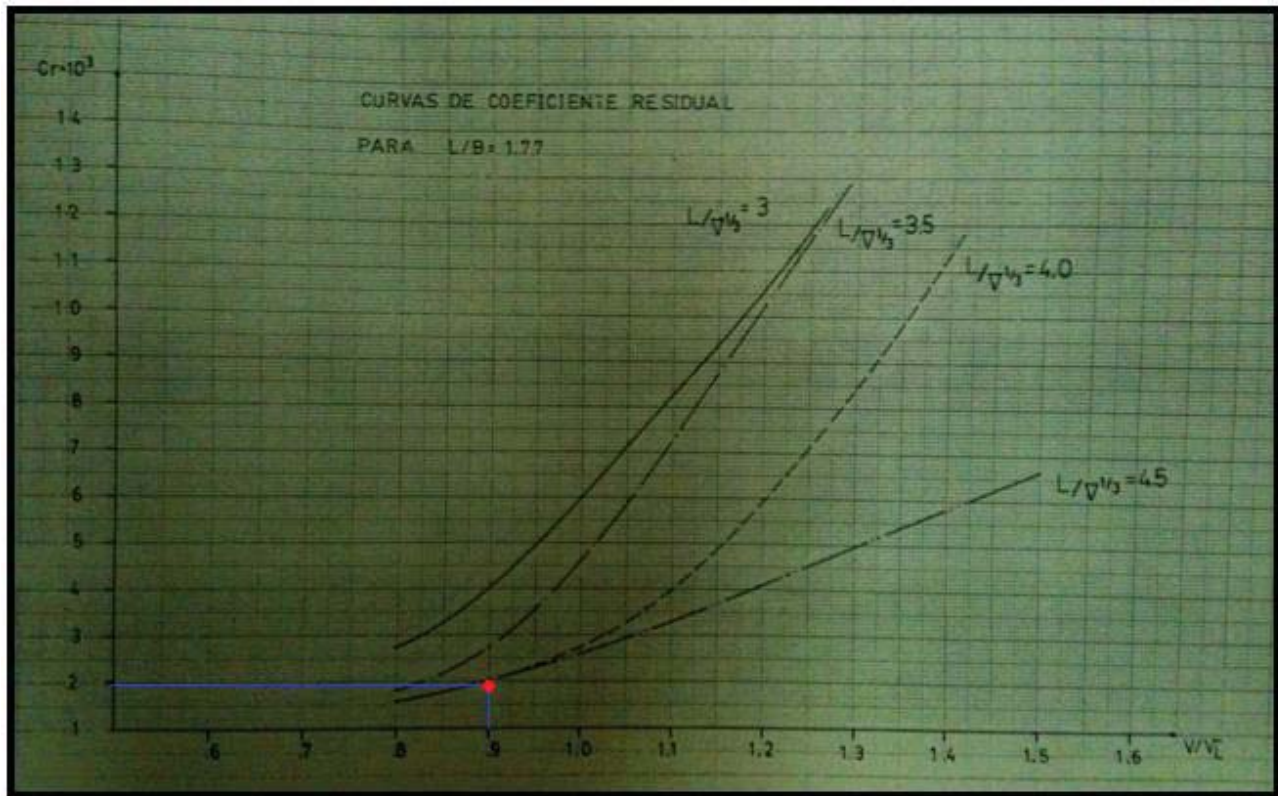
**Curvas de Coeficiente Residual para  $L/B = 1,77$** 

Fig.1: Curvas de coeficiente residual  $C_r$  para  $L/B = 1,77$

(Anexo, Tesis: Serie sistemática de barcasas de desplazamiento (de sección transversal de tres pantoques), UACH – 1991)

Para  $L/B = 1,77$  y  $L/\nabla^{1/3} = 4,604$ , se tiene que  $C_r$  es aproximadamente:

|       |                     |
|-------|---------------------|
| $C_r$ | $2,0 \cdot 10^{-3}$ |
|-------|---------------------|

**Curvas de Coeficiente Residual para  $L/B = 3,529$**

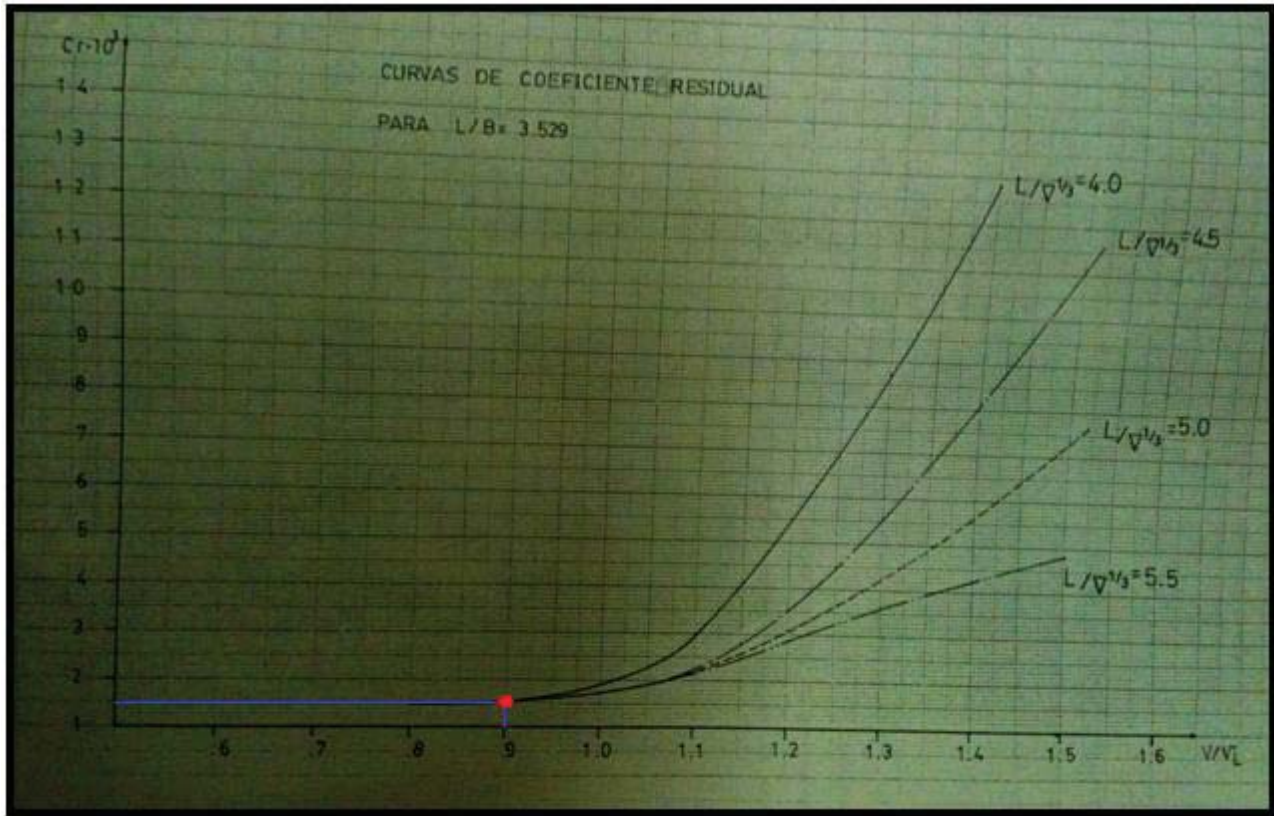


Fig.2: Curvas de coeficiente residual  $C_r$  para  $L/B = 3,529$

(Anexo, Tesis: Serie sistemática de barcasas de desplazamiento (de sección transversal de tres pantoques), UACH – 1991)

Para  $L/B = 3,529$  y  $L/V^{1/3} = 4,604$ , se tiene que  $C_r$  es aproximadamente:

|       |                      |
|-------|----------------------|
| $C_r$ | $1,55 \cdot 10^{-3}$ |
|-------|----------------------|

Finalmente debemos interpolar para encontrar el  $C_r$ , referido a nuestra relación de  $L/B$ , para ello se tiene que:

| INTERPOLADOR |              |                         |                                        |
|--------------|--------------|-------------------------|----------------------------------------|
| $L/B$        | 1,770        | $C_r$                   | $2,00 \cdot 10^{-3}$                   |
| $L/B$        | <b>3,369</b> | <b><math>C_r</math></b> | <b><math>1,59 \cdot 10^{-3}</math></b> |
| $L/B$        | 3,529        | $C_r$                   | $1,55 \cdot 10^{-3}$                   |

Tabla 1: Interpolación para obtención de  $C_r$ , si  $L/B = 3,34$

Es así, como el valor aproximado para nuestros cálculos referidos al **coeficiente de resistencia residual** cuando se tiene una relación de  $L/B = 3,369$  es de  $1,59 \cdot 10^{-3}$ . Por lo tanto, se tiene que la resistencia residual para este tipo de método es de aproximadamente:

$$R_r = 1/2 * \rho * S_m * V^2 * C_r = 1008,2 [kg_f] = 9,89 [kN]$$

## 4.2 R<sub>r</sub> EN BARCAZAS (SERIE DE NEUMANN)

Neumann propone una curva de  $R_r/\Delta$  en función del  $F_n$ , sin embargo, también nos entrega el polinomio de tal curva, con el cual podemos obtener un valor más preciso.

### 4.2.1 Consideraciones iniciales:

$$\frac{L(m)}{\sqrt[3]{\Delta(tons)}} = \text{Coeficiente de fineza, de 4 hasta 6}$$

$$C_p = \frac{C_B}{C_m} = \text{Coeficiente prismático, de 0,6 hasta 0,8}$$

#### 4.2.1.1 Obtención del coeficiente de fineza en función del desplazamiento:

$$L/\sqrt[3]{\Delta} = 37,74/\sqrt[3]{564,6} = 4,566$$

#### 4.2.1.2 Obtención del coeficiente prismático:

$$C_p = 0,837$$

En este caso no se cumple la segunda consideración, pero es posible aceptar valores fuera de rango hasta un 5%, como es el caso, por ende, se cumple.

#### 4.2.1.3 Obtención de la resistencia residual, según Neumann:

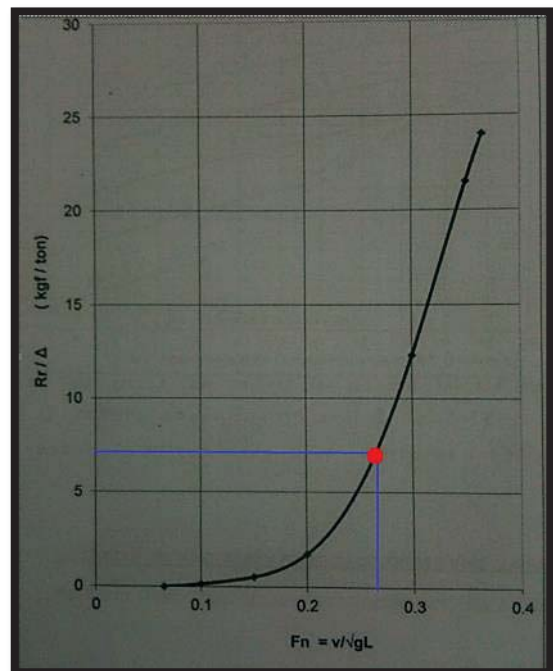
Para un número de Froude de 0,267 y un desplazamiento de 564,6 [tonf], se tiene que:

$$R_r/\Delta = -30047(F_n^6) - 7678,8(F_n^5) + 22887(F_n^4) - 8148,6(F_n^3) + 1212,2(F_n^2) - 77,973(F_n) + 1,7872$$

$$R_r/\Delta = 7,29$$

$$R_r = 4117 [kg_f] = 40,39 [kN]$$

Fig.3: Curva para estimaciones de  $R_r$  en barcas tipo "Landing Craft", según Neumann  
(Pág. 54, Métodos de estimación de resistencia al avance y potencia propulsiva en buques, N.Pérez – 2013)



## 4.3 RESISTENCIA POR FRICCIÓN ( $R_f$ )

De acuerdo a la Ley de Similitud de Froude, referida al cumplimiento parcial de las leyes de semejanza mecánica en modelos a escala, se sabe que es prácticamente imposible reproducir a escala, al mismo tiempo las fuerzas viscosas y las fuerzas gravitatorias, es por ello, el cálculo de las resistencias de origen viscosas se realizan mediante fórmulas teórico-empíricas.

### 4.3.1 Obtención del coeficiente de fricción en planchas planas lisas:

El coeficiente de fricción se encuentra en función del número de Reynolds, y su obtención se hará según la ITTC (International Towing Tank Conference) del año 1957.

$$C_F = f(Rn)$$

Para determinar el número de Reynolds, la velocidad del buque ( $V$ ) debe estar en [m/s], la eslora ( $L$ ) en [m] y la viscosidad cinemática ( $\nu$ ) en [m<sup>2</sup>/s], en base a ello, se tiene que:

$$Rn = V * L / \nu = 5,14 * 37,74 / 1,2226 * 10^{-6} = 158664812,7 = 1,59 * 10^8$$

Es así que el coeficiente de fricción, según la ITTC-57 sería de aproximadamente:

$$C_F = \frac{0,075}{[\log(Rn) - 2]^2} = \frac{0,075}{[\log(158664812,7) - 2]^2} = 1,95 * 10^{-3}$$

### 4.3.2 Obtención del coeficiente de fricción del buque:

El  $C_F$  obtenido de acuerdo a la ITTC-57 es en base a planchas planas lisas, pero como las superficies del casco de una embarcación presentan curvaturas y rugosidades se aplicará una corrección a tal coeficiente. La corrección al  $C_F$  se hará según la ATTC (American Towing Tank Conference), la cual indica un valor estándar de:

$$\Delta C_F = 0,4 * 10^{-3}$$

Finalmente el coeficiente de fricción del buque es de aproximadamente:

$$C_{F_b} = 2,35 * 10^{-3}$$

La resistencia por fricción sería de:

$$R_f = 1/2 * \rho * S_m * V^2 * C_{F_b} = 1490 [kg_f] = 14,62 [kN]$$

## 4.4 CÁLCULO DE $R_{TBH}$ PARA CADA TIPO DE MÉTODO PRESENTADO

### 4.4.1 $R_{TBH}$ según “Serie sistemática de barcasas de desplazamiento, UACH”:

$$R_{TBH} = R_f + R_r = 2500 [kg_f] = 24,53 [kN]$$

### 4.4.2 $R_{TBH}$ según “Serie de Neumann”:

$$R_{TBH} = R_f + R_r = 5607 [kg_f] = 55 [kN]$$

## 4.5 ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA TOTAL EN CONDICIÓN DE PRUEBAS

La resistencia total en condición de pruebas ( $R_{TCP}$ ), se obtiene al agregar la resistencia por aire ( $R_{aire}$ ) y las resistencias por apéndices ( $R_{apéndices}$ ) a la resistencia total en condición de casco desnudo.

De acuerdo a varios estudios realizados se ha logrado determinar que las  $R_{aire}$  y  $R_{apéndices}$  corresponden juntas a un valor cercano al 10% de la  $R_{T(Bare Hull)}$ . Tomando estos antecedentes como referencia se tiene que la  $R_{TCP}$  tiene un valor próximo de:

### 4.5.1 $R_{TCP}$ según “Serie sistemática de barcasas de desplazamiento, UACH”:

$$R_{TCP} = R_{TBH} * 1,1 = 2750 [kg_f] = 27 [kN]$$

### 4.5.2 $R_{TCP}$ según “Serie de Neumann”:

$$R_{TCP} = R_{TBH} * 1,1 = 6168 [kg_f] = 60,5 [kN]$$

## 4.6 ESTIMACIONES DE POTENCIA EFECTIVA (EHP)

Para poder comparar los resultados antes presentados sobre resistencia total en condición de pruebas, se obtendrá la potencia EHP para cada tipo de serie utilizada, comparando tales resultados con un método de cálculo directo para embarcaciones tipo “Landing Craft”, para lo cual se estimará un valor de rendimiento propulsivo, ya que este último método de cálculo proporciona la potencia al freno. El objetivo final es obtener un análisis de los resultados y así concluir que tipo de resistencia total en pruebas se utilizará en el estudio de proyecto.



**4.6.1 EHP<sub>CP</sub> según “Serie sistemática de barcasas de desplazamiento, UACH”:**

$$EHP_{CP} = R_{T_{CP}} * V = 186,3 [hp] = 138,9 [kW]$$

**4.6.2 EHP<sub>CP</sub> según “Serie de Neumann”:**

$$EHP_{CP} = R_{T_{CP}} * V = 417,3 [hp] = 311,2 [kW]$$

**4.6.3 EHP<sub>CP</sub> según método de cálculo directo para embarcaciones tipo “Landing Craft”:**

$$EHP_{CP} = \left[ \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} * V^3}{2,5 * L + 5} \right] * \eta_p = 343,8 [hp] = 256,4 [kW], \text{ con } \eta_p \approx 0,50$$

Se decide utilizar el valor de resistencia total en condición de pruebas antes calculado para la serie de Neumann, ello debido a que todos los métodos aplicados son estimaciones a la realidad y no nos podemos fiar de ello, por ende se considera el mayor valor obtenido.

Comparando los dos valores más altos, su diferencia es del orden de un 62%, sin embargo, este valor se podría reducir considerando que el método de cálculo directo es sólo hasta esloras de 35 metros aproximadamente, ello quiere decir que para embarcaciones tanto mayores, como es el caso del proyecto analizado, los resultados también lo serán.

Por estas dos razones, se concluye utilizar como mejor opción de cálculo el método de la Serie de Neumann, por lo tanto, el valor de resistencia total en condición de pruebas sería de:

$$R_{T_{CP}} = 6168 [kg_f] = 60,5 [kN]$$

## 4.7 ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA TOTAL EN CONDICIÓN DE SERVICIO

La resistencia total en condición de servicio ( $R_{T_{CS}}$ ), se obtiene al agregar todas las resistencias extras que se producen en el tiempo durante la navegación “en condiciones no ideales”. Entre éstas se tienen la resistencia por fouling ( $R_{fouling}$ ), resistencia por viento ( $R_{viento}$ ), resistencia por oleaje ( $R_{oleaje}$ ), resistencia por problemas de timoneo ( $R_{timoneo}$ ), etc. Es por ello que para poder obtenerla se define una relación llamada “Factor de Servicio” (F.S), la cual se agrega a la  $R_{T_{CP}}$ .

El F.S a utilizar se determinó en base a los valores recomendados por el libro Principles of Naval Architecture (P.N.A) del año 1989 en su volumen dos, el cual recomienda para esloras entre perpendiculares que se encuentren en un rango de 25 a 80 [m], un valor de F.S de aproximadamente 1,2. Por lo tanto, se tiene que la  $R_{T_{CS}}$  es de aproximadamente:

$$R_{T_{CS}} = R_{T_{CP}} * 1,2 = 7402 [kg_f] = 72,6 [kN]$$

## 5. CÁLCULO DEL PROPULSOR

El cálculo de la hélice óptima se realizará mediante los diagramas de la Serie B de Wageningen o también llamada Serie B de Troost, la cual posee un amplio número de palas, de entre 2 y 7. Se menciona que esta serie es el resultado de más de 250 test con modelos a escala de diferentes hélices, realizados en el tanque de pruebas de MARIN (Maritime Research Institute of Netherland), Holanda.

Estos diagramas pueden ser utilizados en varios tipos de casos, los cuales dependen de los datos conocidos que se tengan a la hora de hacer el cálculo. Para el caso de un proyecto nuevo, se conocen la  $V_A$  (velocidad de avance),  $T$  (empuje) y  $D$  (diámetro máximo permisible). Por lo tanto, debemos obtener la relación  $P/D$  (paso/diámetro),  $N$  (rpm del propulsor) y  $\eta_0$  (rendimiento del propulsor aislado), con el cual gracias al  $\eta_{rr}$  (rendimiento rotativo relativo), podremos obtener el  $\eta_b$  (rendimiento behind del propulsor, operando detrás del casco).

### 5.1 Consideraciones iniciales:

Se conocen:  $V_A$ ,  $T$  y  $D_{\max}$

Se necesita:  $P/D$  y  $N$  para  $\eta_0$

Por lo tanto, se utilizará la curva de  $K_T$  de la hélice:

$$K_T = C * J^2$$

De esta manera se podrá trabajar con las 3 variables conocidas, y así llegar a determinar el mejor rendimiento para una determinada relación  $P/D$ .

### 5.2 Procedimiento de trabajo:

#### 5.2.1 Obtención de la velocidad de avance ( $V_A$ ):

La velocidad de avance se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$V_A = V * (1 - w)$$

Por lo tanto, se tiene que:

$$V_A = 5,144 * (1 - 0,19) = 4,12 \text{ [m/s]}$$

#### 5.2.2 Obtención del empuje ( $T$ ):

Ya obtenido el valor estimado de resistencia total en condición de servicio, se puede fácilmente obtener el empuje, tal cual se presenta a continuación:

$$T = R_T / (1 - t)$$



Por lo tanto, se tiene que:

$$T = 7402 / (1 - 0,19) = 9138 \text{ [kg}_f\text{]} = 89,6 \text{ [kN]}$$

Para la embarcación en proyecto se contará con dos líneas de eje, es por ello que el valor del empuje se reduce a la mitad, lo cual permite disminuir los efectos de cavitación.

$$T = 4569 \text{ [kg}_f\text{]} = 44,8 \text{ [kN]}$$

### 5.2.3 Obtención del diámetro máximo disponible ( $D_{\text{máx}}$ ):

Para chequear el diámetro máximo disponible en popa, se debe calcular los vientos o claras recomendadas de codaste según la casa de clasificación con la cual se está realizando el proyecto, Det Norske Veritas AS.

En este caso, sólo se necesitan las separaciones del propulsor con el codaste (c) y con la zapata (d), tal cual se ilustra en la figura 4.

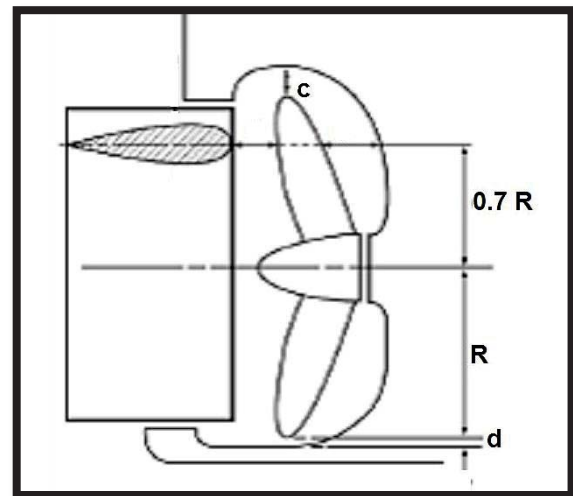


Fig.4: Imagen representativa de claras recomendadas en codaste y zapata

De acuerdo a DNV AS, las distancias mínimas c) y d) son las siguientes:

$$c = 0,08 * D = 0,126 \text{ [m]}$$

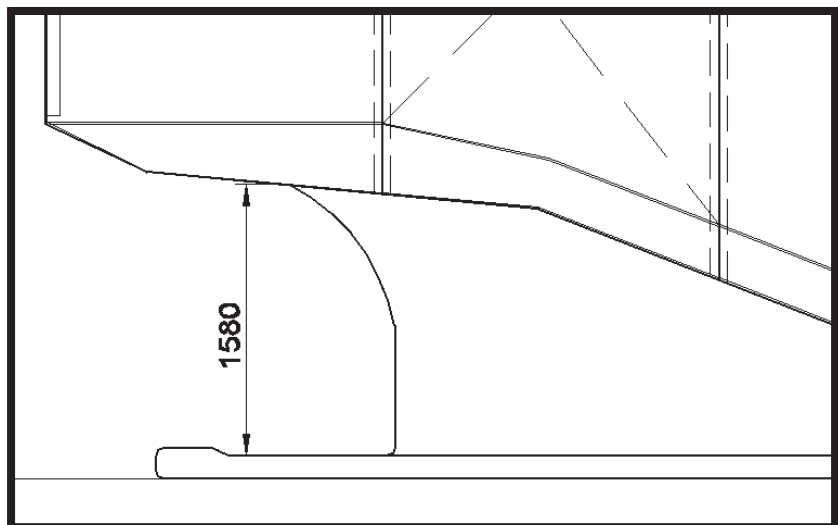
$$d = 0,03 * D = 0,047 \text{ [m]}$$

Donde  $D = 1,58 \text{ [metros]}$

Por lo tanto, el  $D_{\text{máx}}$ , sería de aprox:

$$D_{\text{máx}} = 1,40 \text{ [metros]}$$

Fig.5: Máximo espacio disponible en popa para instalación de propulsor



**5.2.4 Obtención del número de palas (Z):**

Recomendaciones indican iniciar los cálculos con un número de palas igual a 3 e ir probando con diferentes relaciones de área expandida (BAR) hasta valores cercanos a 0,70 en función de la cavitación. Para relaciones de área mayores a 0,70 es conveniente cambiarse al siguiente número de palas, en este caso 4 y comenzar de nuevo el proceso para diferentes relaciones BAR.

Por ser este el caso inicial de un proyecto nuevo, se comenzará con un Z de:

$$Z = 3$$

**5.2.5 Estimación de área de palas para soportar el fenómeno de cavitación según Keller (BAR):**

Keller plantea la siguiente estimación de relación de áreas ( $A_e/A_0$ ) no cavitante:

$$A_e/A_0 \geq \frac{(1,3 + 0,3 * Z) * T}{(P_0 - P_v) * D^2} + K$$

Donde:

$A_e/A_0 = \text{BAR}$   
 $Z = \text{Número de palas (3)}$   
 $T = \text{Empuje máximo (4569 kgf)}$   
 $P_0 = P_{\text{atm}} + P_{\text{hidrostática en } 0,7 * R}$   
 $P_{\text{atm}} = 10330 \text{ kgf/m}^2$   
 $P_v = \text{Presión del vapor del agua}$   
     (a 15°C,  $P_v \approx 175 \text{ kgf/m}^2$ )  
 $D = \text{Diámetro de la hélice (1,40 m)}$   
 $K = \text{Coef. De seguridad (0,05 a 0,1)}$

Por lo tanto, se tiene que:

$$A_e/A_0 \geq \frac{(1,3 + 0,3 * 3) * 4569}{(10331 - 175) * 1,40^2} + 0,1$$

$$A_e/A_0 \geq 0,60$$

Por lo tanto, el cálculo de hélice se comenzará utilizando un BAR de 0,65, es decir, el diagrama a analizar será el siguiente:

Diagrama de propulsor aislado de la Serie B de Troost de 3 palas, BAR = 0,65 (B 3-65)

En caso de que la hélice llegará a cavitarse en su cara de succión porcentajes sobre un 4%, entonces se optará por cambiar de relación de área BAR a 0,70.

**5.2.6 USO DE DIAGRAMA DE LA SERIE B DE TROOST (B 3-65):****5.2.6.1 Obtención de la curva  $K_T$  de operación de la hélice B 3-65:**

A continuación se obtendrán los valores de  $K_T$  (coeficiente de empuje) con los cuales operaría la hélice necesaria a determinar. La curva queda representada por la siguiente expresión:

$$K_T = C * J^2$$

Donde la constante  $C$ , se define de la siguiente manera:

$$C = \frac{K_T}{J^2} = \frac{T}{\rho * D^2 * V_A^2} = 1,31$$

Los valores de  $K_T$  para cada valor de  $J$  (grado de avance) son los siguientes:

| J     | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1    | 1,2  | 1,4  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_T$ | 0,05 | 0,21 | 0,47 | 0,84 | 1,31 | 1,89 | 2,57 |

Representando la curva de operación de la hélice en el diagrama B 3-65, se obtienen los siguientes valores:

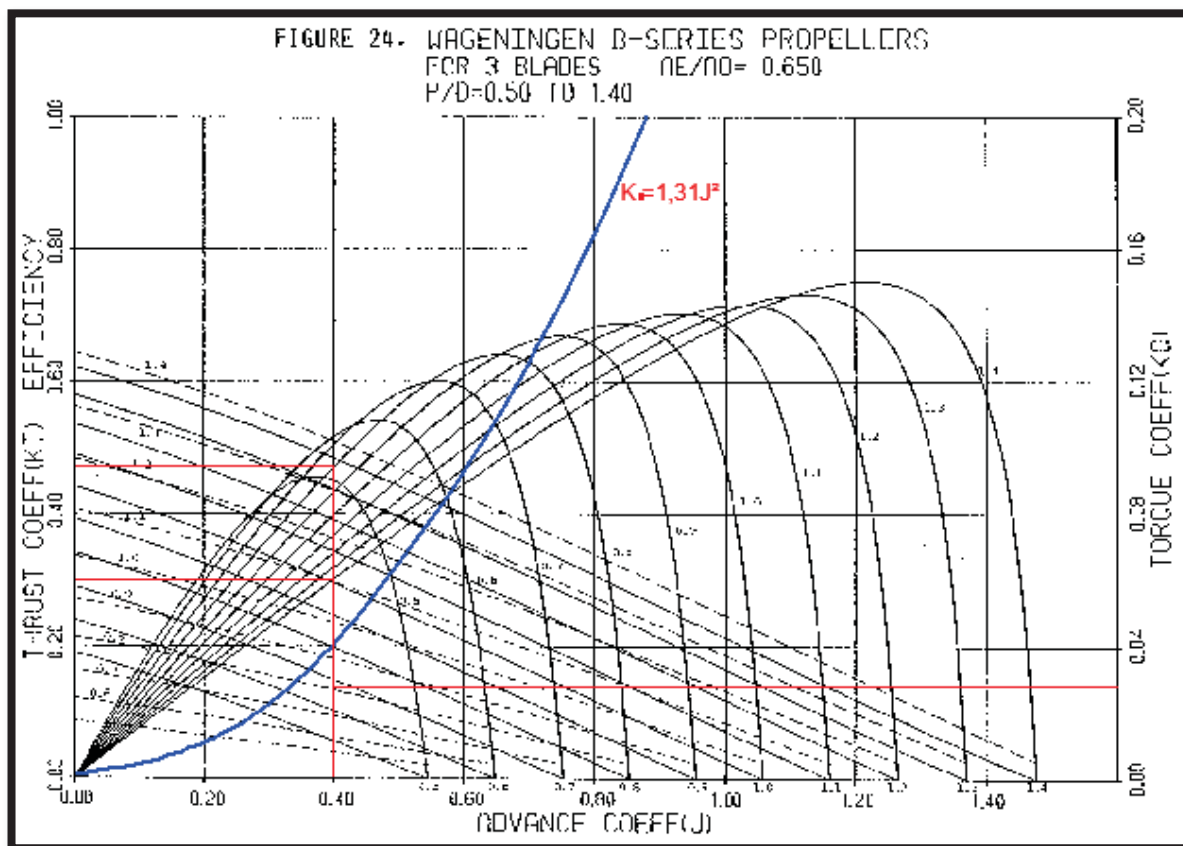


Fig.6: Cálculo de hélice óptima para Serie B 3-65

La tabla de resultados para cada P/D se presenta a continuación:

| P/D        | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    | 1,0    | 1,1    | 1,2    | 1,3    | 1,4    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\eta_0$ % | 41,87  | 46,00  | 47,32  | 47,44  | 46,77  | 45,71  | 44,64  | 43,70  | 42,94  | 42,41  |
| J          | 0,2860 | 0,3257 | 0,3622 | 0,3963 | 0,4277 | 0,4568 | 0,4854 | 0,5123 | 0,5387 | 0,5642 |

Los datos del propulsor aislado de mejor rendimiento se presentan a continuación:

$D = 1,40$ , corresponde al diámetro de la hélice

$P/D = 0,8$ , corresponde a la relación paso/diámetro de mejor rendimiento

$P = 1,12$ , corresponde al paso de la hélice

$J = 0,3963$ , corresponde al grado de avance de la hélice

$K_T = 0,30$ , corresponde al coeficiente de empuje de la hélice

$K_Q = 0,030$ , corresponde al coeficiente de torque de la hélice

$\eta_0 = 47,44\%$ , corresponde al rendimiento del propulsor aislado

### 5.2.6.2 Obtención de las rps necesarias de la hélice B 3-65:

Para el valor de grado de avance necesario J, se tiene que las rps de la hélice serán las siguientes:

$$n = \frac{V_A}{D * J} = \frac{4,12}{1,40 * 0,3963} = 7,43 \text{ [rps]}$$

### 5.2.6.3 Obtención del rendimiento behind ( $\eta_b$ ) de la hélice B 3-65:

Para obtener la eficiencia behind se calculará el rendimiento rotativo relativo como el promedio de dos estimaciones empíricas propuestas por distintos autores:

#### 5.2.6.3.1 Según Holtrop (para buques de dos hélices):

$$\eta_{rr} = 0,9737 + 0,111 * (C_P - 0,0225 * LCB) - 0,06325 * P/D = 1,0155$$

#### 5.2.6.3.2 Según la BSRA (para buques de dos hélices):

$$\eta_{rr} = 0,5524 + 0,8443C_B - 0,5054 * C_B^2 + 1,1511 * D/L_{BP} + 0,4718 * D/\nabla^{1/3} = 1,0017$$

Por lo tanto, se utilizará un valor promedio de:

$$\eta_{rr\text{PROMEDIO}} = 1,0$$

Finalmente la hélice tendrá una eficiencia behind de:

$$\eta_b = \eta_0 * \eta_{rr} = 47,44\%$$

**5.2.6.4 Estudio de cavitación de la hélice B 3-65:**

Se realizará una evaluación empírica de la posibilidad de que la hélice cavite, para ello se definen los siguientes parámetros de cavitación:

**5.2.6.4.1 Número de cavitación ( $\sigma$ ):**

$$\sigma = \frac{p_A + \rho gh - \rho gr - p_v}{\frac{1}{2} * \rho * [(V_A)^2 + \omega^2 * r^2]}$$

Donde:

$p_A = 10300 \left[\frac{kg_f}{m^2}\right]$ , corresponde al valor de la presión atmosférica

$p_v = 175 \left[\frac{kg_f}{m^2}\right]$ , corresponde al valor de la presión de vapor del agua para una temperatura de 15° C

$r = 0,49 [m]$ , corresponde al radio de la hélice a 0,7\*R

$\omega = 2\pi n = 46,68 \left[\frac{rad}{s}\right]$ , corresponde a la velocidad angular del propulsor

$\rho = 104,48 \left[kg_f * \frac{s^2}{m^4}\right]$ , corresponde a la densidad del agua de mar

$h = 1,455$ , corresponde a la inmersión del eje porta hélice (obtenido aproximadamente de plano de arreglo general).

Para ello se calculará la velocidad resultante:

$$V_R = \sqrt{V_A^2 + \omega^2 r^2} = 23,2 [m/s]$$

Por lo tanto, el número de cavitación será de aproximadamente:

$$\sigma = 0,40$$

**5.2.6.4.2 Coeficiente de carga ( $\tau_c$ ):**

$$\tau_c = \frac{T}{\frac{1}{2} * \rho * (V_R)^2 * A_P}$$

Donde:

$T = 4569 [kg_f]$ , corresponde al empuje

El término  $A_P$  corresponde al valor del área proyectada, el cual no se tiene, pero si se puede estimar a través del valor del área expandida  $A_E$ .

El cálculo del área proyectada  $A_P$  se estimara mediante la formulación planteada por Burril:

$$A_P \cong A_E * (1,067 - 0,229 * P/D)$$

Para lo cual, el valor del área expandida  $A_E$  es de:

$$A_E = BAR * A_0, \text{ donde } BAR = 0,65$$

Donde  $A_E$  corresponde al área disco del propulsor:

$$A_0 = \pi * D^2 / 4 = 1,54 [m^2]$$

Por lo tanto:

$$A_E = BAR * A_0 = 1,0 [m^2]$$

Finalmente el área proyectada es de:

$$A_P \cong A_E * (1,067 - 0,229 * P/D) = 0,884 [m^2]$$

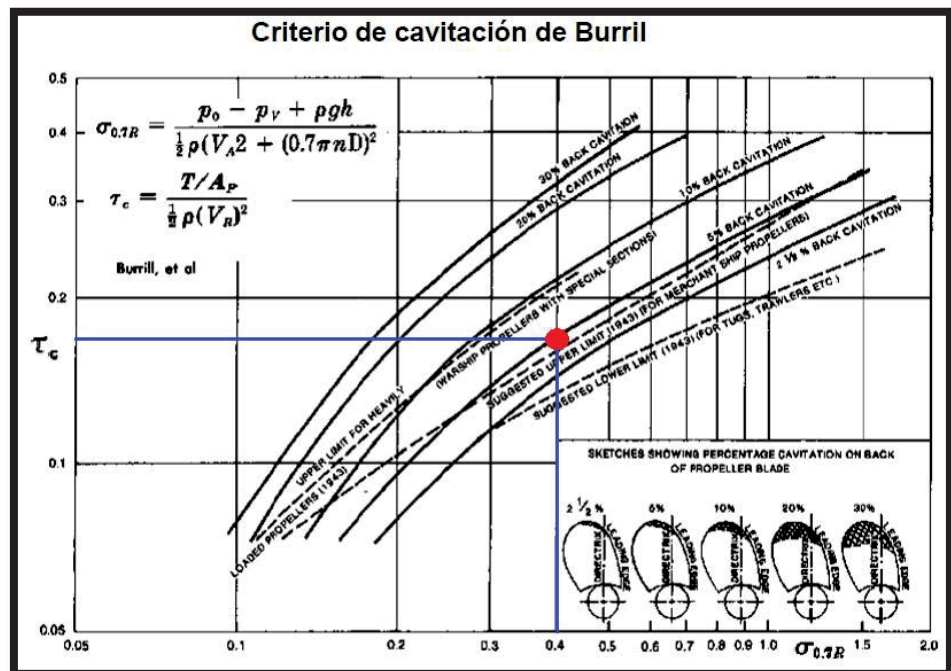
De esta manera el coeficiente de carga resultante es de aproximadamente:

$$\tau_c = \frac{T}{1/2 * \rho * (V_R)^2 * A_P} = 0,18$$

#### 5.2.6.4.3 Porcentaje de cavitación en la cara de succión según criterio de Burril:

De acuerdo a la figura 7, la hélice tendría un porcentaje de cavitación aproximado de 5,0% en la cara de succión (back), lo cual es muy elevado, por lo tanto, se volverá a calcular una nueva hélice óptima con un nuevo valor de relación BAR mayor al anterior, es decir, se probará un BAR = 0,70.

Fig.7: Criterio de cavitación de Burril para cavitación en hélices marinas (B 3-65)



### 5.2.7 USO DE DIAGRAMA DE LA SERIE B DE TROOST (B 3-70):

Debido a que los métodos y formulaciones de cálculo empleadas para cada dato a obtener ya fueron presentadas en detalle en el apartado anterior 5.1.2.6, a continuación sólo se presentarán los resultados finales del análisis de cálculo de hélice óptima B 3-70.

#### 5.2.7.1 Obtención de la curva $K_T$ de operación de la hélice B 3-70:

La ecuación de la curva  $K_T$  de operación de la hélice es igual a la ya determinada, sólo cambia el diagrama a utilizar sobre el cual se plasmará dicha curva.

$$K_T = 1,31 * J^2$$

Representando la curva de operación de la hélice en el diagrama B 3-70, se obtienen los siguientes valores:

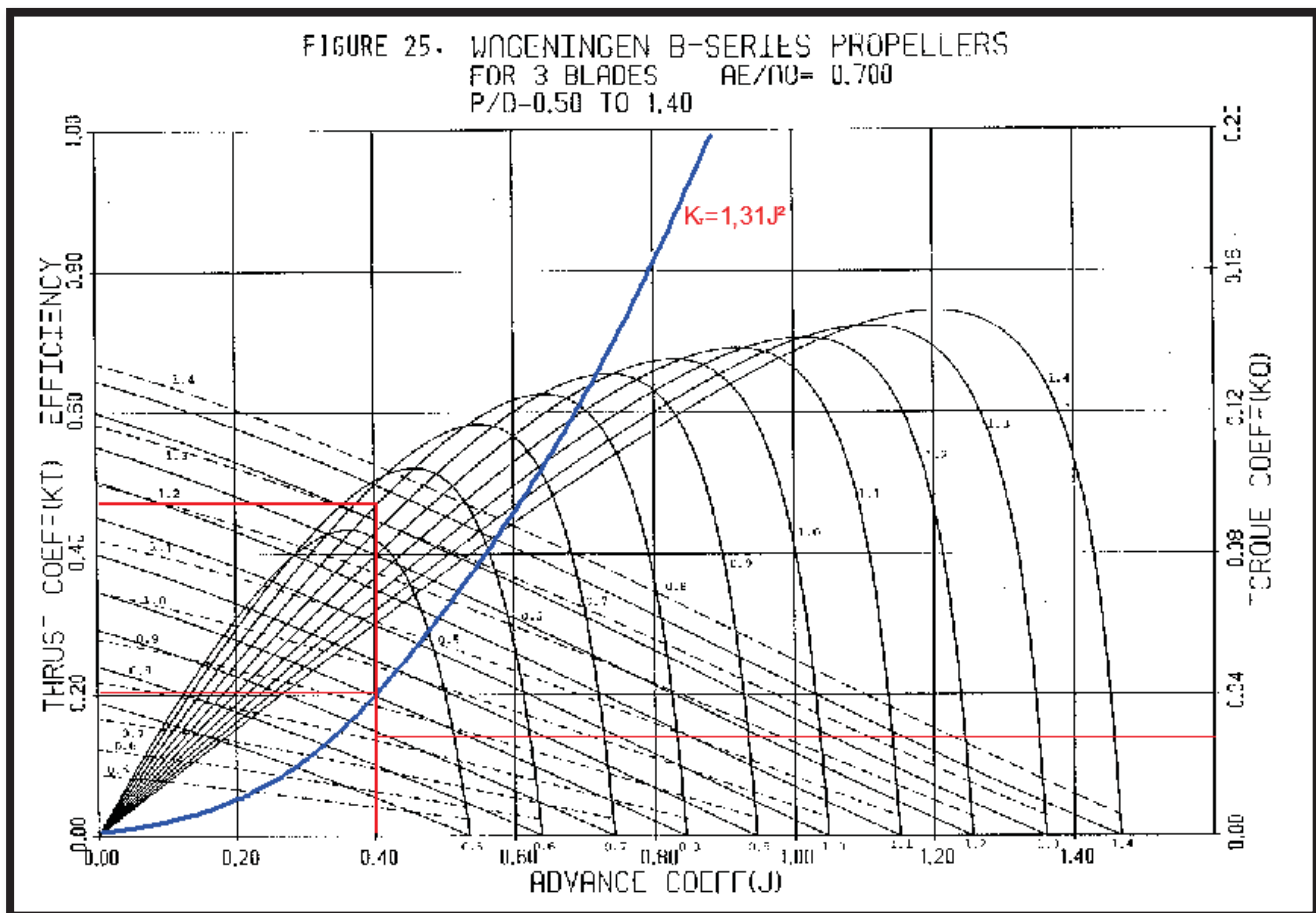


Fig.8: Cálculo de hélice óptima para Serie B 3-70



La tabla de resultados para cada P/D se presenta a continuación:

| P/D        | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    | 1,0    | 1,1    | 1,2    | 1,3    | 1,4    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\eta_0$ % | 40,98  | 45,65  | 47,53  | 47,79  | 47,19  | 46,34  | 45,39  | 44,52  | 43,77  | 43,39  |
| J          | 0,2854 | 0,3261 | 0,3637 | 0,3982 | 0,4303 | 0,4607 | 0,4899 | 0,5182 | 0,5451 | 0,5720 |

Los datos del propulsor aislado de mejor rendimiento se presentan a continuación:

$D = 1,40$ , corresponde al diámetro de la hélice

$P/D = 0,8$ , corresponde a la relación paso/diámetro de mejor rendimiento

$P = 1,12$ , corresponde al paso de la hélice

$J = 0,3982$ , corresponde al grado de avance de la hélice

$K_T = 0,20$ , corresponde al coeficiente de empuje de la hélice

$K_Q = 0,027$ , corresponde al coeficiente de torque de la hélice

$\eta_0 = 47,8\%$ , corresponde al rendimiento del propulsor aislado

### 5.2.7.2 Obtención de las rps necesarias de la hélice B 3-70:

$$n = \frac{V_A}{D * J} = 7,39 [rps]$$

### 5.2.7.3 Obtención del rendimiento behind ( $\eta_b$ ) de la hélice B 3-70:

$$\eta_b = \eta_0 * \eta_{rr} = 47,8\%$$

### 5.2.7.4 Estudio de cavitación de la hélice B 3-70:

#### 5.2.7.4.1 Número de cavitación ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \frac{p_A + \rho gh - \rho gr - p_v}{\frac{1}{2} * \rho * [(V_A)^2 + \omega^2 * r^2]} = 0,39$$

Donde:

$$V_R = \sqrt{V_A^2 + \omega^2 r^2} = 23,12 [m/s]$$

#### 5.2.7.4.2 Coeficiente de carga ( $\tau_c$ ):

$$\tau_c = \frac{T}{\frac{1}{2} * \rho * (V_R)^2 * A_P} = 0,17$$

Donde:

$$A_P \approx 0,953 [m^2]$$

5.2.7.4.3 Porcentaje de cavitación en la cara de succión según criterio de Burril:

En la figura 9 se observa que el porcentaje de cavitación en la cara de succión es de aproximadamente un 3,5%, lo cual ya puede considerarse como un valor aceptable.

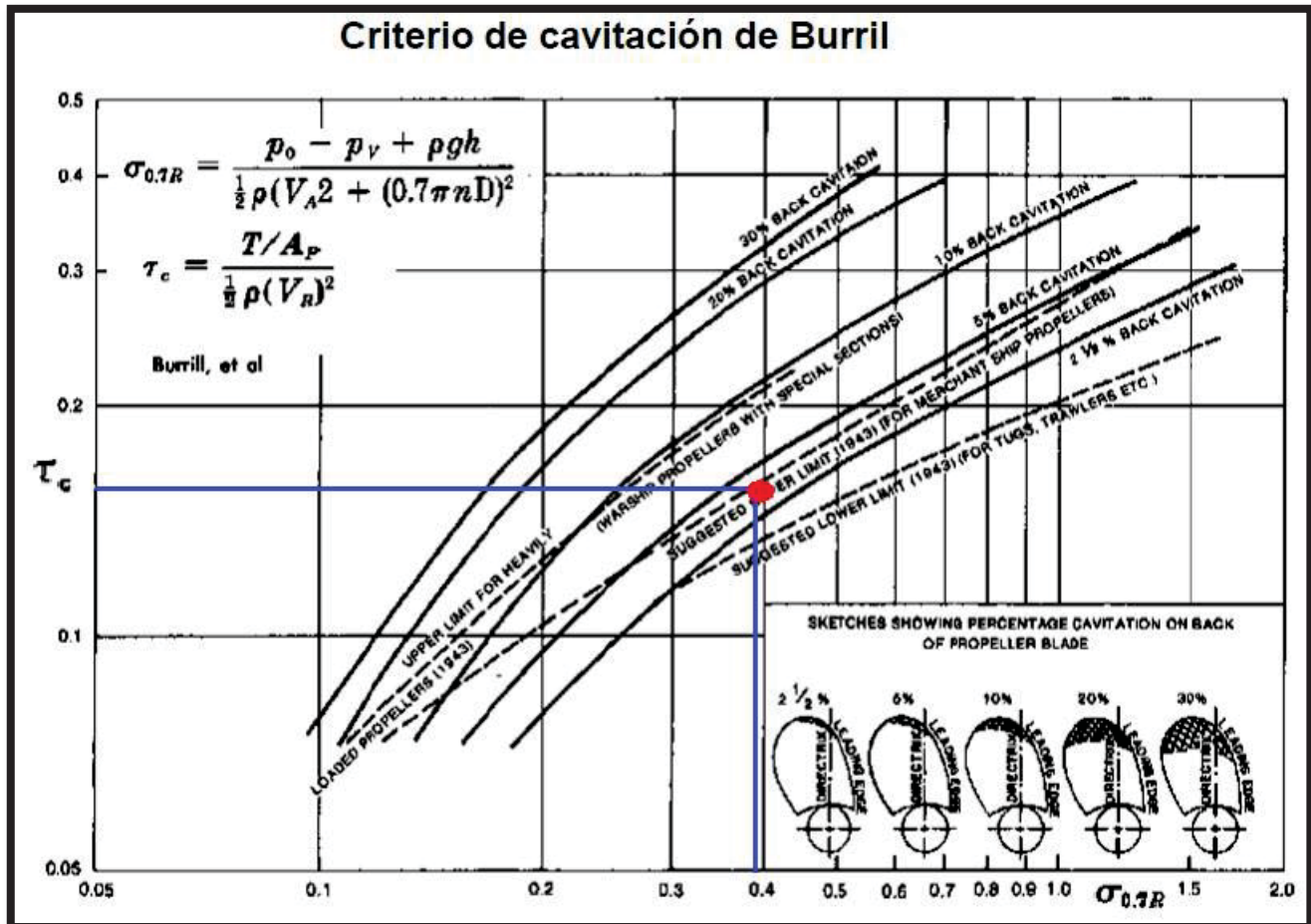


Fig.9: Criterio de cavitación de Burril para cavitación en hélices marinas (B 3-70)

5.3 Resumen de la hélice óptima propuesta:

- $Z = 3$
- $BAR = 0,70$
- $D = 1,40$  [m]
- $P/D = 0,8$
- $P = 1,12$  [m]
- $\eta_o = 47,8 \%$
- $\eta_{rr} = 1,0$
- $\eta_b = 47,8 \%$
- $K_T = 0,20$
- $K_Q = 0,027$
- $J = 0,39$
- $rps = 7,39$  [rev/seg]
- $rpm = 443$  [rev/min]
- $\sigma = 0,39$
- $\tau_c = 0,17$
- $\%$  de cavitación  $\approx 3,5 \%$

## 6. PUNTO DE DISEÑO Y POTENCIA BHP

### 6.1 Punto de diseño:

Se fijará un punto de funcionamiento, o también llamado de diseño del 90%, es decir, la hélice absorberá un 90% de la potencia MCR del motor al 100% de las rpm, en ese punto la hélice tendrá la máxima eficiencia.

El porcentaje menor de potencia absorbida por la hélice a las máximas rpm del motor, se debe a que con el tiempo la embarcación irá aumentando su resistencia al avance tal cual se estimó anteriormente para la condición de servicio, además de ello el buque se irá envejeciendo, por lo tanto, se reserva este adicional de potencia como resguardo para el futuro.

### 6.2 Obtención de la potencia al freno (BHP) considerando el punto de diseño:

Para determinar la potencia al freno, debemos conocer el rendimiento propulsivo de la embarcación. Este se determinará a continuación:

$$\eta_p = \eta_H * \eta_h * \eta_m$$

**6.2.1 Rendimiento del casco ( $\eta_H$ ):** Este rendimiento se debe a las interacciones entre hélice y casco. Para el caso de embarcaciones con dos líneas de eje, como lo es el estudio del proyecto, sus valores más frecuentes se encuentran en un rango de 0,95 a 1,05. Tal coeficiente puede ser determinado mediante los coeficientes de succión de la hélice y de estela efectiva del casco:

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - \omega)$$

**6.2.1.1 Determinación del coeficiente de estela ( $\omega$ ) del casco:** Se obtendrá como el promedio de 3 formulaciones empíricas planteadas por distintos autores para embarcaciones de dos hélices:

6.2.1.1.1 Coeficiente de estela, según Taylor:

$$\omega = 0,55 * C_B - 0,20 = 0,13$$

6.2.1.1.2 Coeficiente de estela, según Heckscher para barcos de carga:

$$\omega = 0,7 * C_P - 0,3 = 0,29$$

6.2.1.1.3 Coeficiente de estela, según Krüger (1976) para barcos de carga:

$$\omega = 0,81 * C_B - 0,34 = 0,15$$

Finalmente, se utilizará un valor medio de:

$$\omega_{promedio} = 0,19$$

**6.2.1.2 Determinación del coeficiente de succión ( $t$ ):** Se obtendrá como el promedio de 3 formulaciones empíricas planteadas por distintos autores para embarcaciones de dos hélices:

6.2.1.2.1 Coeficiente de succión, según Taylor:

$$t = w = 0,19$$

6.2.1.2.2 Coeficiente de succión, según Heckscher para barcos de carga:

$$t = 0,5 * C_P - 0,18 = 0,24$$

6.2.1.2.3 Coeficiente de succión, según Danckwardt para barcos de carga:

$$t = 0,52 * C_B - 0,18 = 0,14$$

Finalmente, se utilizará un valor medio de:

$$t_{promedio} = 0,19$$

Rendimiento del casco ( $\eta_H$ ):

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - \omega) = 1,0$$

**6.2.2 Rendimiento mecánico de transmisión ( $\eta_m$ ):** Este rendimiento representa el nivel de pérdidas que se produce en la línea de eje. Su valor no se puede determinar, pero si estimar y se sabe que sus valores fluctúan entre 0,92 y 0,95. Se utilizará como criterio el valor medio de sus rangos comunes.

Rendimiento mecánico ( $\eta_m$ ):

$$\eta_m = 0,95$$

**6.2.3 Rendimiento de la hélice behind ( $\eta_h$ ):** Este rendimiento toma en cuenta la pérdida de potencia que se produce debido a que la hélice no puede convertir en empuje toda la potencia que llega a través de la línea de eje. Su valor se determinó de acuerdo al cálculo realizado para la hélice óptima por medio de la Serie B de Wageningen.

Rendimiento de la hélice ( $\eta_h$ ):

$$\eta_h = 0,478$$

**6.2.4 Rendimiento propulsivo ( $\eta_p$ ):** Su valor se obtendrá como el producto de multiplicar el rendimiento de la hélice, rendimiento mecánico y rendimiento del casco. Ya conocida la potencia EHP, nos permite obtener la potencia de la máquina que se necesitará:

Rendimiento propulsivo ( $\eta_p$ ):

$$\eta_p = \eta_H * \eta_h * \eta_m = 0,454$$

Por lo tanto, la potencia requerida para la velocidad máxima incluyendo el punto de diseño establecido anteriormente sería de aproximadamente:

$$BHP = \left(\frac{EHP}{\eta_p}\right)/0,9 = 1226 [hp] = 914 [kW]$$

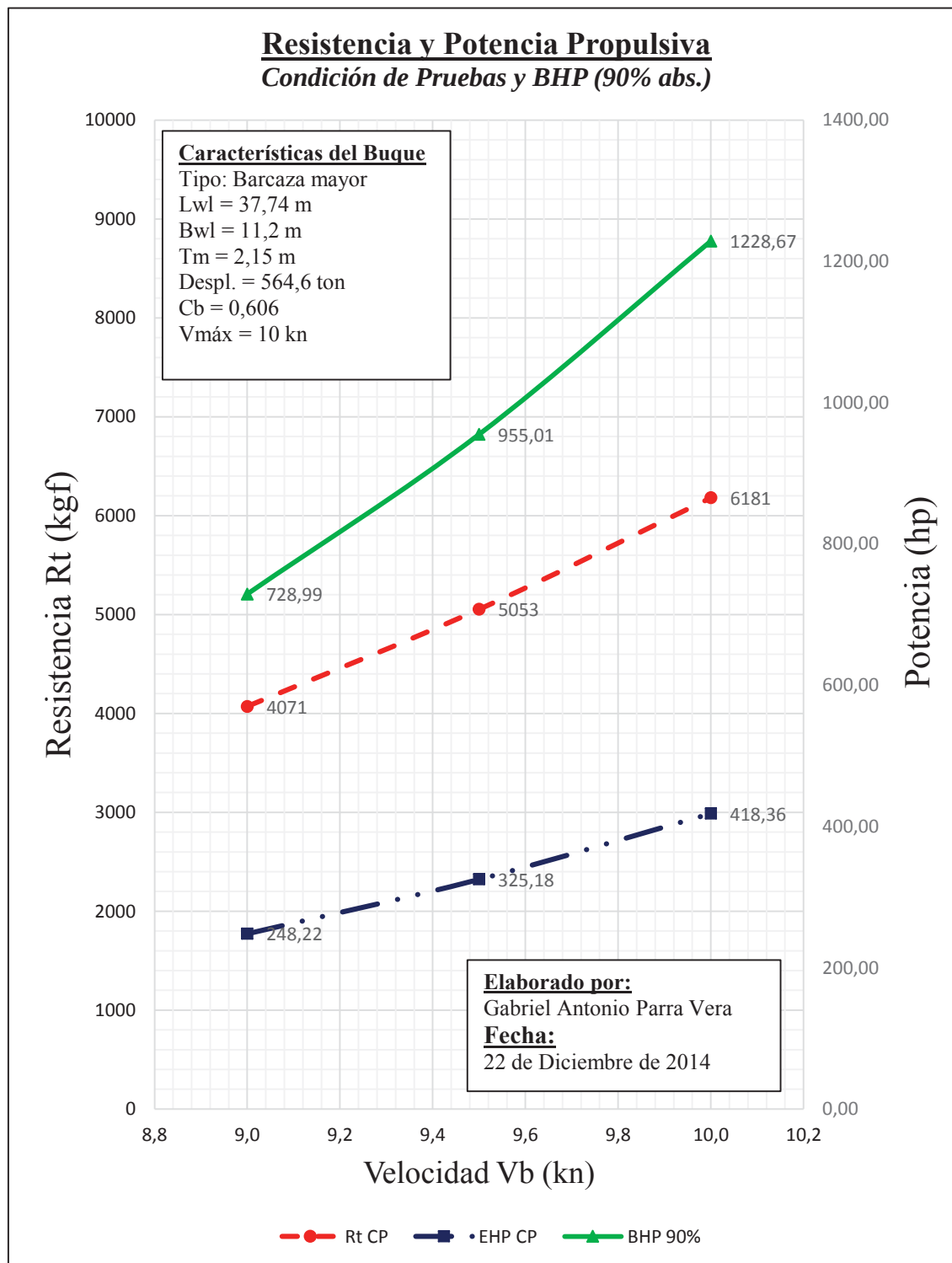
## 7. TABLA DE DATOS DE RESISTENCIA & POTENCIA PROPULSIVA

A raíz de los datos obtenidos se presenta la tabla 2, la cual ilustra un resumen de datos de los principales valores de resistencia y potencia propulsiva para distintas velocidades.

| Cálculo de Potencia Propulsiva |                   |          |          |          |
|--------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| $V_b$                          | kn                | 9,0      | 9,5      | 10       |
| $V_b$                          | m/s               | 4,63     | 4,89     | 5,14     |
| $V/\sqrt{L}$                   | kn/ $\sqrt{pies}$ | 0,81     | 0,85     | 0,90     |
| $F_N$                          | -                 | 0,24     | 0,25     | 0,27     |
| $R_n$                          | -                 | 1,43E+08 | 1,51E+08 | 1,59E+08 |
| $C_r$                          | -                 | 4,81E-03 | 5,64E-03 | 6,50E-03 |
| $C_f$                          | -                 | 2,38E-03 | 2,36E-03 | 2,35E-03 |
| $C_{pv}$                       | -                 | 1,44E-03 | 1,43E-03 | 1,42E-03 |
| $C_v$                          | -                 | 3,82E-03 | 3,79E-03 | 3,77E-03 |
| $C_w$                          | -                 | 3,37E-03 | 4,21E-03 | 5,08E-03 |
| $C_t$                          | -                 | 7,18E-03 | 8,00E-03 | 8,85E-03 |
| $R_r$                          | kgf               | 2475     | 3236     | 4127     |
| $R_f$                          | Kgf               | 1226     | 1357     | 1492     |
| $R_{pv}$                       | kgf               | 741      | 821      | 903      |
| $R_v$                          | kgf               | 1967     | 2178     | 2395     |
| $R_w$                          | kgf               | 1734     | 2416     | 3224     |
| $R_{t\ bh}$                    | Kgf               | 3701     | 4594     | 5619     |
| $EHP_{bh}$                     | hp                | 226      | 296      | 380      |
| $R_{aire}$                     | kgf               | 111      | 138      | 169      |
| $R_{apend}$                    | Kgf               | 259      | 322      | 393      |
| $R_{t\ CP}$                    | Kgf               | 4071     | 5053     | 6181     |
| $EHP_{CP}$                     | hp                | 248,22   | 325,18   | 418,36   |
| $BHP_{CP}$                     | hp                | 546,74   | 716,26   | 921,50   |
| $BHP_{CS}$                     | hp                | 656,09   | 859,51   | 1105,80  |
| $BHP_{90\%}$                   | hp                | 728,99   | 955,01   | 1228,67  |

Tabla 2: Cálculo de potencia propulsiva para distintas velocidades

## 8. CURVAS DE RESISTENCIA & POTENCIA PROP.



## 9. CONCLUSIONES

Para la velocidad máxima de la nave 10 [kn], los resultados finales son los siguientes:

- La resistencia al avance en condición de casco desnudo será de aproximadamente 55 [kN]
- La resistencia al avance estimada en condición de pruebas será de aproximadamente 60,5 [kN]
- La resistencia al avance en condición de servicio estimada para un factor de servicio de 1,2 sería de 72,6 [kN]

El cálculo del propulsor óptimo propuesto tiene las siguientes características:

- Diámetro de 1,4 [metros]
- P/D de 0,8
- Paso a 0,7R de 1,12 [metros]
- Número de palas igual a 3
- Relación BAR de 0,70
- rps = 7,39 [rev/seg]
- Rendimiento behind de 47,8 %
- Porcentaje de cavitación de 3,5%

La potencia BHP del motor para un punto de diseño del 90% de absorción de esta por parte del propulsor, será de aproximadamente 914 [kW].

## 10. REFERENCIAS

[1]  $K_T$ ,  $K_Q$  and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers

*M.M Bernitsas - D. Ray – P. Kinley*

*The University of Michigan, College of Engineering*

*Mayo, 1981*

[2] Serie sistemática de barcas de desplazamiento (de sección transversal de tres pantoques)

*Tesis para optar al título de: Ingeniero de ejecución en construcción naval*

*Autores: Maritza Anticoy Fuentes – Arturo Ordoiza Barahona*

*Año: 1991*

[3] Métodos de estimación de resistencia al avance y potencia propulsiva en buques

*Universidad Austral de Chile*

*ICNA201 Resistencia a la Propulsión, 2013*

*Nelson Pérez Meza*

[4] Apuntes electrónicos del curso “Resistencia a la Propulsión”

*Universidad Austral de Chile*

*ICNA201 Resistencia a la Propulsión, 2014*

*Nelson Pérez Meza*

[5] Apuntes electrónicos del curso “Propulsión de la Nave”

*Universidad Austral de Chile*

*ICNA212 Propulsión de la Nave, 2014*

*Nelson Pérez Meza*





UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 07

“Planta Propulsora & Línea de Propulsión”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                 | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                            | <b>3</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>4. Planta Propulsora &amp; Línea de Propulsión .....</b> | <b>4</b>  |
| 4.1 Elección del motor propulsor .....                      | 4         |
| 4.1.1 Tipo de motor.....                                    | 4         |
| 4.1.2 Dimensiones y peso del motor propulsor .....          | 5         |
| 4.1.3 Especificaciones del motor propulsor .....            | 5         |
| 4.1.4 Curvas características del motor propulsor.....       | 6         |
| 4.2 Elección de la caja reductora.....                      | 6         |
| 4.2.1 Tipo de caja reductora .....                          | 6         |
| 4.2.2 Características de la caja de reducción.....          | 7         |
| 4.2.3 Velocidad de giro final del propulsor.....            | 8         |
| 4.3 Propulsor de la embarcación .....                       | 8         |
| 4.3.1 Hélice óptima necesaria para el proyecto.....         | 8         |
| 4.3.2 Peso estimado del propulsor .....                     | 8         |
| <b>5. Conclusiones.....</b>                                 | <b>10</b> |
| <b>6. Referencias .....</b>                                 | <b>10</b> |

## 1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se seleccionaran los principales componentes de la propulsión de la barcaza en proyecto en función de los cálculos referidos a la resistencia al avance y al cálculo del propulsor óptimo para esta, desarrollados en el cuadernillo 06.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Seleccionar la planta propulsora comercial que mejor se adapte a los cálculos del proyecto, así como los componentes de la línea de propulsión.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Encontrar un motor propulsor marino que se ajuste a la potencia al freno calculada para el punto de diseño de la hélice del 90% de absorción.
- Seleccionar una caja de reducción de velocidad de giro que permita adaptar las revoluciones del motor a las necesarias requeridas por la hélice.
- Mandar a confeccionar una hélice a pedido con las características óptimas calculadas para el tipo de embarcación en estudio.
- Estimar el peso de la hélice necesaria para el proyecto.

## 4. PLANTA PROPULSORA & LÍNEA DE PROPULSIÓN

En este apartado se seleccionaran el motor propulsor marino, caja de reductora de velocidad de giro y hélice óptima componentes de la planta y línea de propulsión de la nave. Además de ello se estimará el peso del propulsor mediante gráficos empíricos.

### 4.1 ELECCIÓN DEL MOTOR PROPULSOR

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadernillo 06, referidos a resistencia al avance y cálculo del propulsor óptimo para la embarcación en estudio, se determinó que para un punto de diseño del 90% de absorción de potencia MCR del motor a 100% de las rpm, por parte de la hélice se necesitaba una potencia al freno de aproximadamente:

$$BHP = 1226 [hp] = 914 [kW]$$

En base a ello, y considerando que la embarcación en proyecto poseerá dos líneas de ejes, la potencia se dividirá en dos motores propulsores de igual cantidad de potencia brake.

#### 4.1.1 Tipo de motor:

Se seleccionaron dos motores propulsores diésel “C18 ACERT™” de la corporación estadounidense CATERPILLAR de 715 BHP a 2100 rpm cada uno. Una imagen de estos se presenta a continuación:



Fig.1: Motor propulsor marino C18 ACERT de Caterpillar

El consumo específico de estos motores es de:

$$C.E = 37,6 \left[ \frac{g}{bhp - hr} \right] = 223,9 \left[ \frac{g}{bKW - hr} \right]$$

#### 4.1.2 Dimensiones y peso del motor propulsor:

De acuerdo a los datos del fabricante, el motor posee las siguientes características dimensionales y de peso:

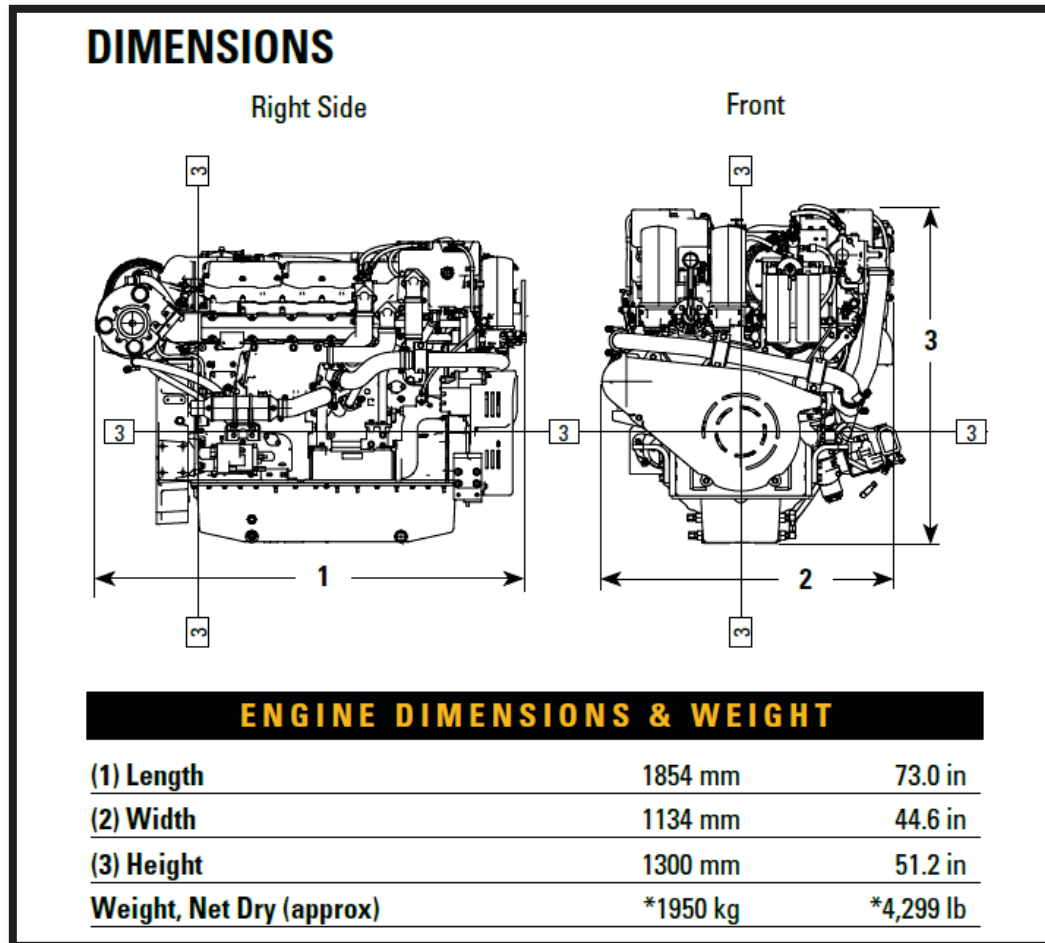


Fig.2: Dimensiones y peso del motor propulsor marino C18 ACERT de Caterpillar

#### 4.1.3 Especificaciones del motor propulsor:

- Tipo de motor: Marino
- Cantidad de cilindros: 6
- Disposición de los cilindros: En línea
- Ciclo del motor: Diésel de 4 tiempos
- Potencia MCR = 715 bhp a 2100 rpm
- Aspiración: TA (turbocompresor)
- Diámetro x carrera = 143 mm x 183 mm
- Desplazamiento = 18,1 litros
- Rotación del volante de inercia = Anti-horaria

| Specifications |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| Aspiration     | Turbocharged    | Aftercooled     |
| Bore x Stroke  | 143 mm x 183 mm | 5.7 in x 7.2 in |
| Displacement   | 1106 cu in      | 18.1 L          |
| Dry Weight     | 1950 kg         | 4299 lbs        |
| Length         | 1854 mm         | 73.0 in         |
| Width          | 1134 mm         | 44.6 in         |
| Height         | 1300 mm         | 51.2 in         |

#### 4.1.4 Curvas características del motor propulsor:

Las curvas de potencia al freno y torque se presentan en la figura 3. Estas curvas son referidas a la potencia máxima continua, en función de las revoluciones del motor.

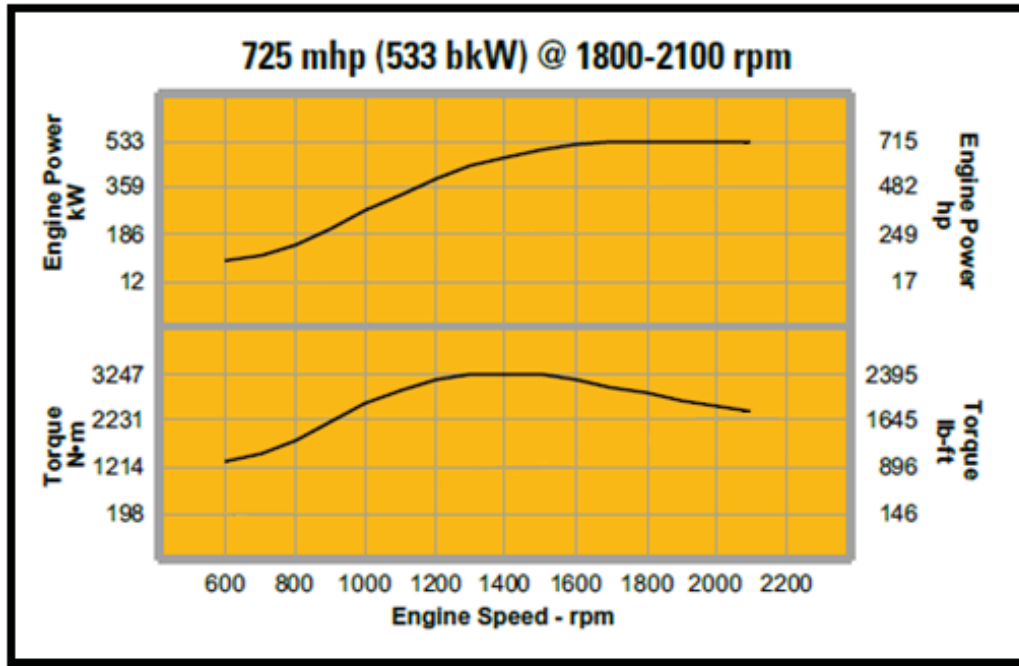


Fig.3: Curvas características del motor entregadas por el fabricante CAT

## 4.2 ELECCIÓN DE LA CAJA DE REDUCCIÓN

El cálculo del propulsor presentado en el cuadernillo 06, indicó que las revoluciones óptimas de la hélice para la barcaza en proyecto debían ser de aproximadamente:

$$\text{Revoluciones del propulsor} = 7,39 \text{ rps} = 443 \text{ rpm}$$

En base a ello, y al motor propulsor ya seleccionado se elijará una caja de reducción que se adapté lo mejor posible a las características presentadas.

#### 4.2.1 Tipo de caja reductora:

Debido a que el motor propulsor gira a 2100 rpm para la potencia máxima continua, para cumplir con las necesidades óptimas de la hélice se necesitaría una relación de reducción de velocidad de giro de aproximadamente:

$$\text{Relación de reducción} = 2100/443 = 4,74:1$$

Por lo tanto, se seleccionó una caja de reducción comercial ofrecida por la empresa española Guascor de Dresser-Rand Group, Inc., la cual corresponde a una marine reduction gearbox tipo RE – 240, la cual es recomendada para hélices de paso fijo, como es el caso de estudio.

Esta caja posee una relación de reducción de velocidad de giro de **5:1**. Una imagen representativa del modelo a utilizar se ilustra en la figura 4, a continuación:



Fig.4: Modelo representativo de caja de reducción ofrecida por Guascor

#### 4.2.2 Características de la caja de reducción:

Guascor entrega el siguiente esquema de características de distintos tipos de marine reduction gearbox:

| TYPE            | REDUCTION RATIO           | MAX rpm | MAX. CONTINUOUS POWER |
|-----------------|---------------------------|---------|-----------------------|
| R-100           | 1,5:1-2:1-3:1             | 2500    | 250                   |
| R-160 / R-160 T | 1,5:1-2:1-3:1-4:1-5:1-6:1 | 2500    | 400                   |
| R-240           | 3:1-4:1-5:1               | 2500    | 700                   |
| RE-240          | 3,5:1-5:1-6:1             | 2500    | 600                   |
| R-360           | 2:1-3:1-4:1-5:1-6:1       | 2000    | 900                   |
| RV-360*         | 2:1-3:1-4:1-5:1-6:1       | 2000    | 900                   |
| RE-360          | 7:1-9:1                   | 2000    | 900                   |
| REV-360*        | 7:1-9:1                   | 2000    | 900                   |
| R-500 HT        | 2,5:1-3:1-4:1-5:1-6:1     | 1900    | 1670                  |
| RV-500 HT*      | 2,5:1-3:1-4:1-5:1-6:1     | 1900    | 1670                  |

\* Gearboxes for variable pitch propeller.



#### 4.2.3 Velocidad de giro final del propulsor:

Debido a que la relación de reducción de velocidad es distinta a la óptima, la hélice girará a distintas revoluciones, pero bastante cercanas a la realmente necesaria.

Las revoluciones reales a las que girará la hélice serán de aproximadamente:

$$\text{Revoluciones del propulsor} = 2100/5 = 420 \text{ rpm} = 7,0 \text{ rps}$$

La diferencia porcentual entre las revoluciones óptimas y la real es de aproximadamente un 5,2 %.

### **4.3 PROPULSOR DE LA EMBARCACIÓN**

La hélice adecuada para la embarcación en proyecto, fue calculada anteriormente en el ítem “cálculo del propulsor” contenido en el cuadernillo 06.

Debido a que las características de los propulsores son bastantes, es muy difícil encontrar hélices de stock que se adecuen a las necesidades requeridas, es por ello que comúnmente los propulsores se encargan a pedido con las variables óptimas para cada tipo de embarcación.

#### 4.3.1 Hélice óptima necesaria para el proyecto:

La hélice óptima calculada para la barcaza presenta las siguientes características de diseño:

- Hélice de serie = Serie B de Wageningen 3-70
- Materialidad = Bronce
- Rotación = Levógira (izquierda – anti-horario)
- Tipo de paso = Hélice de paso fijo (FPP)
- Z (número de palas) = 3
- BAR (relación de área expandida) = 0,70
- D (diámetro) = 1,40 [m]
- P/D (relación de paso) = 0,8
- P (paso constante) = 1,12 [m]

Por lo tanto, se encargará una hélice a pedido con las características indicadas anteriormente a la empresa francesa de propulsión marina Masson Marine, la cual posee sede en Panamá. Masson Marine entrega una certificación completa para todos sus diseños de hélices, entre ellas se encuentra la casa noruega Det Norske Veritas, sociedad clasificadora utilizada para el proyecto barcaza.

#### 4.3.2 Peso estimado del propulsor:

Debido a que no se cuenta con información técnica del propulsor, su peso puede ser estimado mediante gráficos empíricos para hélices de 3 o 4 palas construidas en bronce.

Por lo tanto, para un diámetro de 1,4 [metros]  $\approx$  55 [pulgadas], se tiene que:

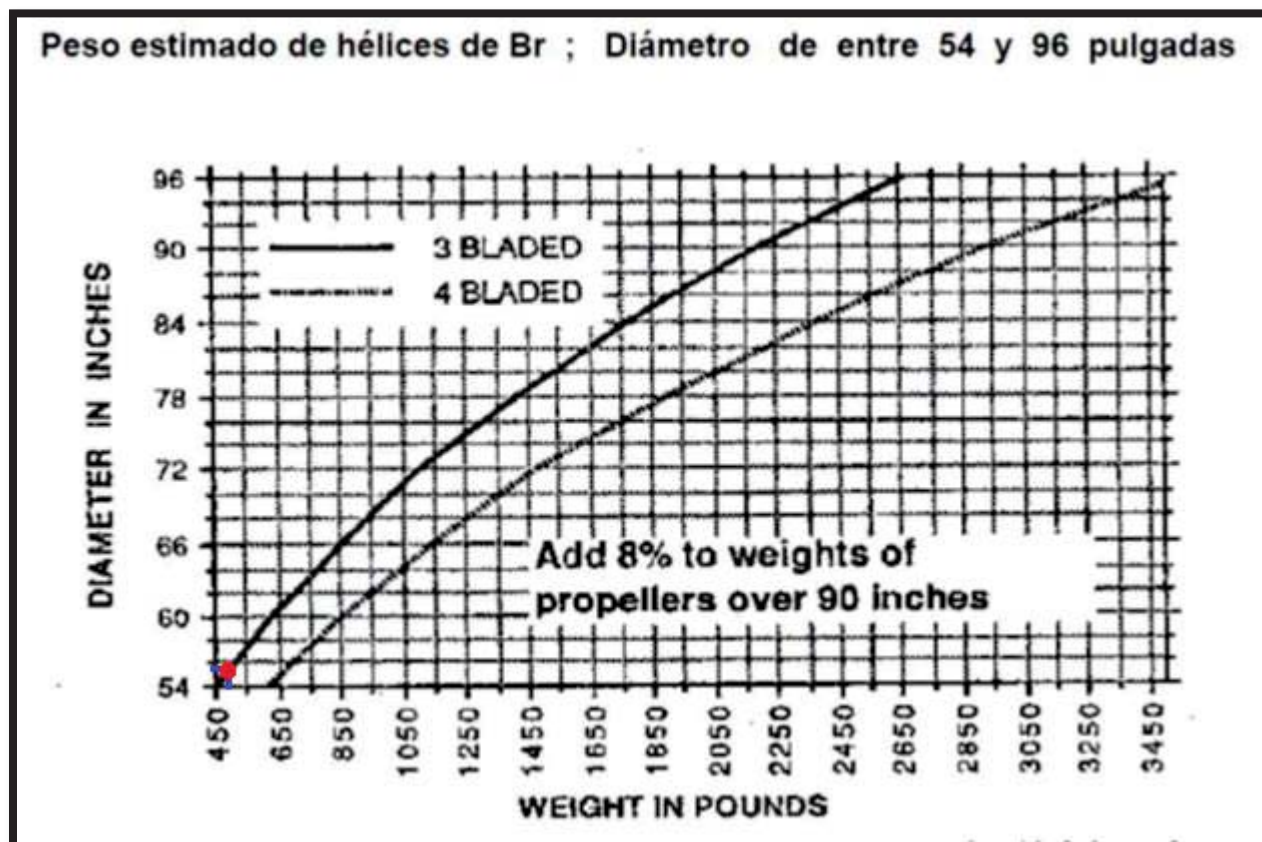


Fig.5: Peso estimado de hélices de bronce, para diámetros entre 54 y 96 pulgadas

De la figura 5, se puede observar que para un diámetro de 55 pulgadas, la hélice de bronce de 3 palas pesaría aproximadamente:

$$\text{Peso estimado del propulsor} \approx 480 \text{ [libras]} \approx 218 \text{ [kg}_f\text{]}$$

## 5. CONCLUSIONES

La planta propulsora y línea de propulsión principal estará conformada por:

- 2 motores propulsores marinos de 715 [hp] de potencia BHP (MCR) a 2100 [rpm]
- 2 cajas de reducción de velocidad de giro de relación 5:1
- 2 hélices de paso fijo con las siguientes características:
  - Hélice de serie = Serie B de Wageningen 3-70
  - Materialidad = Bronce
  - Rotación = Levógira
  - Z (número de palas) = 3
  - BAR (relación de área expandida) = 0,70
  - D (diámetro) = 1,40 [m]
  - P/D (relación de paso) = 0,8
  - P (paso constante) = 1,12 [m]

## 6. REFERENCIAS

[1] Marine engine selection guide  
*Caterpillar Marine Power Systems*  
*CAT MARINE POWER*  
[www.marine.cat.com](http://www.marine.cat.com)

[2] Marine diesel engines and systems  
[www.dreeser-rand.com](http://www.dreeser-rand.com)  
[www.guascorpower.com](http://www.guascorpower.com)

[3] Masson marine propulsion package  
*Fixed pitch propeller propulsion package*  
[www.masson-marine.com](http://www.masson-marine.com)

[4] Apuntes electrónicos del curso “Propulsión de la Nave”  
*Universidad Austral de Chile*  
*ICNA212 Propulsión de la Nave, 2014*  
*Nelson Pérez Meza*



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 08

“Ante-Proyecto de Timón & Estimación de Maniobrabilidad”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## Proyecto de Titulación:

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                                   |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                                       | <b>5</b> |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                                  | <b>5</b> |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                                              | <b>5</b> |
| <b>4. Ante-Proyecto de Timón .....</b>                                            | <b>6</b> |
| 4.1 Diseño básico del timón.....                                                  | 6        |
| 4.1.1 Decisión de área de pala .....                                              | 7        |
| 4.1.1.1 Principles of Naval Architecture (P.N.A), Volumen III, 1989 .....         | 7        |
| 4.1.1.2 Det Norske Veritas AS, 1975.....                                          | 7        |
| 4.1.2 Decisión sobre claros superior e inferior en el vano del timón .....        | 8        |
| 4.1.3 Decisión de relación de aspecto geométrica (R.A) .....                      | 9        |
| 4.1.4 Decisión sobre el ángulo de caída de la pala (sweep angle) .....            | 9        |
| 4.1.5 Decisión sobre envergaduras principales (media, de ataque y de salida)..... | 9        |
| 4.1.6 Decisión sobre la relación de estrechamiento a utilizar (taper ratio) ..... | 9        |
| 4.1.7 Cuerdas (media, superior e inferior).....                                   | 10       |
| 4.1.8 Decisión sobre el perfil hidrodinámico que se utilizará .....               | 11       |
| 4.1.9 Relación de balance (R.B) .....                                             | 11       |
| 4.1.10 Ubicación del eje del timón .....                                          | 12       |
| 4.1.11 Separación con la hélice.....                                              | 12       |
| 4.1.12 Relación de aspecto efectiva (R.A <sub>E</sub> ) .....                     | 12       |
| 4.1.13 Resumen de parámetros básicos en el diseño del timón .....                 | 13       |
| 4.2 Cálculos .....                                                                | 13       |
| 4.2.1 Estimación de velocidad de entrada del flujo al timón .....                 | 13       |
| 4.2.1.1 Estimación de velocidad de entrada del flujo según Shiba (P.N.A-89) ..... | 13       |
| 4.2.1.2 Estimación de velocidad de entrada del flujo al timón según Taplin .....  | 15       |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.2 Estimación del ángulo de stall real .....                                | 16 |
| 4.2.2.1 Estimación del ángulo de stall real según Baquero (Spain).....         | 16 |
| 4.2.2.2 Estimación del ángulo de stall real según Balau.....                   | 17 |
| 4.3 Matriz de cálculo de fuerzas y momentos.....                               | 18 |
| 4.3.1 Coeficientes de Lift y Drag según Thieme.....                            | 18 |
| 4.3.2 Cálculo de fuerzas de lift, drag, resultante y normal .....              | 20 |
| 4.3.3 Centro de presión de la pala según Harrington.....                       | 21 |
| 4.3.4 Momento de torsión estático.....                                         | 22 |
| 4.3.5 Momento de torsión total.....                                            | 22 |
| 4.3.6 Momento de flexión máximo.....                                           | 23 |
| 4.3.7 Resumen de fuerzas y momentos .....                                      | 23 |
| 4.4 Dimensionamiento estructural.....                                          | 24 |
| 4.4.1 Diámetro del eje .....                                                   | 24 |
| 4.4.1.1 Diámetro para zona del tiller.....                                     | 24 |
| 4.4.1.2 Diámetro para zona de neck bearing.....                                | 25 |
| 4.4.2 Cálculo de espesor del forro de la pala y refuerzos.....                 | 26 |
| 4.4.2.1 Tabla de relaciones de espesores – diámetro del eje.....               | 26 |
| 4.4.2.2 Formula teórica empírica para el espesor del forro de la pala .....    | 26 |
| 4.4.3 Separación entre refuerzos del timón.....                                | 27 |
| 4.4.3.1 Tabla de relaciones de separación de refuerzos – diámetro del eje..... | 27 |
| 4.4.3.2 Formula teórica empírica para separación de refuerzos .....            | 27 |
| 4.4.4 Diseño de forma de los principales perfiles hidrodinámicos.....          | 27 |
| 4.4.5 Cálculo del flange de acoplamiento .....                                 | 29 |
| 4.4.5.1 Número y diámetro de los pernos del flange de acoplamiento .....       | 29 |
| 4.4.5.2 Espesor y diámetro del flange de acoplamiento .....                    | 30 |

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.6 Metros cuadrados de planchaje requerido y volumen desplazado de la pala .....      | 31        |
| 4.4.7 Estimación del peso de la pala .....                                               | 31        |
| 4.4.8 Estimación del costo de la pala .....                                              | 31        |
| <b>5. Estimación de Maniobrabilidad.....</b>                                             | <b>32</b> |
| 5.1 Circulo evolutivo .....                                                              | 32        |
| 5.1.1 Método gráfico de Shiba.....                                                       | 33        |
| 5.1.1.1 Desviación.....                                                                  | 33        |
| 5.1.1.2 Diámetro de giro .....                                                           | 34        |
| 5.1.2 Método teórico-empírico de Lyster .....                                            | 35        |
| 5.2.1.1 Diámetro táctico.....                                                            | 35        |
| 5.2.1.2 Avance .....                                                                     | 35        |
| 5.1.3 Resumen de los principales parámetros para la maniobra de círculo evolutivo.....   | 35        |
| 5.1.4 Criterios IMO para maniobra standard “circulo evolutivo” .....                     | 36        |
| 5.2 Zig-Zag de Kempf (Z-Test) .....                                                      | 36        |
| 5.1.1 Formulación empírica para la maniobra standard Zig-Zag 20-20 .....                 | 36        |
| 5.1.1 Criterio IMO para maniobra standard “Z-Test 20-20.....                             | 37        |
| 5.3 Parada inercial.....                                                                 | 37        |
| 5.3.1 Bases físicas de la maniobra .....                                                 | 37        |
| 5.3.2 Matriz de iteración para la maniobra de parada inercial .....                      | 38        |
| 5.4 Parada de emergencia.....                                                            | 39        |
| 5.4.1 Método teórico-empírico “Full Stopping” según Clarke-Wellaman.....                 | 40        |
| 5.4.2 Aplicación de criterio IMO para la maniobra standard de parada de emergencia ..... | 41        |
| <b>6. Conclusiones.....</b>                                                              | <b>42</b> |
| <b>7. Referencias .....</b>                                                              | <b>42</b> |



# 1. INTRODUCCIÓN

En este cuadernillo se realizará el ante-proyecto de los timones de la nave de acuerdo a sus características y bajo las reglamentaciones establecidas.

Se realizará el diseño básico del timón desde su fase inicial, decidiendo cada una de sus características hasta llegar a calcular las fuerzas y momentos que lo rigen para distintos ángulos de timón. Posteriormente se realizará el dimensionamiento estructural de las palas, eje y flange de acoplamiento para finalmente llegar a estimar su peso y costo final en base al acero elaborado.

En una segunda parte se estudiará la maniobrabilidad de la nave, la cual es comúnmente realizada durante las pruebas de mar, sin embargo, diversos autores nos permiten estimar de muy buena manera las principales características de gobierno que tendría el buque y así compararlas con los criterios IMO establecidos para las maniobras standard.

# 2. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de primera aproximación a través de formulaciones empíricas y distintas reglamentaciones, en cuanto a la maniobrabilidad y gobierno que tendrá el proyecto en estudio.

# 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un ante-proyecto de timones especialmente diseñados para la nave en proyecto.
- Analizar las fuerzas y momentos producidos en el timón al variar sus ángulos de gobierno, con el fin de posteriormente establecer un sistema de accionamiento acorde a las necesidades de esfuerzos estructurales.
- Estudiar la maniobrabilidad de la nave a través de distintos autores, mediante la estimación de cuatro maniobras standard que permitan analizar la respuesta de gobierno.

## 4. ANTE-PROYECTO DE TIMÓN

En este apartado se estudiará el diseño, cálculo, estructura y tipo de accionamiento principal de los timones de la barcaza en proyecto. Para ello, a continuación se resumen las principales características de la embarcación:

- Tipo de buque = Barcaza mayor (transporte de alimento)
- LOA = 39 [metros]
- $L_{wl} = 37,74$  [metros]
- $B_{wl} = 11,2$  [metros]
- $T_m = 2,15$  [metros]
- $C_b = 0,606$  ;  $C_m = 0,734$  ;  $C_{wp} = 0,939$
- $S_m = 458,6$  [metros<sup>2</sup>]
- Potencia propulsiva (MCR) Cat Marine C18 ACERT, BHP = 533 kW a 2100 rpm (2)
- Caja de reducción de 5:1 (2)
- Velocidad máxima en aguas tranquilas con 90% de la potencia MCR = 10 [nudos]  
(Según curvas características del motor y punto de diseño de la hélice = 480 kW a 1500 rpm)
- Hélice = FPP, 3 palas y relación de áreas BAR = 0,70; Diámetro de la hélice = 55''; Paso = 44'' (2)

Los timones en estudio de proyecto tendrán las siguientes características de diseño:

- Apoyados en tintero
- Palas totalmente móvil
- Timones compensados
- Refuerzos horizontales hidrodinámicos de la serie NACA de 4 dígitos

### 4.1 DISEÑO BÁSICO DEL TIMÓN

A continuación se estudiarán y analizarán las siguientes características conformantes del diseño básico del timón:

- Decisión de área de pala
- Decisión sobre clarav superior e inferior en el vano del timón
- Decisión de relación de aspecto geométrica
- Decisión sobre el ángulo de caída de la pala (sweep angle)
- Decisión sobre envergaduras principales (media, de ataque y de salida)
- Decisión sobre relación de estrechamiento a utilizar (taper ratio)
- Cuerdas (media, superior e inferior)
- Decisión sobre el perfil hidrodinámico que se utilizará
- Relación de balance
- Ubicación del eje del timón
- Separación con la hélice
- Relación de aspecto efectiva

**4.1.1 Decisión de área de pala:**

El área estimada de pala se determinó mediante 2 métodos propuestos, los cuales se presentan a continuación:

**4.1.1.1 Principles of Naval Architecture (P.N.A), Volumen III, 1989:**

Este método propone coeficientes de área de timones para distintos tipos de buques como porcentaje del producto de la eslora por el calado, en la figura 1, se presenta la tabla de trabajo propuesta:

| <b>Table 36—Rudder area coefficients</b>               |                                               |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Vessel Type</b>                                     | <b>Percent of<br/><math>L \times T</math></b> |
| Single-screw vessels                                   | 1.6 to 1.9                                    |
| Twin-screw vessels                                     | 1.5 to 2.1                                    |
| Twin-screw vessels with two rudders (total area)       | 2.1                                           |
| Tankers                                                | 1.3 to 1.9                                    |
| Large passenger vessels                                | 1.2 to 1.7                                    |
| Fast passenger vessels for canals                      | 1.8 to 2.0                                    |
| Coastal vessels                                        | 2.3 to 3.3                                    |
| Vessels with increased maneuverability                 | 2.0 to 4.0                                    |
| Fishing trawlers and vessels with limited sailing area | 2.5 to 5.5                                    |
| Seagoing tugs                                          | 3.0 to 6.0                                    |
| Sailing vessels                                        | 2.0 to 3.0                                    |
| Pilot vessels and ferries                              | 2.5 to 4.0                                    |
| Motorboats                                             | 4.0 to 5.0                                    |
| Keeled launches and yachts                             | 5.0 to 12.0                                   |
| Centerboard boats                                      | 30 or more                                    |

Fig.1: Rudder área coefficients, P.N.A - 89

La barcaza en proyecto poseerá dos hélices con dos timones, por lo tanto, el coeficiente a utilizar será de 2,1 resultando un área aproximada de:

$$A_T = 2,1\% * (37,74 * 2,15) = 1,70 [m^2]$$

**4.1.1.2 Det Norske Veritas AS, 1975:**

Debido a que la embarcación será clasificada mediante la casa noruega DNV AS, se utilizará una estimación de primera aproximación, la cual se presenta a continuación.

$$A_R = \frac{T * LBP}{100} * \left[ 1 + 25 \left( \frac{B}{LBP} \right)^2 \right]$$

Donde:

$A_R$  = área del timón en metros cuadrados

T = calado de diseño en metros

LBP = eslora entre perpendiculares en metros

B = manga en metros

Por lo tanto, se tiene que:

$$A_R = \frac{2,15 * 35,63}{100} * \left[ 1 + 25 \left( \frac{11,2}{35,63} \right)^2 \right] = 2,66 [m^2]$$

Finalmente se decide optar por la media de ambas propuestas, es decir:

$$\overline{A_T} = 2,18 [m^2]$$

#### 4.1.2 Decisión sobre claras superior e inferior en el vano del timón:

El vano máximo disponible para el timón en la zona de popa se muestra en la figura 2, a continuación:

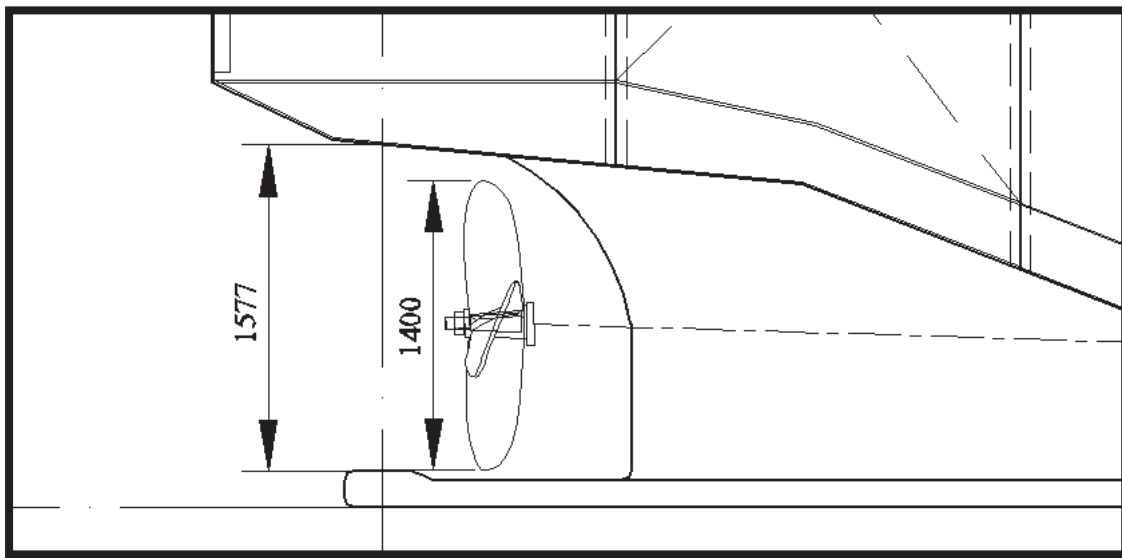


Fig.2: Máximo vano disponible para el timón en mm

Las decisiones sobre las claras superior e inferior en el vano del timón se determinaron como porcentaje del espacio máximo disponible.

- Clara superior = 10% del vano máx. = 0,16 [m]
- Clara inferior = 5% del vano máx. = 0,08 [m]

#### 4.1.3 Decisión de relación de aspecto geométrica (R.A):

Este valor relaciona los valores medios de la envergadura y cuerda del timón y su objetivo se centra en distribuir óptimamente el área de pala de este. Sus principales valores suelen fluctuar entre rangos de 1,6 a 2,2.

Como estimación de primera aproximación se considerará una media de 1,9.

$$R.A = \bar{E}/\bar{C} = 1,9 \quad (\bar{E} = \text{envergadura media}; \bar{C} = \text{cuerda media})$$

#### 4.1.4 Decisión sobre el ángulo de caída de la pala (sweep angle):

Se decidió utilizar un ángulo de caída de  $0^\circ$  como principio inicial de diseño, por lo tanto, la cuerda superior del perfil hidrodinámico del timón también estará en  $0^\circ$ .

#### 4.1.5 Decisión sobre envergaduras principales (media, de ataque y de salida):

Envergadura media ( $\bar{E}$ ): Su valor se obtiene en función del vano máximo disponible para el timón, considerando las claras, ya calculadas.

$$\bar{E} = 85\% * 1,577 = 1,34 \text{ [metros]}$$

Envergadura de ataque ( $E_{ataque}$ ): Su valor se encuentra ligado a la relación de estrechamiento de las cuerdas principales del timón (ver apartado 4.1.6).

$$E_{ataque} = \frac{\bar{E}}{\cos(\theta)} = 1,35 \text{ [metros]}$$

Donde,  $\theta$  representa el ángulo entre la envergadura media y la envergadura de ataque, el cual tiene un valor de aproximadamente  $6^\circ$ .

Envergadura de salida ( $E_{salida}$ ): Debido a que el ángulo de caída establecido es de  $0^\circ$ , la envergadura de salida tendrá el mismo valor que la envergadura media.

$$E_{salida} = \bar{E} = 1,34 \text{ [metros]}$$

#### 4.1.6 Decisión sobre la relación de estrechamiento a utilizar (taper ratio):

La relación de estrechamiento (R.E) entre las cuerdas principales del timón (superior e inferior), suele fluctuar generalmente entre los valores de 0,7 a 1,0. Como principio de primera aproximación se utilizará la media del rango típico.

$$R.E = \frac{C_{inferior}}{C_{superior}} = 0,85$$

**4.1.7 Cuerdas (media, superior e inferior):**

Cuerda media ( $\bar{C}$ ): Ya determinadas el valor de el área proyectada lateral del timón y la envergadura media que este tendrá, se puede obtener la cuerda media:

$$\bar{C} = A_T / \bar{E} = 1,63 \text{ [metros]}$$

Cuerda superior ( $C_{superior}$ ): La cuerda superior se puede obtener mezclando dos relaciones de trabajo, estas son:

$$\bar{C} = \frac{C_{superior} + C_{inferior}}{2} \quad \wedge \quad R.E = \frac{C_{inferior}}{C_{superior}}$$

De ello, se puede obtener la siguiente relación, que entrega el valor de la cuerda superior:

$$C_{superior} = \frac{2 * \bar{C}}{1 + R.E} = 1,76 \text{ [metros]}$$

Cuerda inferior ( $C_{inferior}$ ): Se calcula utilizando la R.E ya obtenida:

$$C_{inferior} = R.E * C_{superior} = 1,50 \text{ [metros]}$$

En la figura 3, se presenta una imagen representativa de las principales distancias calculadas para timones (envergaduras y cuerdas):

Se observa que el timón de la figura 3, tiene un ángulo de caída de  $0^\circ$ , tal cual se proyectó para el diseño de timón en estudio.

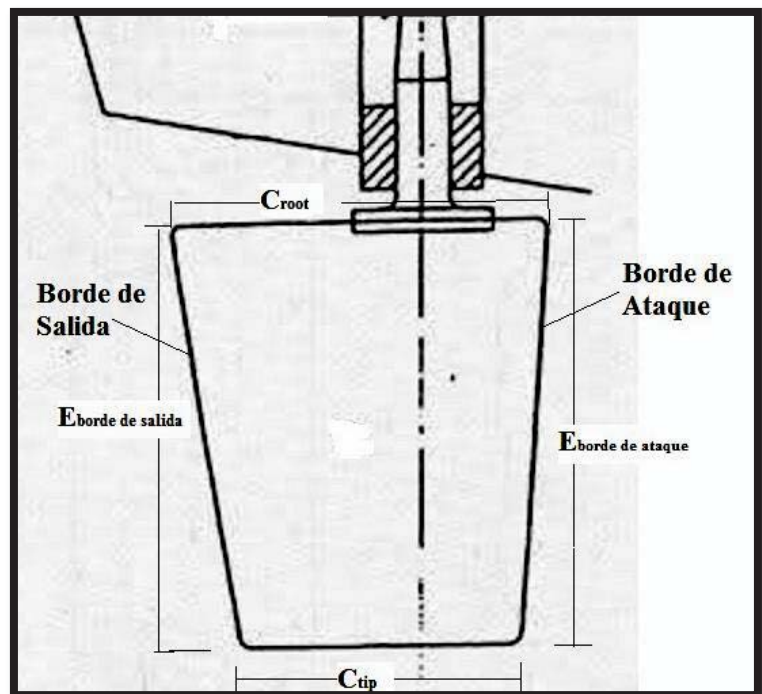


Fig.3: Imagen representativa de envergaduras y cuerdas principales de la pala del timón

**4.1.8 Decisión sobre el perfil hidrodinámico que se utilizará:**

Se utilizarán perfiles NACA de 4 dígitos simétricos.

Dentro de los perfiles más utilizados para timones de buques se encuentran los NACA 0015, ello se debe a que estos presentan mayor eficiencia ( $Lift/Drag$ ) en velocidades bajas, como lo son las barcasas.

Sus características de diseño son las siguientes:

- Porcentaje de curvatura = 0%  
(Perfil simétrico)
- Relación  $t/C = 0,15$   
(El espesor máximo del perfil es un 15% de la cuerda)
- Relación  $X/C = 0,3$   
(La posición del espesor máximo se encuentra a un 30% de la cuerda, desde el borde de ataque del perfil)

**4.1.9 Relación de balance (R.B):**

La R.B relaciona el área de pala por delante del eje de accionamiento del timón ( $A_F$ ) y el área total de pala de este ( $A_T$ ), es decir, nos muestra la compensación que tendrá el timón. Para ello, se define la siguiente relación:

$$R.B = A_F / A_T$$

El Principles of Naval Architecture (P.N.A – 89) recomienda los siguientes valores en función del coeficiente de block:

| <b>Cb</b>  | <b>0,5</b>         | <b>0,6</b>         | <b>0,7</b>         |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>R.B</b> | <b>0,24 a 0,25</b> | <b>0,25 a 0,26</b> | <b>0,26 a 0,27</b> |

Interpolando para el  $C_b$  de nuestro proyecto = 0,606 se tiene que:

| Interpolador para R.B |       |         |       |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| $C_{b1}$              | 0,6   | $R.B_1$ | 0,255 |
| $C_{bx}$              | 0,606 | $R.B_x$ | 0,256 |
| $C_{b2}$              | 0,7   | $R.B_2$ | 0,265 |

Fig.4: Interpolador para R.B en función del  $C_b$



Por lo tanto, se propone una relación de balance de aproximadamente 0,26. En base a ello se tiene que:

| Relación de balance propuesta              |      |                   |
|--------------------------------------------|------|-------------------|
| Área total de la pala [ $A_T$ ]            | 2,18 | [m <sup>2</sup> ] |
| Área de pala por delante del eje [ $A_F$ ] | 0,56 | [m <sup>2</sup> ] |
| Relación de balance [R.B]                  | 0,26 |                   |

#### 4.1.10 Ubicación del eje del timón:

Ya obtenida el área de pala por delante del eje de accionamiento se puede determinar la ubicación de la mecha del timón.

Esta distancia ( $d$ ) se calculó desde el borde de ataque del perfil en la cuerda media, su valor es el siguiente:

$$d = \frac{A_F}{E} = 0,42 \text{ [metros]}$$

Por lo tanto, la ubicación del eje del timón estará a 0,42 [m] desde el borde de ataque en la cuerda media del perfil.

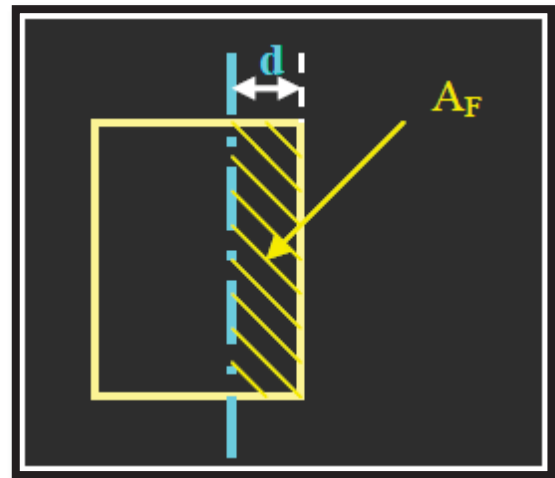


Fig.5: Imagen representativa para la ubicación del eje de accionamiento del timón.

#### 4.1.11 Separación con la hélice:

Se recomienda una separación ( $d_p$ ) de aproximadamente el 10% del diámetro del propulsor.

$$d_p \approx 0,1 * D_h = 0,14 \text{ [m]}$$

Donde el diámetro de la hélice corresponde a 1,4 [metros].

#### 4.1.12 Relación de aspecto efectiva (R.A<sub>E</sub>):

A diferencia de la relación de aspecto geométrica (R.A) la R.A<sub>E</sub> toma en cuenta las pérdidas por velocidades inducidas de los extremos del timón. [Donde  $a$  = vano superior del timón / cuerda media].

$$R.A_E = R.A * K, \text{ con } K \equiv 1,76 - 3 * a$$

$$R.A_E = 2,79$$

**4.1.13 Resumen de parámetros básicos en el diseño del timón:**

A continuación se presenta una tabla resumen con todos los valores de diseño calculados para los timones del proyecto:

| <b>RESUMEN DISEÑO BÁSICO</b>                                   |           |                   |
|----------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| Decisión de área de pala ( $A_T$ )                             | 2,18      | [m <sup>2</sup> ] |
| Decisión sobre claras - Superior en el vano de timón           | 0,16      | [m]               |
| Decisión sobre claras - Inferior en el vano de timón           | 0,08      | [m]               |
| Decisión de relación de aspecto geométrica (R.A)               | 1,90      |                   |
| Decisión sobre ángulo de caída de la pala (sweep angle)        | 0,0       | [grados]          |
| Decisión sobre envergaduras (envergadura media)                | 1,34      | [m]               |
| Decisión sobre envergaduras (envergadura de ataque)            | 1,3       | [m]               |
| Decisión sobre envergaduras (envergadura de salida)            | 1,3       | [m]               |
| Decisión sobre relación de estrechamiento a usar (taper ratio) | 0,85      |                   |
| Cuerda media                                                   | 1,63      | [m]               |
| Cuerda superior                                                | 1,76      | [m]               |
| Cuerda inferior                                                | 1,50      | [m]               |
| Decisión sobre el perfil hidrodinámico que usará               | NACA 0015 |                   |
| Relación de balance propuesta (R.B)                            | 0,26      |                   |
| Ubicación del eje del timón desde cuerda media en B.A          | 0,42      | [m]               |
| Separación con la hélice ( $d_p$ )                             | 0,14      | [m]               |
| Relación de aspecto efectiva (R.A <sub>E</sub> )               | 2,79      |                   |

Tabla 1: Tabla resumen de diseño básico del timón

**4.2 CÁLCULOS**

En este apartado se realizarán cálculos estimativos mediante métodos teórico-empíricos de la velocidad de entrada del flujo al timón y del ángulo de stall real.

**4.2.1 Estimación de velocidad de entrada del flujo al timón:**

Esta velocidad se obtendrá a partir de la media de dos métodos teórico-empíricos planteados por distintos autores, según Taplin y según Shiba (P.N.A – 89 SNAME).

**4.2.1.1 Estimación de velocidad de entrada del flujo al timón ( $V_r$ ) según Shiba (P.N.A – 89 SNAME):**

Corresponde a un método gráfico para timones ubicados detrás de la hélice. Para poder utilizar se necesitan conocer y calcular distintas variables de trabajo, estas se presentan a continuación.

Datos de entrada:

- P = paso de la hélice (1,12 metros)
- $D_h$  = diámetro de la hélice (1,40 metros)
- n = revoluciones de la hélice (7,0 rps)
- V = velocidad del buque (5,144 m/s)
- E = envergadura media del timón (1,34 metros)

Cálculos de entrada:

- f = fracción de área de timón localizada en la hélice, determinada por:

$$f = D_h / E = 1,04$$

- $S_A$  = coeficiente de resbalamiento aparente del propulsor, determinado por:

$$S_A = \frac{P * n - V}{P * n} = 0,34$$

- $E < 1,05 * D_h$  ( $1,34 < 1,47$ )

Las rectas de trabajo se presentan en el gráfico ilustrado en la figura 6, a continuación:

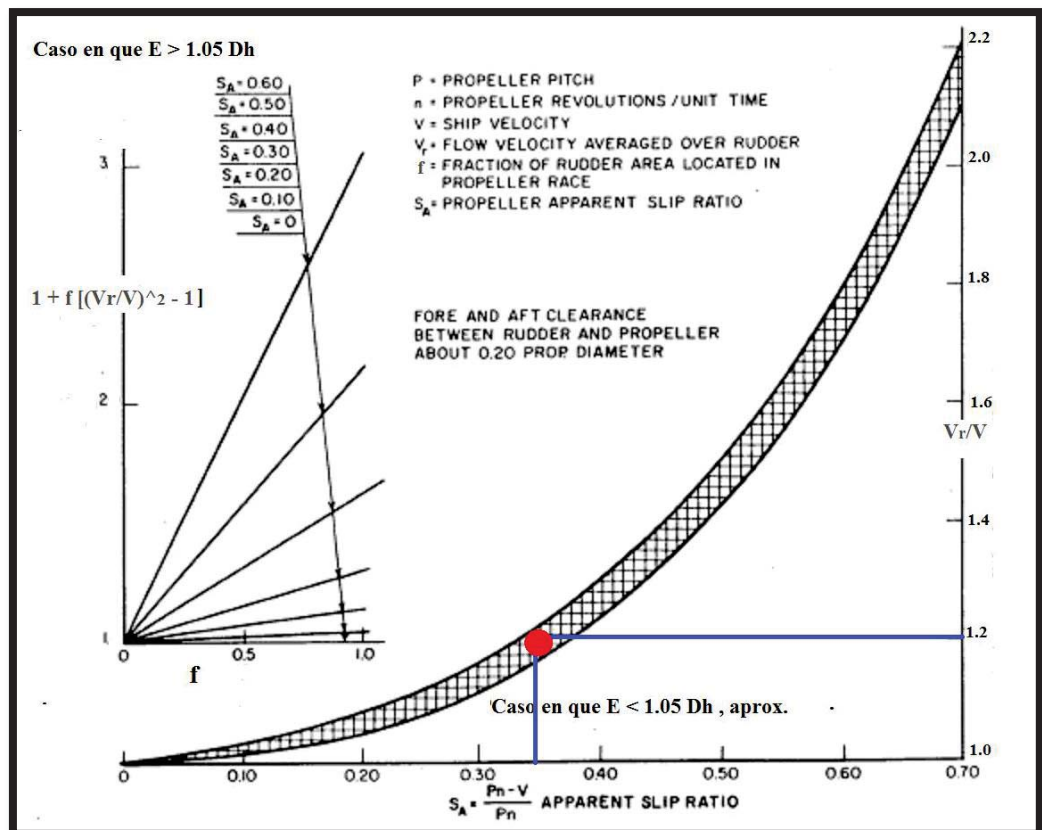


Fig.6: Determinación de la velocidad de entrada del flujo al timón, según Shiba (P.N.A.- 89)

De la figura 6, se obtiene que:

$$V_r/V = 1,2$$

Por lo tanto, se tiene que la velocidad de entrada al timón es de aproximadamente:

$$V_r = 1,2 * V = 6,17 [m/s] = 12 [nudos]$$

4.2.1.2 Estimación de velocidad de entrada del flujo al timón detrás de la hélice ( $V_T$ ) según Taplin:

Taplin propone la siguiente expresión de trabajo:

$$V_T = K * (1 + S_a) * V_e$$

Para ello, se necesita de los siguientes datos:

- $K$  = Coeficiente que toma en cuenta la carga de empuje de la hélice

Su valor se encuentra en función de la carga de empuje que tendrá la hélice (alta o baja), la cual se determina a continuación:

$$B_p = N * \frac{\sqrt{DHP}}{V_A^{2,5}} = 58,6$$

Donde:

$N$  = rpm del propulsor = 443 [rev/min]

(Con caja de reducción 5:1)

$DHP$  = potencia entrega del motor =  $BHP * \eta_m$  \* punto de diseño = 611 [hp]

(Con  $\eta_m = 0,95$  y punto de diseño del 90% de absorción de potencia por parte del propulsor)

$V_A$  = velocidad de avance =  $V_b * (1-w) = 8,1$  [kn]

(Con coeficiente de estela del buque =  $w = 0,19$  determinado en cuadernillo 06)

Propulsores con  $B_p > 40$  nos indica que la hélice estará sometida a una alta carga de empuje, por lo tanto, se recomienda un valor de  $K \approx 1,2$  (*Elementos de Maniobrabilidad y Timones, ICNA228*)

- $S_a$  = Coeficiente de resbalamiento de la hélice (determinado en el apartado 4.2.1.1):

$$S_a = \frac{P * n - V}{P * n} = 0,34$$

- $V_e$  = Velocidad de entrada al timón (que no considera  $K$  y  $S_a$ ):

$$V_e = V_b * (1 - w_T) = 8,8 [kn]$$

Donde:

$V_b$  = velocidad de la nave = 10 [kn]

(Velocidad máxima en aguas tranquilas)

$w_T$  = coeficiente de estela del timón

(Se determinará de acuerdo a la formulación de Barnaby, para buques con 2 hélices)

$$w_T = 0,6 * C_b - 0,24 = 0,12$$

Ya obtenidos todos los valores de entrada se procede a calcular la velocidad de entrada del flujo al timón, considerando el resbalamiento de la hélice y su alta carga de empuje.

$$V_T = K * (1 + S_a) * V_e = 7,26 [m/s] = 14,1 [kn]$$

Finalmente, se obtiene una media entre ambos autores, con un valor final de:

| Promedio [ $V_T$ ] según Shiba - Taplin                |      |       |
|--------------------------------------------------------|------|-------|
| Vel. de entrada al timón detrás de la hélice [ $V_T$ ] | 13,1 | [kn]  |
| Vel. de entrada al timón detrás de la hélice [ $V_T$ ] | 6,72 | [m/s] |

Tabla 2: Tabla promedio de la velocidad de entrada del flujo al timón

#### 4.2.2 Estimación del ángulo de stall real:

El fenómeno de stall en el timón lleva a la separación del flujo cuando el ángulo de ataque ya es muy grande, provocando vórtices y una pérdida brusca de sustentación. Este fenómeno ocurre en el llamado ángulo crítico o ángulo de stall del timón.

Para determinar el ángulo crítico real, se obtendrá una media entre dos autores, según Baquero y según Balau, con el fin de abarcar más de una posibilidad de cálculo.

##### 4.2.2.1 Estimación del ángulo de stall real según Baquero (Spain):

Baquero propone la siguiente formulación:

$$\delta_{stall\ te\acute{o}rico} = 7,1 * \left(1 + 7 * \frac{t}{C}\right) * \left(1 + \frac{1,25}{R.A}\right) * \left\{1 + 0,048 * \frac{E}{D_h} * \left[\ln\left(1 + 8 * \frac{K_T}{\pi * J^2}\right)\right]^{0,5}\right\}$$

Para ello, se tiene que:

- $t/C$  = Relación de espesor del perfil = 0,15  
(Perfil de serie NACA 0015)
- $R.A$  = Relación de aspecto geométrica = 1,90  
(Obtenida en apartado 4.1.3)
- $E$  = Envergadura media del timón = 1,34 [metros]
- $D_h$  = Diámetro del propulsor = 1,40 [metros]
- $J$  = Grado de avance de la hélice:  
( $V_A$  = velocidad de avance = 4,12 m/s, determinada en apartado 4.2.1.2)  
( $n$  = rps del propulsor = 7,0 rps)

$$J = \frac{V_A}{n * D_h} = 0,42$$

- $K_T$  = Coeficiente de empuje del propulsor:  
( $T$  = empuje de la hélice = 4569 kgf)  
( $n$  = rps del propulsor = 7,0 rps)  
( $\rho$  = densidad del agua salada = 104,6 kgf\*s<sup>2</sup>\*m<sup>-4</sup>)  
( $D_h$  = diámetro de hélice = 1,4 m)

$$K_T = \frac{T}{\rho * n^2 * D_h^4} = 0,23$$

Por lo tanto, se tiene que el ángulo de stall sería de aproximadamente:

$$\delta_{stall \text{ teórico}} \approx 25^\circ$$

Sin embargo, este valor no corresponde al ángulo de stall real, ya que se calculó para un flujo uniforme (distinto a la realidad), además tal valor se debe corregir debido a que cuando el buque gira lo hace con un ángulo de drift  $\beta$ , por lo tanto, los valores del ángulo de stall real tienden a ser mayores al valor teórico calculado para flujo uniforme.

Una estimación del ángulo de drift ( $\beta_{drift}$ ) se presenta a continuación:

$$\beta_{drift} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$$

$$\beta_1 = 22,5 * \frac{L_{pp}}{D_g} + 1,45 \quad \wedge \quad \beta_2 = 18 * \frac{L_{pp}}{D_g}$$

Donde:

- $L_{pp} = 35,63 \text{ [m]}$   
(Eslora entre perpendiculares)
- $D_g = 118 \text{ [m]}$   
(Diámetro de giro estimado según Shiba, de acuerdo al apartado 5.1.1.2)

Por lo tanto, el ángulo de drift es de aproximadamente:

$$\beta_{drift} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} = 6,82^\circ$$

Resultando un valor de ángulo de stall real de:

$$\delta_{stall \text{ real}} = \delta_{stall \text{ teórico}} + x\beta_{drift} \quad (x \approx 0,6 \text{ a } 0,7)$$

$$\delta_{stall \text{ real}} = 29,4^\circ$$

#### 4.2.2.2 Estimación del ángulo de stall real según Balau:

Para propulsores de rotación levógira (izquierda), Balau propone las siguientes expresiones:

- Timón a estribor, entonces:  $\delta_{stall \text{ real}} \approx 37 - 4,0 * (R.A)$
- Timón a babor, entonces:  $\delta_{stall \text{ real}} \approx 46 - 5,2 * (R.A)$

De acuerdo a la relación de aspecto geométrica decidida (R.A) de 1,90, se tiene que:

- Timón a estribor, entonces:  $\delta_{stall \text{ real}} \approx 29,4^\circ$
- Timón a babor, entonces:  $\delta_{stall \text{ real}} \approx 36,12^\circ$

Obteniendo un valor medio según Balau de aproximadamente:

$$\delta_{stall \text{ real}} \approx 32,7^\circ$$

Una vez realizados ambos cálculos se obtiene un valor medio entre ambos autores Baquero – Balau, de aproximadamente:

$$\delta_{stall \text{ real}} \approx 31^\circ$$

Buenos diseños de timones presentan separación de flujo sobre los  $30^\circ$  del ángulo de timón hacia cualquiera de las bandas, por lo tanto, nos encontramos dentro del margen óptimo de funcionamiento.



## 4.3 MATRIZ DE CÁLCULO DE FUERZAS & MOMENTOS

En este apartado se calcularán las fuerzas de lift, drag, resultante y normal, y también los momentos de torsión estático y total, como el momento máximo de flexión para distintos ángulos de timón (10°, 20° y 30°) hasta llegar al ángulo de stall real determinado.

### 4.3.1 Coeficientes de Lift ( $C_L$ ) y Drag ( $C_D$ ) según Thieme (Practical ship hydrodynamic, Volker Bertram, 2002):

Ambos coeficientes se determinan según las siguientes expresiones:

$$C_L = 2\pi * [R.A * (R.A + 0,7) * (R.A + 1,7)^{-2}] * \text{sen}(\alpha) + \text{sen}^2(\alpha) * \cos(\alpha)$$

$$C_D = C_L^2 * (\pi * R.A)^{-1} + \text{sen}^3(\alpha) + (2,5 * C_F)$$

Donde:

$$C_F = \frac{0,075}{[\log(Rn_T) - 2]^2} = 3,04 * 10^{-3} \text{ Coeficiente de fricción de la plancha lisa del timón}$$

$$Rn_T = \frac{V_R * C}{\nu} = 9,2 * 10^6 \text{ Número de Reynolds del timón}$$

$$V_R = 6,72 \left[ \frac{m}{s} \right] \text{ Velocidad de entrada del flujo al timón, calculada anteriormente}$$

$$R.A = 1,9 \text{ Relación de aspecto geométrica, calculada anteriormente}$$

$$C = 1,63 [m] \text{ Cuerda media del perfil, obtenida anteriormente}$$

$$\nu = 1,19 * 10^{-6} \left[ \frac{m^2}{s} \right] \text{ Viscosidad cinemática del agua salada a 15°C}$$

Por lo tanto, para los distintos ángulos de timón los coeficientes de lift y drag estimados según Thieme, son los siguientes:

| Ángulo de Timón     | [grados] | 10   | 20   | 30   | $\delta_{\text{STALL}} = 31$ |
|---------------------|----------|------|------|------|------------------------------|
| Coef. de Lift $C_L$ | -        | 0,45 | 0,93 | 1,41 | 1,46                         |
| Coef. de Drag $C_D$ | -        | 0,05 | 0,19 | 0,47 | 0,50                         |

Tabla 3: Coeficientes de lift y drag para distintos ángulos de timón

#### 4.3.2 Cálculo de fuerzas de lift ( $F_L$ ), drag ( $F_D$ ), resultante ( $F_R$ ) y normal ( $F_N$ ) para distintos ángulos del timón:

La representación de cada una de estas fuerzas actuando en el centro de presión de los perfiles componentes del timón se ilustran en la figura 7, a continuación:

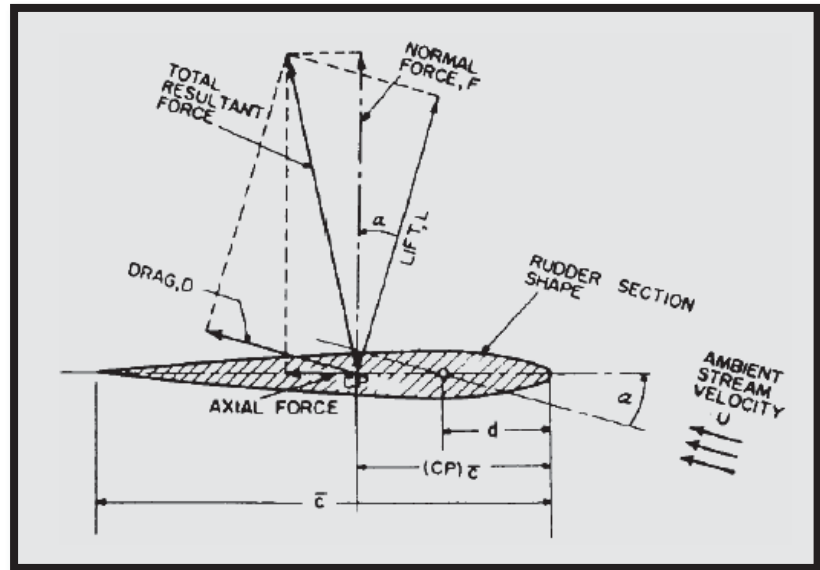


Fig.7: Representación de las componentes de fuerzas actuando sobre un perfil

A partir de los coeficientes de sustentación (lift) y arrastre (drag), se pueden estimar fácilmente cada una de estas fuerzas para los distintos ángulos de timón.

La formulación que entrega cada uno de sus valores se presenta a continuación:

$$F_L = \frac{1}{2} * \rho * A_T * V_R^2 * C_L \text{ (Fuerza perpendicular al flujo incidente)}$$

$$F_D = \frac{1}{2} * \rho * A_T * V_R^2 * C_D \text{ (Fuerza paralela al flujo incidente)}$$

$$F_R = [F_L^2 + F_D^2]^{0.5} \text{ (Fuerza resultante sobre el perfil)}$$

$$F_N = F_L * \cos(\alpha) + F_D * \sin(\alpha) \text{ (Fuerza normal a la línea media del perfil)}$$

Conocidos todos los valores dependientes de cada fuerza actuante sobre el perfil, se obtienen sus respectivos valores para cada ángulo de timón:

| Ángulo de Timón       | [grados] | 10   | 20   | 30   | $\delta_{\text{STALL}} = 31$ |
|-----------------------|----------|------|------|------|------------------------------|
| Fza. Lift $F_L$       | kgf      | 2294 | 4783 | 7279 | 7520                         |
| Fza. Drag $F_D$       | kgf      | 237  | 989  | 2407 | 2583                         |
| Fza. Resultante $F_R$ | kgf      | 2306 | 4884 | 7667 | 7952                         |
| Fza. Normal $F_N$     | kgf      | 2300 | 4833 | 7507 | 7777                         |

Tabla 4: Fuerzas actuando sobre los perfiles para distintos ángulos de timón

#### 4.3.3 Centro de presión de la pala ( $C_p$ ) según Harrington, para distintos ángulos de timón:

El centro de presión corresponde al punto donde se asume se aplica la fuerza generada por el timón. A continuación se obtendrá de manera gráfica la coordenada horizontal del centro de presión medida desde el borde de ataque, según Harrington, 1981 para timones con ángulos de caída de  $0^\circ$ .

La coordenada de entrada corresponde a la relación de aspecto efectiva ( $R.A_E$ ) calculada en el ítem 4.1.12. La intersección de la  $R.A_E$  con cada ángulo de timón determina la coordenada horizontal del  $C_p$ , tal como se presenta en la figura 8, a continuación:

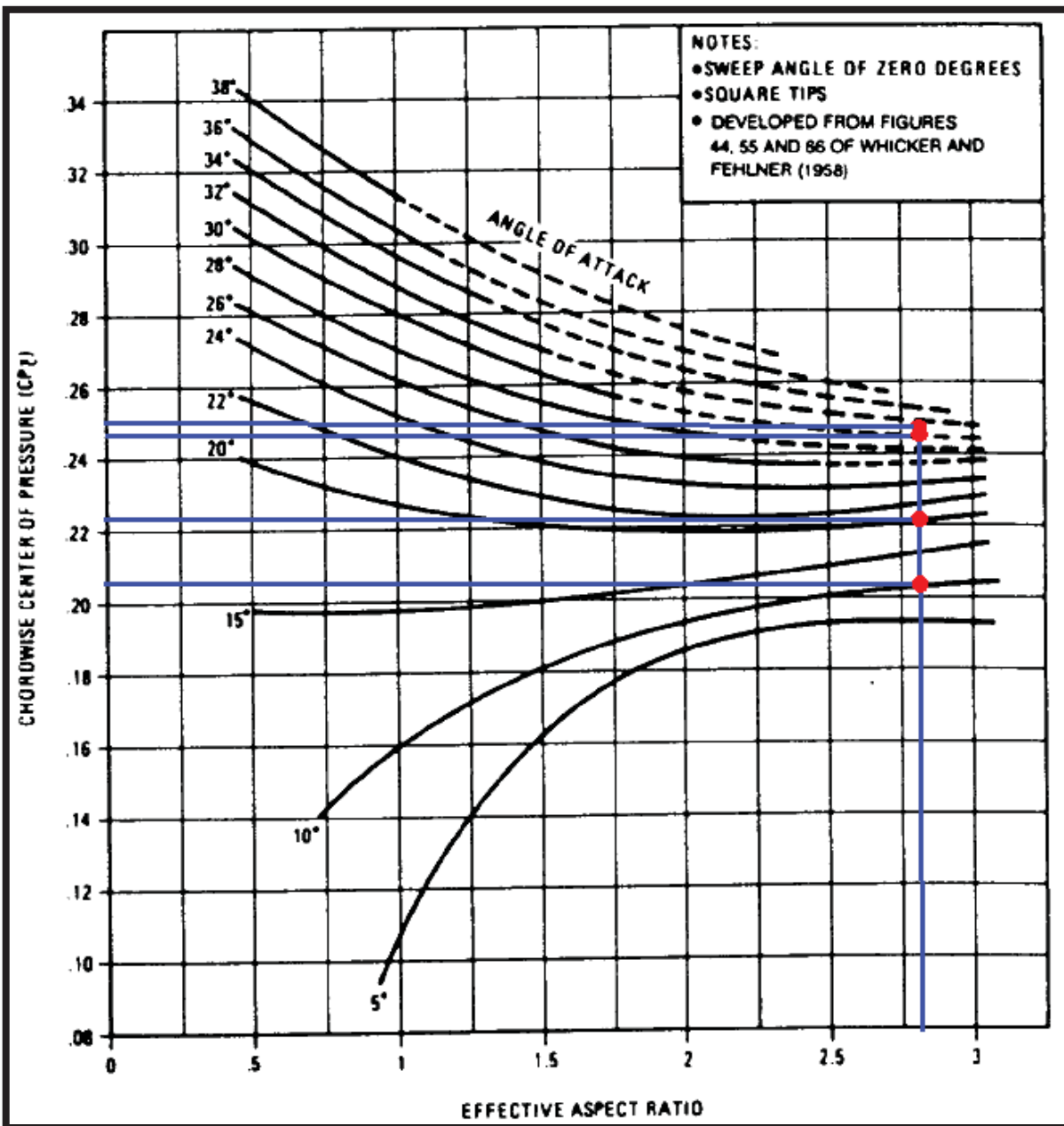


Fig.8:  $C_p$  en función de la  $R.A_E$  y el ángulo de timón, según Harrington

De la figura 8, se obtienen los siguientes resultados:

| Ángulo de Timón          | [grados] | 10    | 20    | 30    | $\delta_{STALL} = 31$ |
|--------------------------|----------|-------|-------|-------|-----------------------|
| Centro de Presión $CP_C$ | mts      | 0,205 | 0,223 | 0,245 | 0,250                 |

Tabla 5: Coordenadas horizontales del  $C_p$  para distintos ángulos de timón

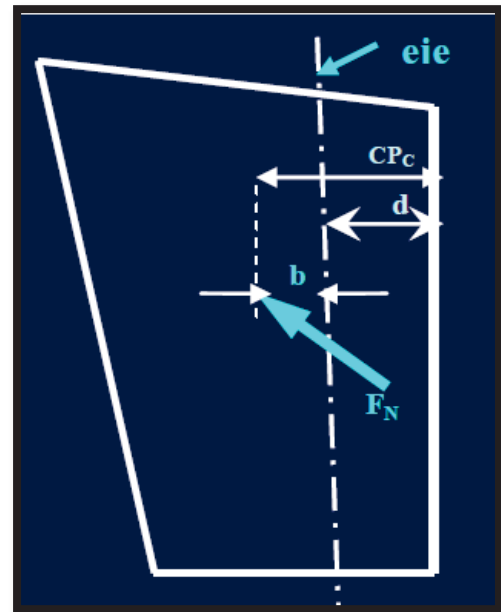
#### 4.3.4 Momento de torsión estático ( $M_0$ ), para distintos ángulos de timón:

El momento de torsión máximo determinará el dimensionamiento del eje de accionamiento del timón, ello debido a que se buscará un eje que resista estructuralmente tal esfuerzo.

Su valor, corresponde al producto de la fuerza normal ( $F_N$ ) por el brazo ( $b$ ) medido desde la ubicación del eje a la coordenada horizontal del centro de presión,

$$M_0 = F_N * b$$

Fig.9: Imagen representativa para la obtención del momento de torsión máximo



Para cada ángulo de timón, los resultados son los siguientes:

| Ángulo de Timón             | [grados] | 10  | 20  | 30   | $\delta_{STALL} = 31$ |
|-----------------------------|----------|-----|-----|------|-----------------------|
| Mom. Torsión estático $M_0$ | kgf m    | 485 | 932 | 1283 | 1290                  |

Tabla 6: Momento de torsión estático para cada ángulo de timón

#### 4.3.5 Momento de torsión total ( $M_T$ ), para distintos ángulos de timón:

El momento de torsión total considera el efecto de los roces producidos por los descansos y el roce producido en el soporte del carriel (soporte superior del eje de accionamiento). Como primera aproximación se suele considerar un factor de servicio  $K$  al momento de torsión estático.

$$M_T = K * M_0.$$

En el caso de la barcaza en proyecto, destinada a operar en aguas interiores o tranquilas, se considera un factor de servicio entre 1,2 a 1,3.

| Ángulo de Timón          | [grados] | 10  | 20   | 30   | $\delta_{STALL} = 31$ |
|--------------------------|----------|-----|------|------|-----------------------|
| Mom. Torsión total $M_T$ | kgf m    | 606 | 1165 | 1604 | 1613                  |

Tabla 7: Momento de torsión total para cada ángulo de timón

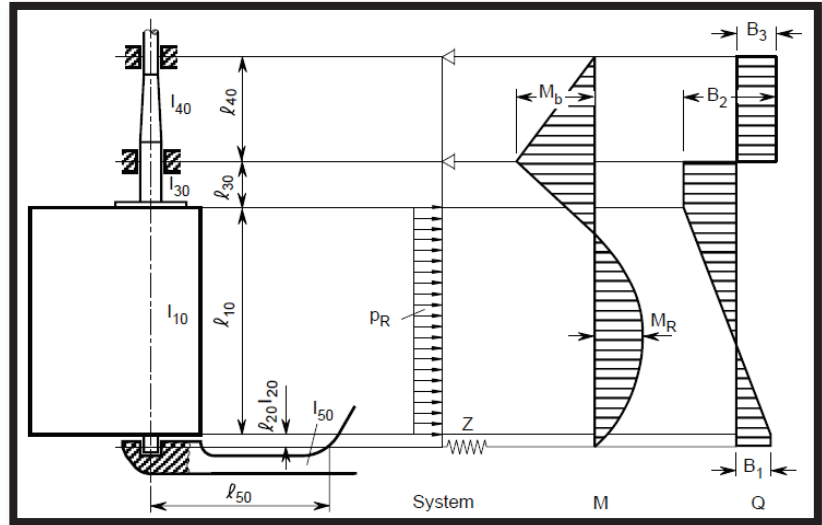
#### 4.3.6 Momento de flexión máximo ( $M_{F\text{máx}}$ ), para distintos ángulos de timón:

Como estimación de primera aproximación, la reglamentación de la IACS para timones apoyados en tintero, el momento flector máximo se puede determinar de la siguiente manera:

$$M_{F\text{máx}} = q * E^2 / 8$$

$$q = F_N / E$$

Fig.10: Distribución de momentos flectores y fuerzas de corte en timones apoyados en tintero



Por lo tanto, para cada ángulo de timón se tienen los siguientes resultados:

| Ángulo de Timón                       | [grados] | 10   | 20   | 30   | $\delta_{\text{STALL}} = 31$ |
|---------------------------------------|----------|------|------|------|------------------------------|
| Carga unif. distribuida $q$           | kgf      | 1720 | 3644 | 5720 | 5932                         |
| Mom máx. de Flexión $M_{F\text{máx}}$ | kgf m    | 386  | 818  | 1285 | 1332                         |

Tabla 8: Momentos flectores máximos para cada ángulo de timón

#### 4.3.7 Resumen de fuerzas y momentos que varían en cada ángulo de timón:

| MATRIZ DE CÁLCULO DE FUERZAS & MOMENTOS |          |       |       |       |                              |
|-----------------------------------------|----------|-------|-------|-------|------------------------------|
| Ángulo de Timón                         | [grados] | 10    | 20    | 30    | $\delta_{\text{STALL}} = 31$ |
| Coef. de Lift $C_L$                     | -        | 0,45  | 0,93  | 1,41  | 1,46                         |
| Coef. de Drag $C_D$                     | -        | 0,05  | 0,19  | 0,47  | 0,50                         |
| Fza. Lift $F_L$                         | kgf      | 2294  | 4783  | 7279  | 7520                         |
| Fza. Drag $F_D$                         | kgf      | 237   | 989   | 2407  | 2583                         |
| Fza. Resultante $F_R$                   | kgf      | 2306  | 4884  | 7667  | 7952                         |
| Fza. Normal $F_N$                       | kgf      | 2300  | 4833  | 7507  | 7777                         |
| Centro de Presión $CP_C$                | mts      | 0,205 | 0,223 | 0,245 | 0,250                        |
| Mom. Torsión estático $M_o$             | kgf m    | 485   | 932   | 1283  | 1290                         |
| Mom. Torsión total $M_T$                | kgf m    | 606   | 1165  | 1604  | 1613                         |
| Carga unif. distribuida $q$             | kgf      | 1720  | 3644  | 5720  | 5932                         |
| Mom máx. de Flexión $M_{F\text{máx}}$   | kgf m    | 386   | 818   | 1285  | 1332                         |

Tabla 9: Valores estimados de fuerza y momento para cada ángulo de timón

## 4.4 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

A continuación se realizará un dimensionamiento estructural de primera aproximación para los timones de la nave. Estos timones serán calculados para un ángulo máximo de timón de 35° a cada banda.

### 4.4.1 Diámetro del eje (mecha del timón):

Para determinar el diámetro de la mecha del timón se utilizarán formulaciones empíricas para ejes macizos, si solo si, estos son apoyados en tintero. Generalmente la mecha del timón presenta distintos diámetros en su conexión al casco, es decir, distintos valores para la zona en el descanso carrier-tiller y para la zona del descanso de entrada al casco (neck bearing), lugar donde se producen los mayores esfuerzos de flexión y corte.

#### 4.4.1.1 Diámetro para zona del tiller:

El diámetro mínimo en el descanso carrier-tiller ( $d_{eje_1}$ ) se encuentra a través de la siguiente formulación:

$$d_{eje_1} \geq k * \sqrt[3]{b * A_T * V_b^2}$$

Donde:

- $V_b$  = Velocidad del buque = 10 [kn]  
(La fórmula presentada anteriormente es para embarcaciones con velocidades > 11 nudos, sin embargo, éstas pueden ser utilizadas en un rango próximo al 10% de este)
- $A_T$  = Área del timón = 2,18 [m<sup>2</sup>]  
(Decidida en el apartado 4.1.1)
- $b$  = Distancia del eje al centro de gravedad del timón = 0,163 [m]  
(Esta distancia se determina como la diferencia entre el centro de presión horizontal de la pala, cuando se trabaja con un ángulo de 35° y la ubicación de la mecha del timón)
- $k$  = Constante = 22,07  
(Su valor se puede determinar como función de la velocidad del buque cuando esta se encuentra entre 11 y 17 nudos, o cuando es mayor a 17 nudos)

Debido a que nuestra embarcación tendrá una velocidad máxima de 10 [kn], se puede extrapolar entre tales valores:

| Extrapolador para k |    |       |       |
|---------------------|----|-------|-------|
| $V_{b_x}$           | 10 | $k_x$ | 22,07 |
| $V_{b_1}$           | 11 | $k_1$ | 21,66 |
| $V_{b_2}$           | 17 | $k_2$ | 19,2  |

Tabla 10: Extrapolador para la constante k

De acuerdo a los valores determinados, se tiene que el diámetro en el descanso carrier-tiller deberá ser mayor o igual a:

$$d_{eje_1} \geq 72,6 [mm]$$

#### 4.4.1.2 Diámetro para zona del neck bearing:

El diámetro mínimo ( $d_{eje_2}$ ) en el descanso de entrada al casco (neck bearing) se puede determinar con la siguiente formulación:

$$d_{eje_2} \geq k * \sqrt[3]{R * A_T * V_b^2}$$

Donde los valores componentes de la fórmula son iguales a los descritos en el punto 4.4.1.1, a diferencia de “R”, el cual se determina a continuación:

$$R = 0,25 * (a + \sqrt{a^2 + 16 * b^2})$$

Donde:

- a = Distancia del descanso superior al centro de gravedad del timón = 0,83 [m]  
(Esta distancia se obtuvo sumando la distancia superior disponible en el vano del timón con la mitad de la envergadura media de este, suponiendo que el centro de gravedad de la pala del timón se encuentra a la mitad de esta).
- b = Distancia horizontal del descanso inferior al centro de gravedad del timón = 0,163 [m]  
(Igual al valor de “b” determinado en 4.4.1.1, debido a que el descanso inferior se encontrará en la misma línea de eje del timón).

Es así que:

$$R = 0,47$$

De acuerdo a los valores determinados, se tiene que el diámetro en el descanso de entrada al casco (neck bearing) deberá ser mayor o igual a:

$$d_{eje_2} \geq 103 [mm]$$

Por lo tanto, se puede apreciar claramente que el diámetro para la zona del neck bearing es mayor al valor obtenido para la zona del tiller, ello debido a los grandes esfuerzos a los que se encuentra realizados cada vez que se varía el ángulo del timón.



**4.4.2 Cálculo de espesor del forro de la pala y de los refuerzos:**

Estos pueden ser determinados mediante 2 métodos:

**4.4.2.1 Tabla de relaciones de espesores – diámetro del eje:**

| Diám. Eje (mm) | Espesor planchas (mm) |             |
|----------------|-----------------------|-------------|
|                | Para plancha plana    | Para hidro. |
| 33 a 50        | 10                    | -           |
| 51 a 63,3      | 12                    | 8           |
| 64 a 75        | 15                    | 10          |
| 76 a 90        | 18                    | 10          |
| 91 a 100       | 22                    | 12          |

*Tabla 11: Tabla de relaciones para espesores del forro del timón*

Debido a que el mayor de los diámetros de la mecha del timón es un valor cercano a 100 [mm], se tiene que:

- El espesor del forro de la pala debería ser de aproximadamente 22 [mm]
- El espesor de los perfiles hidrodinámicos debería ser de aproximadamente 12 [mm]

**4.4.2.2 Formula teórica empírica para el espesor del forro de la pala (diámetros de eje sobre 100 mm):**

El espesor del forro de la pala se puede determinar con la siguiente expresión:

$$t \cong V * \sqrt{A_T} + 6,35$$

Donde “V” representa la velocidad del buque = 10 [kn] y “A<sub>T</sub>” el área del timón = 2,18 [m<sup>2</sup>], por lo tanto, se tiene que:

$$t \cong 21 [mm]$$

Por lo tanto, el espesor final recomendado será de 12 [mm] para los perfiles hidrodinámicos y 22 [mm] para el espesor del forro de la pala, considerando que los valores mostrados en la tabla 11 y los calculados en 4.4.2.2 son bastante cercanos.

**4.4.3 Separación entre refuerzos del timón:**

La separación entre refuerzos se puede determinar mediante 2 métodos:

**4.4.3.1 Tabla de relaciones de separación entre refuerzos – diámetro del eje:**

| Diám. Eje (mm) | Sep. de refuerzos (mm) |        |
|----------------|------------------------|--------|
|                | P. Plana               | Hidro. |
| 33 a 50        | 900                    | -      |
| 51 a 63,3      | 1000                   | 750    |
| 64 a 75        | 1050                   | 750    |
| 76 a 90        | 1150                   | 750    |
| 91 a 100       | 1250                   | 750    |

*Tabla 12: Tabla de relaciones para separación de refuerzos en el timón*

Al igual que en el caso 4.4.2 se considera rá el rango más alto, debido a que el mayor de los diámetros calculados es bastante cercano a 100 [mm].

En base a ello, la separación entre refuerzos sería de 750 [mm], considerando que estamos trabajando con perfiles hidrodinámicos NACA 0015.

**4.4.3.2 Formula teórica empírica para separación de refuerzos (diámetros de eje sobre 100 mm):**

La separación de refuerzos de la pala se puede determinar con la siguiente expresión:

$$S_d = 2,41 * V * \sqrt{A_T} + 585$$

Donde “V” representa la velocidad del buque = 10 [kn] y “A<sub>T</sub>” el área del timón = 2,18 [m<sup>2</sup>], por lo tanto, se tiene que:

$$S_d = 620 [mm]$$

Por lo tanto, se considera rá un va lor cercano a la media de ambos re sultados. La separación entre refuerzos será de 700 [mm].

**4.4.4 Diseño de forma de los principales perfiles hidrodinámicos (refuerzos horizontales):**

Todos los perfiles de la serie NACA de 4 dígitos simétricos tienen sus formas ya establecidas en base a una ecuación matemática que entrega como resultado las tablas de puntos de cada perfil. Esta ecuación depende de la relación de aspecto geométrica y de la posición del máximo espesor del perfil en relación a la cuerda media.

La ecuación que entrega los puntos de cad a perfil hidrodinámico, válida para  $x/C = 0,3$  (relación de posición máxima) y cualquier  $t/C$  (relación de espesor máximo), es la siguiente:

$$\pm y_t = \frac{t}{0.2} \left( 0.2969\sqrt{x} - 0.1260x - 0.3516x^2 + 0.2843x^3 - 0.1015x^4 \right)$$

Donde “t” representa el espesor máximo en metros, “x” corresponde a la ordenada de la cuerda en decimos de esta e “y” representa la ordenada vertical medida desde la línea media del perfil en metros.

Por lo tanto, las tablas de puntos y respectivas figuras de los principales refuerzos horizontales de la pala son las siguientes:

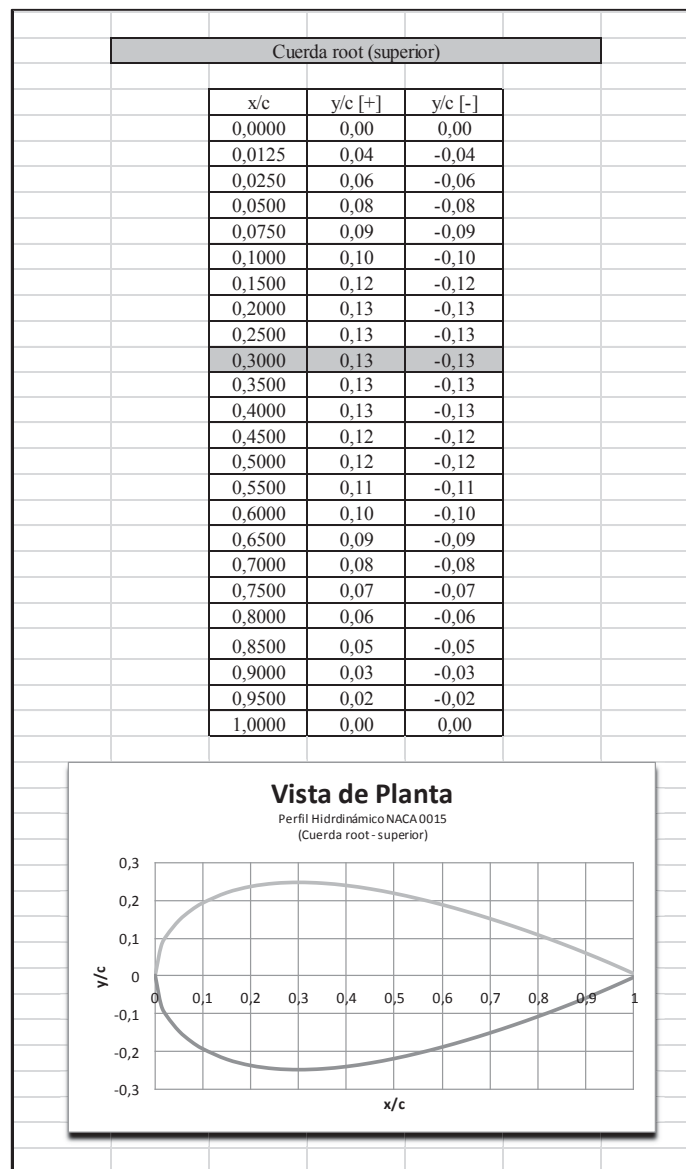


Fig.11: Tabla de puntos para el perfil superior

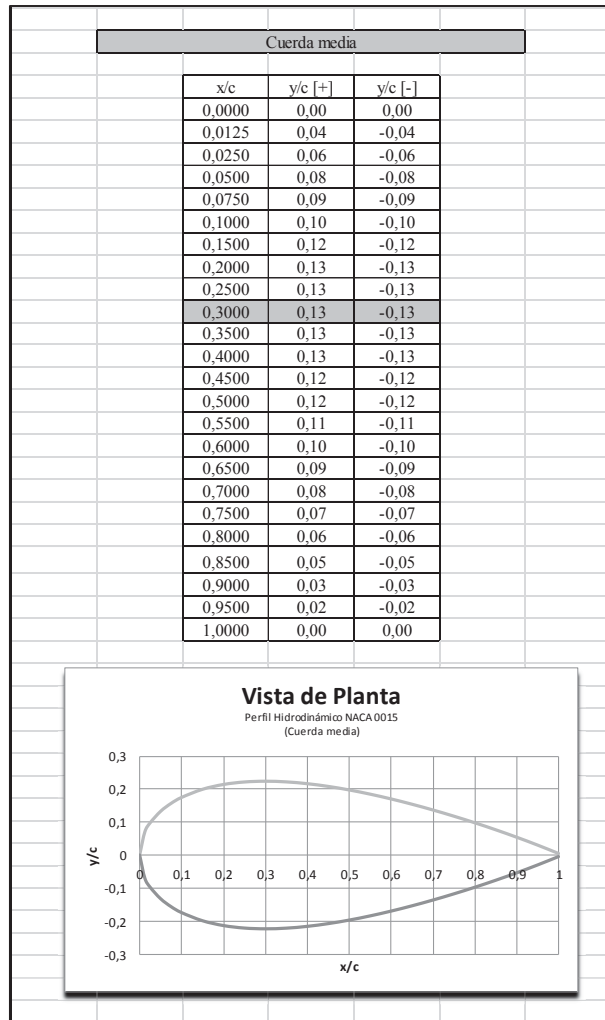


Fig.12: Tabla de puntos para el perfil central

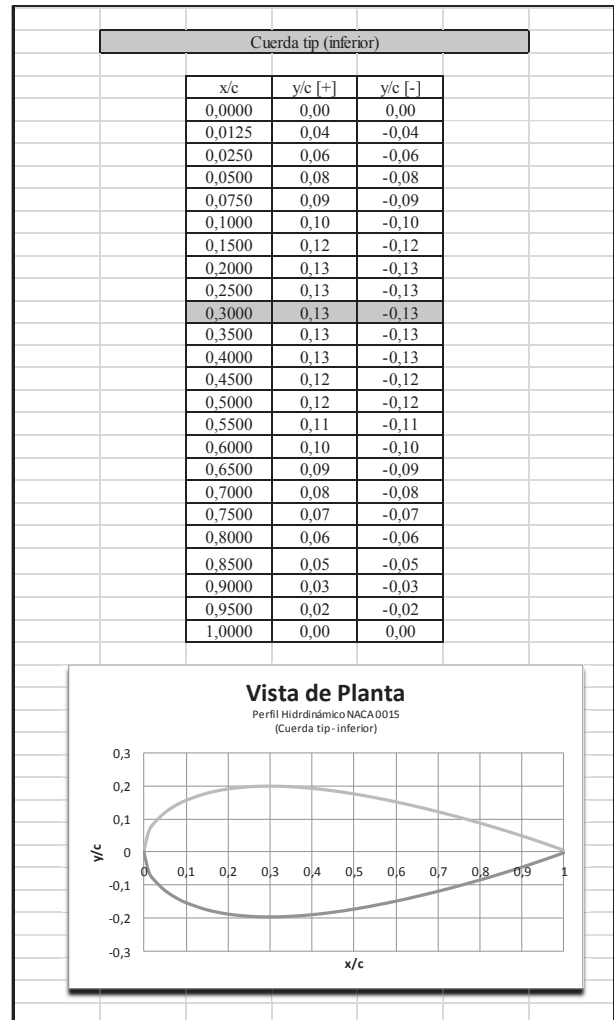


Fig.13: Tabla de puntos para el perfil inferior

#### 4.4.5 Cálculo del flange de acoplamiento:

En este punto se determinará:

- El número y diámetro de los pernos del flange de acoplamiento
- El espesor y diámetro del flange de acoplamiento

##### 4.4.5.1 Número y diámetro de los pernos del flange de acoplamiento:

Las sociedades de clasificación exigen un mínimo de 6 pernos para los flanges de acoplamiento de la pala y el eje de esta, es por ello que el número de perno (n) serán 6.

El diámetro de los pernos se puede determinar mediante la siguiente expresión teórica empírica:

$$d_p = 0,62 * \sqrt{\frac{\Phi_{eje}^3 * k_r}{k_{pr} * n * r}}$$

Donde:

- $\phi_{eje}^3$  = Diámetro del eje = 105 [mm]  
(Conforme a lo establecido en el punto 4.4.1)
- $n$  = Número de pernos del flange = 6  
(De acuerdo a lo establecido en el punto 4.4.5.1)
- $k_r$  = Factor del material del eje = 1,0  
(Debido a que el eje será construido en acero estructural normal, las casas clasificadoras recomiendan un factor asociado al material igual a 1,0)
- $k_{pr}$  = Factor del material del flange = 1,0  
(Debido a que el flange será construido en acero estructural normal, las casas clasificadoras recomiendan un factor asociado al material igual a 1,0)
- $r$  = Diámetro interno del eje = 99,75 [mm]  
(De acuerdo al apunte Maniobrabilidad & Timones de la UACH, este valor debe ser mayor a  $0,9 \cdot \phi_{eje}$ , se utilizó un valor de 95% del diámetro del eje).

Por lo tanto, se tiene que el diámetro de los pernos será de aproximadamente:

$$d_p = 28 \text{ [mm]}$$

#### 4.4.5.2 Espesor y diámetro del flange de acoplamiento:

Como estimación teórica empírica, el espesor del flange de acoplamiento se puede determinar mediante la misma fórmula utilizada para encontrar el diámetro de los pernos:

$$\text{espesor del flange} \geq 0,62 * \sqrt{\frac{\phi_{eje}^3 * k_r}{k_{fr} * n * r}}$$

Sólo cambia la relación matemática, ya que ahora no se trata de una igualdad. Además se utiliza un factor “ $k_{fr}$ ”, sin embargo, este representa lo mismo que “ $k_{pr}$ ”, es decir, el factor del material del flange. En base a ello, el espesor del flange será de:

$$\text{espesor del flange} = 28 \text{ [mm]}$$

El diámetro del flange ( $\phi_{flange}$ ) se puede determinar de manera estimativa agregando una fracción de “ $d_p$ ” al diámetro del eje:

$$\phi_{flange} = \phi_{eje} + \frac{2}{3} * d_p \approx 125 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, el diámetro del flange será de 125 [mm].

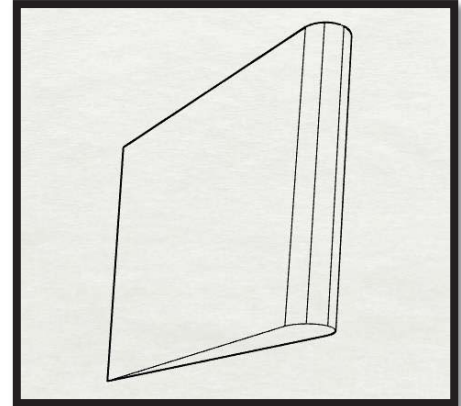
**4.4.6 Metros cuadrados de planchaje requerido y volumen desplazado de la pala:**

Tanto el área requerida, como el volumen desplazado de la pala se obtuvieron mediante el software Rhinoceros en su v.5.0, para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{Planchaje requerido} = 5,16 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Volumen desplazado} = 0,286 \text{ [m}^3\text{]}$$

Fig.14: Representación básica del timón

**4.4.7 Estimación del peso de la pala:**

De acuerdo a todos los cálculos ya realizados, se tiene la siguiente tabla de peso:

| Estimación del peso de la pala               |        |                      |
|----------------------------------------------|--------|----------------------|
| Metros cuadrados de planchaje requerido      | 5,160  | [m <sup>2</sup> ]    |
| Espesor del forro de la pala                 | 0,022  | [m]                  |
| Volumen del forro de la pala                 | 0,114  | [m <sup>3</sup> ]    |
| Área media de los refuerzos hidrodinámicos   | 0,210  | [m <sup>2</sup> ]    |
| Espesor de los refuerzos hidrodinámicos      | 0,012  | [m]                  |
| Volumen de los refuerzos hidrodinámicos      | 0,003  | [m <sup>3</sup> ]    |
| Área transversal del eje                     | 0,009  | [m <sup>2</sup> ]    |
| Altura del eje                               | 1,577  | [m]                  |
| Volumen del eje                              | 0,014  | [m <sup>3</sup> ]    |
| Volumen total del timón (sin soldadura)      | 0,130  | [m <sup>3</sup> ]    |
| Peso específico del acero normal (ASTM A-36) | 7850   | [kg/m <sup>3</sup> ] |
| Peso total del timón (sin soldadura)         | 1018,1 | [kg]                 |
| Soldadura (3% del Peso del timón)            | 30,54  | [kg]                 |
| Peso total del timón (con soldadura)         | 1048,7 | [kg]                 |
| Peso total del timón (con soldadura)         | 1,0487 | [ton]                |

Fig.15: Tabla de cálculo para el peso del timón

Por lo tanto, cada uno de los timones tendrá un peso aproximado de 1050 [kg].

**4.4.8 Estimación del costo de la pala:**

Considerando un valor de 1500 [CLP/kg] para acero elaborado (en obra) y un 5% de error, cada pala tendría un valor de 1.651.625 pesos chilenos.

## 5. ESTIMACIÓN DE MANIOBRABILIDAD

Ya realizado el diseño y cálculo de los timones para la embarcación en proyecto, es posible estudiar la respuesta de maniobrabilidad que esta tendrá mediante métodos teórico empíricos que posteriormente deberán ser chequeados con el buque ya construido y en funcionamiento en las llamadas “maniobras standard”.

Las maniobras standard se utilizan para determinar los principales parámetros indicadores de la capacidad del buque en una maniobra general. Su regulación se encuentra normada por la resolución MSC.137 de la IMO, la cual establece criterios que indican si la respuesta del buque es aceptable o no.

En este apartado se analizarán 4 tipos de maniobras, las cuales son:

- Maniobra standard de círculo evolutivo (turning circle)
- Maniobra standard Zig-Zag de Kempf (Z-Test)
- Maniobra standard de parada inercial (inertial stop)
- Maniobra standard de parada de emergencia (crash stop)

### 5.1 CIRCULO EVOLUTIVO

Esta es una de las maniobras más conocidas y utilizadas para evaluar la respuesta de gobierno de las embarcaciones y se realiza con el buque real en etapas de pruebas de mar.

Como análisis de anteproyecto es posible estimar los parámetros indicadores de maniobrabilidad del círculo evolutivo mediante formulaciones teórico-empíricas, como las propuestas por Lyster o Shiba, y de esta manera comparar los resultados con los criterios de aceptación de la IMO.

Del método gráfico propuesto por Shiba se obtendrán los siguientes parámetros:

- Desviación ( $D_v$ )
- Diámetro de giro ( $D_g$ )

De las formulaciones de Lyster se obtendrán los siguientes parámetros:

- Diámetro táctico ( $D_t$ )
- Avance ( $A_v$ )

Una vez determinados todos los parámetros se comparan con los criterios de aceptación de la IMO.

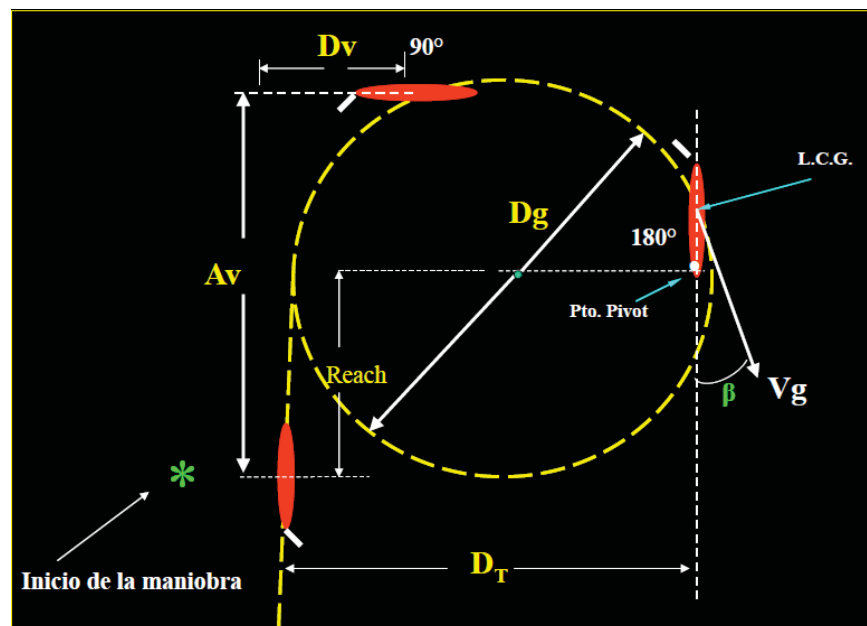


Fig.16: Esquema general del círculo evolutivo



**5.1.1 Método gráfico de Shiba:**

Para hacer uso de este método se deben conocer los siguientes datos de entrada:

- $C_b = 0,606$   
(Coeficiente de block de la nave)
- $A_T = 2,18 \text{ [m}^2\text{]}$   
(Área de timón decidida)
- $L_{pp} = 35,63 \text{ [m]}$   
(Eslora entre perpendiculares de la nave)
- $T_m = 2,15 \text{ [m]}$   
(Calado de diseño de la nave)
- $\alpha_t = 35^\circ$   
(Ángulo de timón, generalmente se utiliza  $35^\circ$ , ya que en ángulos cercanos a éste o superiores se comienza a producir el fenómeno de stall, descrito anteriormente).

5.1.1.1 Desviación ( $D_v$ ): Se obtiene por medio de la figura 8, con un valor de entrada de:  $\frac{1}{F_t} = 35,1$

Donde  $F_t = \frac{A_T}{L_{pp} * T_m} = 0,02$

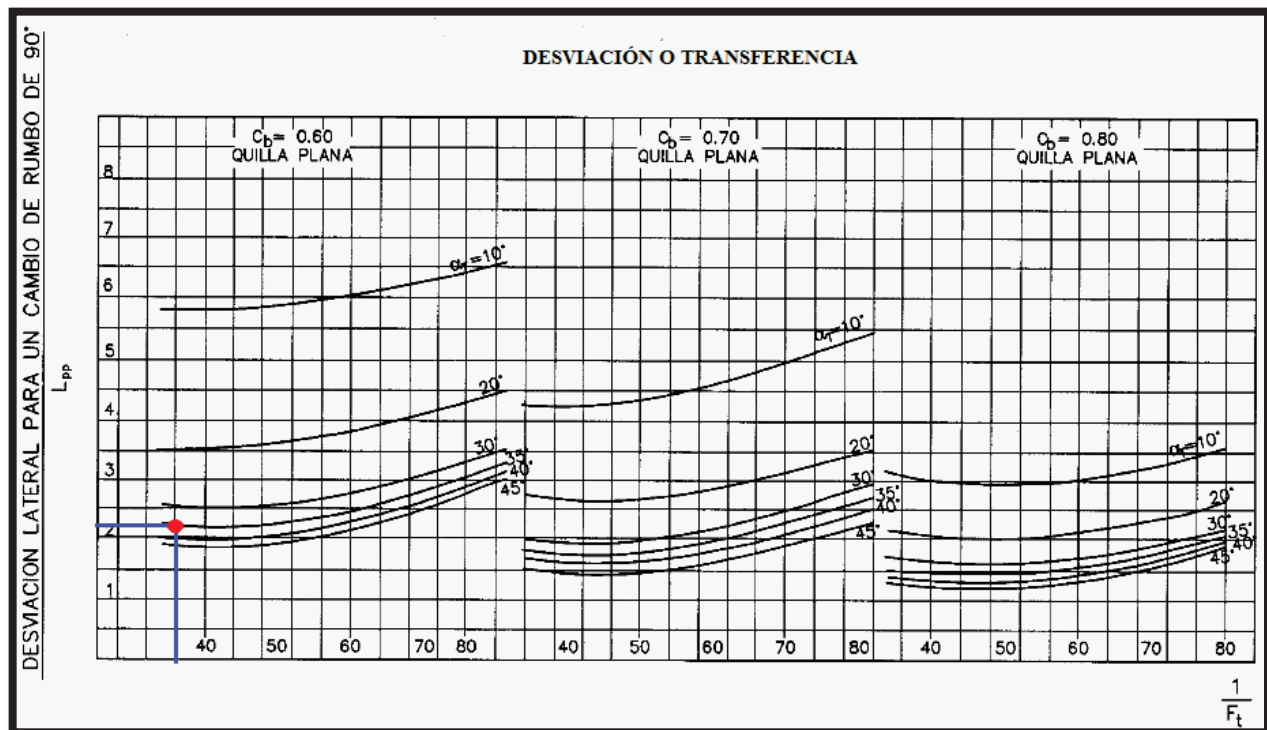


Fig.17: Gráfico de Shiba, para obtención de  $D_v$

La ordenada indica un valor de aproximadamente:

$$\frac{\text{Desviación lateral para un cambio de rumbo de } 90^\circ}{L_{pp}} = 2,2$$

Por lo tanto, la desviación o transferencia del buque sería de aproximadamente:

$$D_v = 78,4 \text{ [metros]}$$

5.1.1.2 Diámetro de giro ( $D_g$ ): Con el mismo valor de entrada de  $\frac{1}{F_t} = 35,1$  se tiene que:

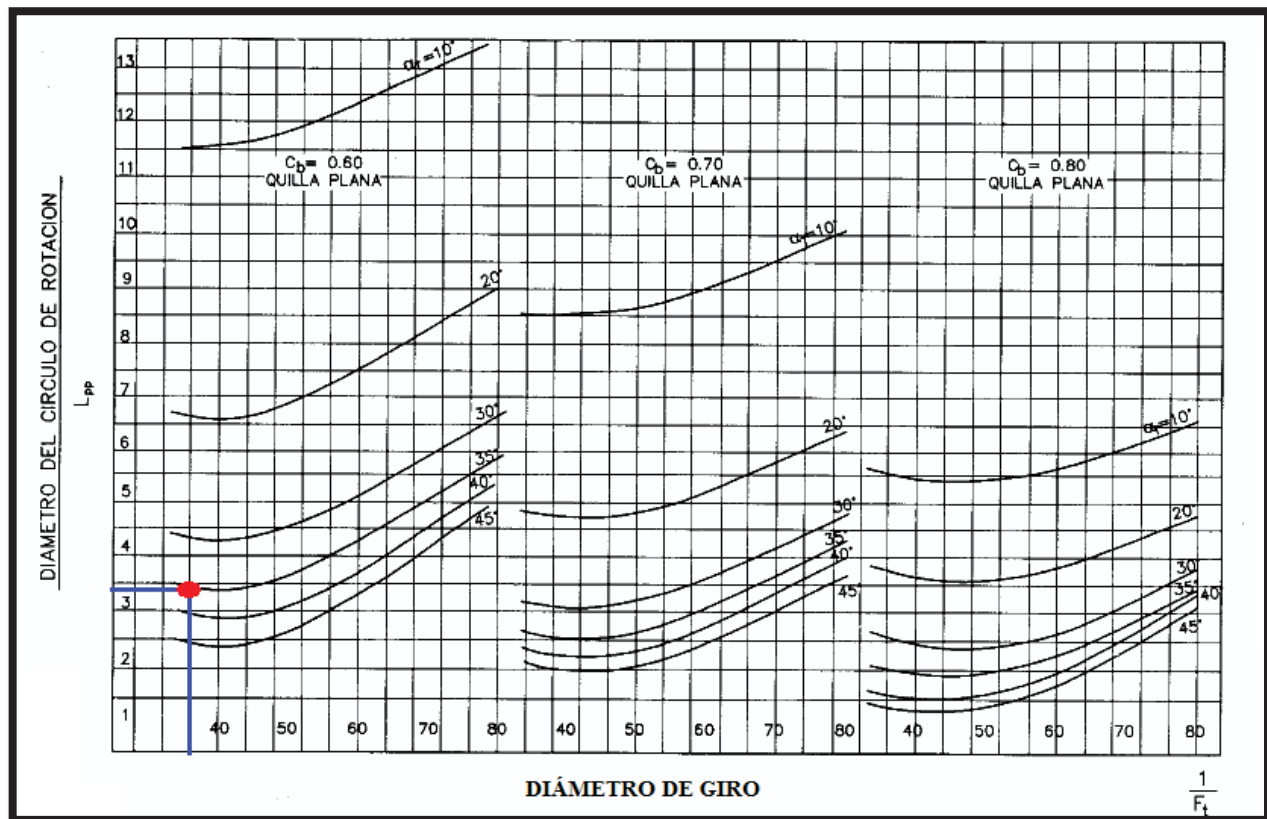


Fig.18: Gráfico de Shiba, para obtención de  $D_g$

La ordenada indica un valor de aproximadamente:

$$\frac{\text{Diámetro del círculo de rotación}}{L_{pp}} = 3,3$$

Por lo tanto, el diámetro de giro del buque sería de aproximadamente:

$$D_g = 117,6 \text{ [metros]}$$

**5.1.2 Método teórico-empírico de Lyster:**

Para buques de dos hélices, Lyster plantea la siguiente expresión para el diámetro táctico:

$$\frac{TD}{L} = 0,140 + 1,00 * \frac{STD}{L}$$

Donde:

- TD = Diámetro táctico ( $D_t$ ), a determinar
- L = Eslora entre perpendiculares ( $L_{pp}$ ) = 35,63 [m]
- STD = Diámetro de giro ( $D_g$ ) = 117,6 [m]

Por lo tanto, se tiene que el diámetro táctico es de aproximadamente:

$$D_t = 122,5 \text{ [metros]}$$

Para buques de dos hélices, Lyster plantea la siguiente expresión para el avance:

$$\frac{AD}{L} = 1,100 + 0,514 * \frac{TD}{L}$$

Donde:

- AD = Avance ( $A_v$ ), a determinar
- L = Eslora entre perpendiculares ( $L_{pp}$ ) = 35,63 [m]
- TD = Diámetro táctico ( $D_t$ ) = 122,5 [m]

Por lo tanto, se tiene que el avance es de aproximadamente:

$$A_v = 102 \text{ [metros]}$$

**5.1.3 Resumen de los principales parámetros para la maniobra de círculo evolutivo:**

| Principales parámetros del círculo evolutivo |       |          |
|----------------------------------------------|-------|----------|
| Diámetro de giro                             | 117,6 | [metros] |
| Diámetro táctico                             | 122,5 | [metros] |
| Desviación                                   | 78,4  | [metros] |
| Avance                                       | 102   | [metros] |

Tabla 13: Parámetros estimados para el círculo evolutivo

### 5.1.4 Criterio IMO para maniobra standard “círculo evolutivo”:

La resolución MSC.137 de IMO exige los siguientes criterios de aceptación para la maniobra de círculo evolutivo:

| Item            | Test                                       | Criteria                                   |
|-----------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Turning ability | Turning test with max. Rudder angle (35°.) | Advance < 4.5L<br>Tactical diameter < 5.0L |

Fig.19: Criterio de aceptación IMO (turning circle)

El cuadro de aceptación de criterios para los cálculos realizados se presenta a continuación:

| Parámetros de círculo evolutivo | Calculados [metros] | Criterio IMO     | % de diferencia |
|---------------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Avance                          | 102 [metros]        | < 160,3 [metros] | 36,4%           |
| Diámetro táctico                | 122,5 [metros]      | < 178,2 [metros] | 31,3%           |

Fig.20: Cuadro de aceptación de criterios IMO

Por lo tanto, la embarcación en proyecto cumpliría con los criterios IMO recomendados para la maniobra de círculo evolutivo.

## 5.2 ZIG-ZAG DE KEMPF (Z-TEST)

La maniobra Z-Test busca identificar las capacidades de gobierno de la embarcación, es decir, la capacidad de cambio de rumbo con timón a una y otra banda mientras esta describe una trayectoria zig-zag para determinados ángulos de timón. Los ángulos de timón más utilizados son zig-zag 20-20 y zig-zag 10-10, aunque también se suelen utilizar sus variantes.

Como estimación de primera aproximación se analizará el criterio de aceptación IMO para maniobras zig-zag 20-20, es decir, para un ángulo de timón de 20°. Para ello, el criterio IMO evalúa el ángulo de overshoot (rebasamiento) entre que el buque alcanza el ángulo de timón hasta ponerse en dirección al nuevo ángulo de timón.

### 5.2.1 Formulación empírica para la maniobra standard Zig-Zag 20-20:

$$\text{Ángulo de Overshoot} \approx 5,2 * [(C_b * B/L) + 0,02] * \delta$$

Donde:

- $C_b$  = Coeficiente de block = 0,606
- $B/L$  = Relación manga-eslora = 0,297
- $\delta$  = Ángulo de timón utilizado = 20°

Por lo tanto, se tiene que:

$$\text{Ángulo de Overshoot} \approx 20,8^\circ$$

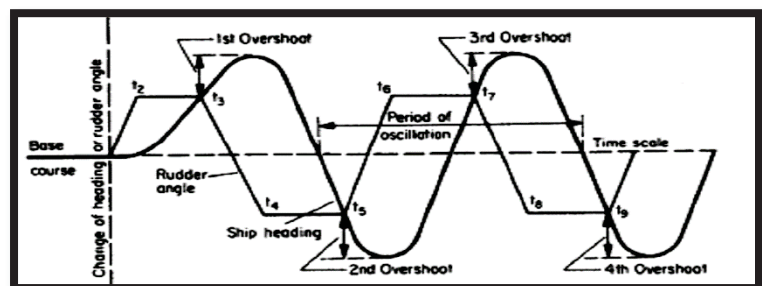


Fig.21: Representación de ángulos de overshoot

### 5.2.2 Criterio IMO para maniobra standard “Z-Test 20-20”:

La resolución MSC.137 de IMO exige los siguientes criterios de aceptación para la maniobra standard zig-zag 20-20:

| Item                                    | Test           | Criteria                        |
|-----------------------------------------|----------------|---------------------------------|
| Course-keeping and yaw-checking ability | 20°/20° Z-test | 1 <sup>st</sup> overshoot < 25° |

Fig.22: Criterio de aceptación IMO (20°/20° Z-test)

El cuadro de aceptación de criterios para los cálculos realizados se presenta a continuación:

| Parámetro Z-Test              | Calculado [grados] | Criterio IMO                    | % de diferencia |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|
| Primer ángulo de rebasamiento | 20,8°              | 1 <sup>st</sup> overshoot < 25° | 16,8%           |

Fig.23: Cuadro de aceptación de criterios IMO

Por lo tanto, la embarcación en proyecto cumpliría con los criterios IMO recomendados para la maniobra de zig-zag 20-20.

## 5.3 PARADA INERCIAL

Esta maniobra intenta conocer cuánto demora el buque en desacelerar desde una determinada velocidad inicial hasta una velocidad final próxima a 5 [kn], con el fin de terminar de detener el buque con el equipo de fondeo (anclas).

Este método se basa en detener las revoluciones del propulsor y esperar a que la embarcación se detenga con el efecto de la resistencia al avance, disminuyendo así su velocidad progresivamente.

Los resultados a obtener son la distancia para dar y el tiempo empleado desde la velocidad inicial a la final.

### 5.3.1 Bases físicas de la maniobra:

Al detener las revoluciones de la hélice la única fuerza actuante es la resistencia total al avance ( $R_T$ ), por lo tanto, la ecuación de movimiento a analizar es la segunda ley de Newton:

$$-R_T = (m + m_x) * a_i$$

Donde, “m” representa la masa del buque ( $\Delta/g$ ) y “m<sub>x</sub>” la masa adicional en la dirección de avance causada por los movimientos con aceleraciones en el fluido (7 a 8% de m). Donde  $g = 9,81$  [m/s<sup>2</sup>].

De esta manera, lo que necesitamos encontrar es la des aceleración de la nave en el tiempo, determinada por:

$$a_i = -[R_T/(m + m_x)]$$

Sin embargo, debemos recordar que la resistencia total es función de la velocidad, la que obviamente irá disminuyendo y en conjunto con ella también lo hará la resistencia total, la cual no es ajustable a una ecuación matemática debido a que su curva de valores tiene tendencia a una parábola cuadrática no ajustable con precisión, por lo tanto, los valores de la des aceleración se encuentran de forma iterativa.

### 5.3.2 Matriz de iteración para la maniobra de parada inercial:

- La velocidad inicial de la embarcación será la velocidad máxima propuesta de 10 [kn].
- La velocidad final de parada inercial será de 4 [kn].

Los datos de resistencia total al avance fueron calculados en el cuadernillo 06, y aquí serán presentados para un diferencial “dt” de 5 segundos:

| Matriz de Iteración Propuesta |                |                |                 |                  |                       |                                      |                       |                      |       |
|-------------------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------|
| dt                            | V <sub>i</sub> | V <sub>f</sub> | R <sub>Ti</sub> | a <sub>i</sub>   | dV=a <sub>i</sub> *dt | V <sub>i+1</sub> =V <sub>i</sub> +dV | dS=V <sub>i</sub> *dt | S=S <sub>i</sub> +dS | t=Σdt |
| seg                           | kn             | m/seg          | Kgf             | m/s <sup>2</sup> | m/seg                 | m/seg                                | m                     | m                    | seg   |
| 5                             | 10,0           | 5,144          | 410,3           | -0,01            | -0,03                 | 5,11                                 | 25,72                 | 25,72                | 5     |
| 5                             | 9,5            | 4,887          | 535,9           | -0,01            | -0,04                 | 4,84                                 | 24,43                 | 50,15                | 10    |
| 5                             | 9,0            | 4,630          | 676,4           | -0,01            | -0,05                 | 4,58                                 | 23,15                 | 73,30                | 15    |
| 5                             | 8,5            | 4,372          | 840,3           | -0,01            | -0,07                 | 4,30                                 | 21,86                 | 95,16                | 20    |
| 5                             | 8,0            | 4,115          | 1041,1          | -0,02            | -0,08                 | 4,03                                 | 20,58                 | 115,74               | 25    |
| 5                             | 7,5            | 3,858          | 1295,9          | -0,02            | -0,10                 | 3,75                                 | 19,29                 | 135,03               | 30    |
| 5                             | 7,0            | 3,601          | 1623,8          | -0,03            | -0,13                 | 3,47                                 | 18,00                 | 153,03               | 35    |
| 5                             | 6,5            | 3,344          | 2045,6          | -0,03            | -0,16                 | 3,18                                 | 16,72                 | 169,75               | 40    |
| 5                             | 6,0            | 3,086          | 2581,8          | -0,04            | -0,21                 | 2,88                                 | 15,43                 | 185,18               | 45    |
| 5                             | 5,5            | 2,829          | 3251,7          | -0,05            | -0,26                 | 2,57                                 | 14,15                 | 199,33               | 50    |
| 5                             | 5,0            | 2,572          | 4071,4          | -0,07            | -0,33                 | 2,24                                 | 12,86                 | 212,19               | 55    |
| 5                             | 4,5            | 2,315          | 5053,0          | -0,08            | -0,41                 | 1,91                                 | 11,57                 | 223,76               | 60    |
| 5                             | 4,0            | 2,058          | 6202,5          | -0,10            | -0,50                 | 1,56                                 | 10,29                 | 234,05               | 65    |

Tabla 14: Matriz iterativa para maniobra de parada inercial

De la tabla 11 se puede observar que para una velocidad inicial de 10 [kn] hasta una velocidad final de 4 [kn], la barca demoraría 65 [segundos] en reducir tal intervalo de velocidad, recorriendo una distancia de aproximadamente 234,1 [metros], ello debido sólo a la inercia de la nave.

- Tiempo de parada = 65 [segundos]
- Distancia de parada = 234,1 [metros]

Cabe mencionar que el tiempo calculado es sólo para reducir la velocidad desde 10 a 4 [kn], no es el tiempo empleado en detener por completo la embarcación, posteriormente a la velocidad final de 4 [kn] la nave debe detenerse con ayuda de las anclas de fondeo.

Los resultados de la tabla 14, se pueden observar de manera gráfica en la siguiente figura:

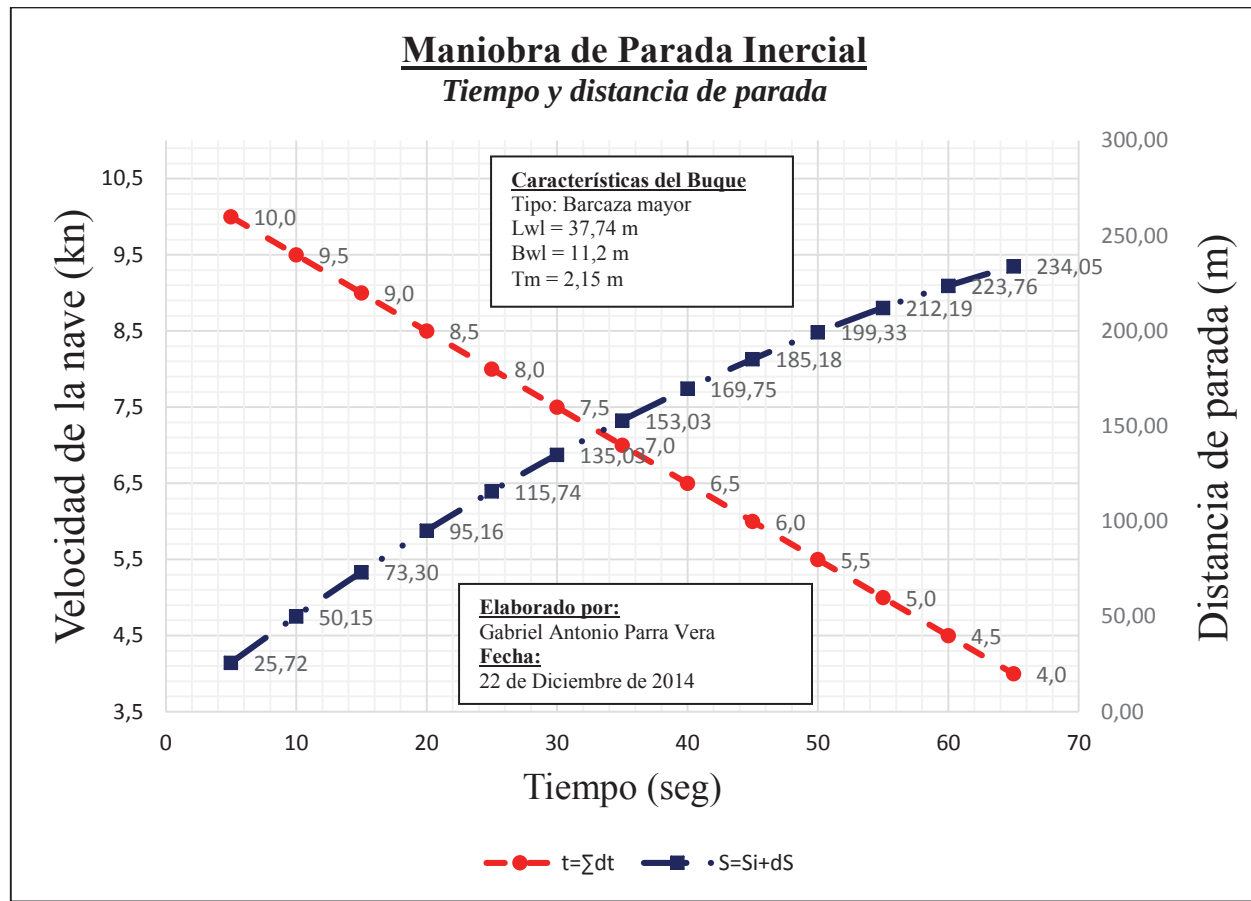


Fig.24: Tiempo y distancia de parada en función de la desaceleración de la nave

## 5.4 PARADA DE EMERGENCIA

Este tipo de maniobra busca de terminar la desviación, tiempo y distancia que demoraría la embarcación en detenerse hasta una velocidad de 0 [kn] (dead in water) cuando se invierte la rotación de la hélice para generar empuje en re versa. Sus valores pueden indicar la capacidad de parada de la nave ante una emergencia real.

Esta maniobra se encuentra regulada por la O MI en su resolución MSC.137 como función de la distancia recorrida hasta detenerse completamente la embarcación (distancia en esloras).

La ecuación representativa de la maniobra obedece a la segunda ley de Newton:

$$-T - R_T = (m + m_x) * a_i$$

Debido a que existe muy poca información sobre el funcionamiento tanto de la hélice, como de la máquina propulsora en re versa es un tipo de cálculo difícil de analizar teóricamente, además de que tanto la resistencia total, como el empuje (en re versa) van cambiando con la velocidad.



**5.4.1 Método teórico-empírico “Full Stopping” según Clarke-Wellman:**

Debido a las distintas variables implícitas en el cálculo diferencial del movimiento que tendría el buque, es recomendable realizar ciertas suposiciones de cálculo que nos permitan obtener información de primera aproximación para fines de ante-proyecto.

El método teórico-empírico de Clarke-Wellman permite determinar los principales parámetros de la maniobra crash stop (distancia y tiempo de parada), si solo si, se considera la misma trayectoria que traía la embarcación al iniciar la parada, lo cual no es real debido a que el funcionamiento marcha atrás de la hélice produce una desviación hacia una de las bandas, además de ello se debe considerar que la resistencia total al avance es proporcional a la velocidad de la nave al cuadrado, la masa adicional durante la parada se mantendrá constante, el timón se mantendrá en 0° desde el inicio de la parada hasta la detención total y que el tiempo de cambio del empuje full adelante a full reversa será expresado linealmente, para posterior a ello mantenerse constante durante todo el recorrido hasta la detención total de la nave.

Las expresiones de trabajo son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Stopping distance } S &= \frac{(m + m_x) \cdot V_0^2}{2R_0} \cdot \ln\left(1 + \frac{R_0}{T_s}\right) + \frac{V_0 \cdot t_r}{2} \\ \text{Stopping time } t &= \frac{(m + m_x) \cdot V_0}{R_0} \cdot \left(\frac{R_0}{T_s}\right)^{0.5} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{R_0}{T_s}\right)^{0.5} + \frac{t_r}{2} \end{aligned}$$

Donde, “S” representa la distancia para detención en metros y “t” el tiempo de detención en segundos.

Los valores conocidos en el transcurso de los cálculos ya realizados son los siguientes:

- $m$  = Masa del buque = 57554 [UTM]
- $m_x$  = Masa adicional en sentido longitudinal = 4604 [UTM]
- $V_0$  = Velocidad inicial o de aproximación = 5,144 [m/s]
- $R_0$  = Resistencia total al avance a la velocidad inicial = 6203 [kgf]

Los valores a determinar para hacer uso de las formulaciones son los siguientes:

- $T_s$  = Empuje del propulsor en full reversa durante la maniobra de parada

Para poder obtener tal valor primero se debe conocer el empuje máximo adelante con la potencia MCR instalada, el cual tiene un valor de aproximadamente:

$$T_{MCR} = \frac{\eta_h * DHP_{MCR}}{V_{MCR} * (1 - \omega)} = \frac{0,478 * 103300}{5,144 * (1 - 0,19)} = 11851 [kg_f]$$

Ya conocido el empuje máximo avante a la potencia MCR, se puede estimar el empuje en reversa según los autores Yoshimura and Takagi, los cuales plantean la siguiente expresión:

$$T_s = \gamma * T_{MCR}$$

Donde “ $\gamma$ ” representa la proporción estimada entre ambos valores de empuje, para el cual IMO en su MSC/Circ.1053 en buques de tamaño medio y pequeño ( $L < 80$  metros aproximadamente) sugiere valores del orden de 70 a 75%, por lo tanto, se utilizará un valor medio de 72,5%.

De esta manera se tiene que el empuje estimado en full reversa producido por la hélice es de aproximadamente  $T_s = 8592 [kg_f]$

- $t_r$  = Tiempo que demora la inversión de rpm en el buque

Este valor suele ir desde a 15 a 20 [segundos] en buques menores. En este caso se utilizará la recomendación del método simplificado de Chas e para velocidades iniciales menores o iguales a 12 [kn], el cual propone un valor de 20 [segundos] en ausencia de datos.

$$t_r = 20 [\text{segundos}]$$

Por lo tanto, los valores de entrada para la obtención de resultados serían los siguientes:

|       |                                                                                          |       |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| m     | masa del buque = $\Delta/g$ en: ( $kg\ m^{-1}\ s^2$ )                                    | 57554 |
| $m_x$ | Masa adicional en sentido longitudinal (aprox. 7 a 8 % de “m”) en: ( $kg\ m^{-1}\ s^2$ ) | 4604  |
| $V_0$ | Velocidad inicial o de aproximación (m/seg)                                              | 5,14  |
| $T_s$ | Empuje del propulsor en full reversa durante la maniobra de parada, (en $kg_f$ )         | 8591  |
| $R_0$ | Resistencia total al avance, a la velocidad inicial $V_0$ , (en $kg_f$ )                 | 6203  |
| $t_r$ | Tiempo que demora la inversión de rpm en el buque, (en seg)                              | 20    |

Tabla 15: Resumen de datos para el cálculo de “S” y “t”

Finalmente los valores obtenidos según el método de Clarke-Wellman son los siguientes:

$$S = \text{Distancia para detención} = 123,5 [\text{metros}] = 3,2 [\text{esloras}]$$

$$t = \text{Tiempo de detención} = 49 [\text{segundos}]$$

#### 5.4.2 Aplicación de criterio IMO para maniobra standard de parada de emergencia:

| Criterio IMO                      | Distancia para detención | % de diferencia |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------|
| "S" no debe exceder de 15 esloras | 3,2 [esloras]            | 78,6%           |

Tabla 16: Verificación del cumplimiento del criterio OMI

Por lo tanto, la embarcación cumpliría con el criterio general IMO exigido. Además de ello, otros autores recomiendan en embarcaciones pequeñas ( $L < 60$  metros) como máximo entre 7 y 10 esloras, lo cual también se cumple.

## 6. CONCLUSIONES

El diseño de los timones de la nave tendrán las siguientes características:

- Área de timón = 2,18 [m<sup>2</sup>]
- Envergadura media = 1,34 [m]
- Cuerda media = 1,63 [m]
- Ángulo de caída = 0°
- Relación de aspecto geométrica = 1,9
- Relación de aspecto efectiva = 2,79
- Relación de estrechamiento = 0,85
- Relación de balance = 0,26
- Tipo de refuerzos = NACA 0015
- Ubicación del eje del timón desde el borde de ataque = 0,42 [m]
- Separación con la hélice = 0,14 [m]

El dimensionamiento estructural principal mínimo deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Diámetro del eje en el tiller  $\geq 72,6$  [mm]
- Diámetro en el neck bearing  $\geq 103$  [mm]
- Espesor del forro del casco = 22 [mm]
- Espesor de los refuerzos = 12 [mm]
- Separación entre refuerzos = 700 [mm]
- Número de pernos del flange de acopl. = 6
- Diámetro de los pernos = 28 [mm]
- Espesor del flange de acopl. = 28 [mm]
- Diámetro del flange de acopl. = 125 [mm]

Las maniobras standard estimadas mediante distintos autores cumplen con los criterios establecidos por la OMI en su MSC.137.

La embarcación en proyecto tendría una buena respuesta de gobierno, en base a cada uno de los cálculos realizados.

## 7. REFERENCIAS

[1] Resolution MSC.137 (76)

*Standard for Ships Manoeuvrability, 2002*

*Annex 6*

[2] Rudder and Manoeuvring Arrangement

*IACS Rudder Commons Rules*

*Chapter 10, Section 1*

*International Association of Classification Society*

[3] Elementos de Maniobrabilidad & Timones, 2012

*Apuntes de apoyo al curso de Maniobrabilidad & Timones*

*Ingeniería Naval*

*Nelsón Pérez Meza*

[4] Apuntes electrónicos del curso “Maniobrabilidad & Timones”

*Universidad Austral de Chile*

*ICNA228 Maniobrabilidad & Timones, 2013*

*Nelson Pérez Meza*



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 09

“Resistencia Estructural”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

**Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile**

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                                                          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Introducción .....</b>                                                                             | <b>6</b> |
| <b>2. Objetivo General.....</b>                                                                          | <b>6</b> |
| <b>3. Objetivos Específicos .....</b>                                                                    | <b>6</b> |
| <b>4. Resistencia Estructural.....</b>                                                                   | <b>7</b> |
| 4.1 Requisitos generales.....                                                                            | 7        |
| 4.1.1 Clasificación .....                                                                                | 7        |
| 4.1.2 Definiciones de escantillonado (simbología).....                                                   | 7        |
| 4.2 Materiales .....                                                                                     | 9        |
| 4.2.1 Estructura de cascos de acero .....                                                                | 9        |
| 4.2.1.1 Designaciones del material y clases.....                                                         | 9        |
| 4.2.1.2 Decisión sobre el tipo de material a utilizar .....                                              | 10       |
| 4.2.2 Consideración adicional por corrosión.....                                                         | 11       |
| 4.3 Principios de diseño.....                                                                            | 13       |
| 4.3.1 Disposición y subdivisiones .....                                                                  | 13       |
| 4.3.2 Posición del mamparo de colisión.....                                                              | 13       |
| 4.3.3 Disposición final de mamparos estancos.....                                                        | 13       |
| 4.4 Resistencia longitudinal.....                                                                        | 14       |
| 4.4.1 Definiciones .....                                                                                 | 14       |
| 4.4.1.1 Coeficiente de ola .....                                                                         | 14       |
| 4.4.1.2 Momentos de flexión verticales .....                                                             | 14       |
| 4.4.1.2.1 Momentos de flexión en condición de aguas tranquilas.....                                      | 14       |
| 4.4.1.2.2 Momentos de flexión en condición de arrufo y quebranto .....                                   | 14       |
| 4.4.2 Resistencia a la flexión y rigidez.....                                                            | 15       |
| 4.4.2.1 Módulo de sección dentro de $0,4L$ en el centro del buque en condiciones de carga y lastre ..... | 15       |
| 4.4.2.2 Módulo de sección mínimo exigido de la cuaderna maestra .....                                    | 15       |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5 Estructura del fondo.....                                                            | 15 |
| 4.5.1 Definiciones .....                                                                 | 15 |
| 4.5.2 Cargas de diseño.....                                                              | 16 |
| 4.5.3 Cálculo de elementos del doble fondo (planchas y refuerzos).....                   | 17 |
| 4.5.3.1 Plancha de la quilla y traca (Keel plate and garboard strake) .....              | 17 |
| 4.5.3.2 Plancha de fondo (Bottom and bilge plating) .....                                | 18 |
| 4.5.3.3 Plancha cubierta de doble fondo (Inner bottom plating).....                      | 18 |
| 4.5.3.4 Varengas y vagras (Floors and longitudinal girders).....                         | 19 |
| 4.5.3.5 Bulárcama del fondo (Transversal frames).....                                    | 19 |
| 4.5.3.5.1 Módulo de sección mínimo de la bulárcama del fondo .....                       | 19 |
| 4.5.3.5.2 Espesor mínimo de la bulárcama del fondo .....                                 | 20 |
| 4.5.3.6 Longitudinales del fondo (Bottom longitudinals).....                             | 20 |
| 4.5.3.6.1 Cálculo de módulo resistente para longitudinales del fondo .....               | 21 |
| 4.5.3.7 Longitudinales de cubierta doble fondo (Inner bottom longitudinals) .....        | 22 |
| 4.5.3.7.1 Cálculo de módulo resistente para longitudinales de cubierta doble fondo ..... | 22 |
| 4.6 Estructura del costado .....                                                         | 23 |
| 4.6.1 Definiciones .....                                                                 | 23 |
| 4.6.2 Cargas de diseño.....                                                              | 23 |
| 4.6.3 Cálculo de elementos del costado (planchas y refuerzos) .....                      | 24 |
| 4.6.3.1 Planchas del costado (Side plating, general).....                                | 24 |
| 4.6.3.2 Traca cinta (Sheer strake at strength deck).....                                 | 24 |
| 4.6.3.3 Longitudinales del costado (Longitudinals).....                                  | 25 |
| 4.6.3.3.1 Cálculo de módulo resistente para longitudinales del costado .....             | 25 |
| 4.6.3.4 Bulárcamas (Main frames).....                                                    | 26 |
| 4.6.3.4.1 Cálculo de módulo resistente para la bulárcama del costado .....               | 26 |
| 4.6.3.4.2 Escuadras para la bulárcama en el costado .....                                | 27 |

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.7 Estructura de cubierta.....                                                                                              | 28 |
| 4.7.1 Definiciones .....                                                                                                     | 28 |
| 4.7.2 Cargas de diseño.....                                                                                                  | 28 |
| 4.7.3 Cálculo de elementos de la cubierta (planchas y refuerzos) .....                                                       | 29 |
| 4.7.3.1 Plancha de cubierta (Strength deck plating).....                                                                     | 29 |
| 4.7.3.2 Longitudinales de cubierta (Longitudinals) .....                                                                     | 29 |
| 4.7.3.2.1 Cálculo de módulo resistente para longitudinales de cubierta .....                                                 | 30 |
| 4.7.3.3 Baos (Transverse beams) .....                                                                                        | 31 |
| 4.7.3.4 Esloras (Simple girders).....                                                                                        | 31 |
| 4.7.3.4.1 Cálculo de módulo resistente para esloras .....                                                                    | 32 |
| 4.8 Estructura de mamparo .....                                                                                              | 33 |
| 4.8.1 Definiciones .....                                                                                                     | 33 |
| 4.8.2 Cargas de diseño.....                                                                                                  | 33 |
| 4.8.3 Cálculo de elementos de mamparos transversales y longitudinales.....                                                   | 34 |
| 4.8.3.1 Plancha del mamparo (Bulkhead plating) .....                                                                         | 34 |
| 4.8.3.2 Refuerzos verticales de mamparos (Vertical stiffeners on dry bulk cargo bulkheads).....                              | 34 |
| 4.8.3.2.1 Cálculo de módulo resistente para refuerzos verticales de mamparos ..                                              | 35 |
| 4.9 Escotilla en cubierta principal.....                                                                                     | 36 |
| 4.9.1 Definiciones .....                                                                                                     | 36 |
| 4.9.2 Cálculo de elementos para escotilla de carga (brazolas).....                                                           | 36 |
| 4.9.2.1 Plancha de la brazola (Local net plate thickness) .....                                                              | 36 |
| 4.9.2.2 Refuerzos longitudinales y transversales (Net scantlings of longitudinals and transverse secondary stiffeners) ..... | 37 |
| 4.9.2.2.1 Refuerzos longitudinales (Longitudinals secondary stiffeners).....                                                 | 37 |
| 4.9.2.2.2 Refuerzos transversales (Transverse secondary stiffeners).....                                                     | 38 |
| 4.10 Escuadras.....                                                                                                          | 39 |
| 4.10.1 Definiciones .....                                                                                                    | 39 |



|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.10.2 Cálculo de escuadras.....                                                | 39        |
| 4.10.2.1 Escuadras de bulárcama del fondo, costado y bao .....                  | 40        |
| 4.11 Barandas de protección .....                                               | 40        |
| 4.11.1 Definiciones .....                                                       | 40        |
| 4.11.2 Determinación de refuerzos.....                                          | 41        |
| 4.12 Superestructura .....                                                      | 42        |
| 4.12.1 Definiciones .....                                                       | 42        |
| 4.12.2 Cargas de diseño .....                                                   | 42        |
| 4.12.3 Cálculo de elementos de la superestructura (planchas y refuerzos).....   | 42        |
| 4.12.3.1 Planchaje de mamparos extremos (Thickness for plating).....            | 42        |
| 4.12.3.2 Refuerzos de mamparos extremos (Section modulus for stiffeners) .....  | 43        |
| 4.12.3.2.1 Cálculo de módulo de sección de refuerzos de mamparos extremos ..... | 43        |
| 4.12.3.3 Amuras (Bulkwards) .....                                               | 43        |
| 4.13 Tipo de soldadura .....                                                    | 44        |
| 4.14 Resumen de escantillonado.....                                             | 44        |
| 4.15 Cálculo del módulo de sección de cuaderna maestra .....                    | 45        |
| 4.16 Peso de la cuaderna maestra.....                                           | 48        |
| PLANO DE CUADERNA MAESTRA .....                                                 | 50        |
| PLANO DE CORTE LC & CUBIERTAS.....                                              | 51        |
| PLANO DE SECCIONES TÍPICAS.....                                                 | 52        |
| PLANO DE MAMPAROS TRANSVERSALES & LONGITUDINALES.....                           | 53        |
| ANEXO: MAQUETA ESTRUCTURAL 3D.....                                              | 54        |
| <b>5. Conclusiones .....</b>                                                    | <b>58</b> |
| <b>6. Referencias .....</b>                                                     | <b>58</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se presentará el escantillonado (diseño estructural) de la barcaza mayor en estudio. La sociedad de clasificación a utilizar en este proceso de cálculo será la casa noruega Det Norske Veritas AS (DNV AS), miembro de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS).

Se trabajó con el apartado tercero en su segundo capítulo referido al “Diseño Estructural del Casco, en Buques con Esloras Inferiores a 100 Metros” (Hull Structural Design, Ships with Length Less than 100 metres). La versión de la casa de clasificación utilizada corresponde al mes de enero de 2014, la cual reemplaza la última edición de 2012.

Para poder calcular los refuerzos comprendidos para la escotilla de carga en la cubierta principal, se utilizó el apartado quinto en su capítulo dos referido a “Pasajeros y Buques de Carga a Granel” (Passenger and Dry Cargo Ships). Para las barandas (puntales y candeleros) se utilizó el apartado tres en su tercer capítulo referido a “Protección de la Tripulación” (Protection of the Crew).

Para cada uno de los módulos de sección referidos a elementos estructurales se consideró como ancho efectivo de las planchas asociadas una distancia igual a media clara entre refuerzos, ya que es el método más óptimo de cálculo, debido a que no presenta pérdidas ni sobredimensiones de medida. Finalmente como cada refuerzo se encuentra soldado a una determinada plancha asociada, se consideró tanto en altura como en ancho dimensiones de soldadura iguales al espesor del refuerzo a determinar.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Calcular el escantillón de la embarcación de acuerdo a la casa de clasificación DNV, llegando a determinar la estructura componente de esta, manifestada en los planos correspondientes.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar un correcto escantillonado de la nave, la cual satisfaga las exigencias correspondientes.
- Determinar el peso, módulo de sección y centroide de la cuaderna maestra.
- Generar los planos estructurales de la cuaderna maestra, corte en LC y cubiertas, secciones típicas y mamparos tanto transversales como longitudinales.

## 4. RESISTENCIA ESTRUCTURAL

### 4.1 REQUISITOS GENERALES:

Pt.3 Ch.2 Sec.1 General Requirements – Page 9

#### 4.1.1 Clasificación:

Las normas serán aplicables a embarcaciones de casco de acero, en las cuales su eslora sea inferior a 100 metros de longitud.

#### 4.1.2 Definiciones de escantillonado (simbología):

Antes de determinar los parámetros de escantillonado se indicaran las principales características de la embarcación. Estas se detallan a continuación:

Características principales de la embarcación:

| Tipo de Nave:      | Barcaza Mayor de Acero |       |
|--------------------|------------------------|-------|
| Eslora Total       | 39                     | [m]   |
| Eslora PP          | 35,63                  | [m]   |
| Manga              | 11,2                   | [m]   |
| Puntal             | 4,0                    | [m]   |
| Calado de Diseño   | 2,15                   | [m]   |
| Desplazamiento     | 564,6                  | [ton] |
| Velocidad          | 10                     | [kn]  |
| Potencia BHP (MCR) | 2x715 a 2100 rpm       | [bhp] |

Una vez conocidas las principales características de la embarcación, se procede a determinar los parámetros de escantillonado a utilizar durante el cálculo del diseño estructural del casco.

4.1.2.1 **Eslora de escantillonado (L):** 37,44 [m]

Corresponde a la eslora del buque en metros, definida como la distancia en la línea de flotación de carga en verano entre la cara de proa de la roda hasta el eje de la mecha del timón; y no será inferior al 96% ni precisa ser superior al 97% de la eslora extrema en la flotación de carga en verano.

4.1.2.2 **Eslora en flotación (L<sub>F</sub>):** 36,78 [m]

Esta eslora se define según el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966.

Se tomará como el 96% de la eslora total en flotación tomada al 85% del puntal mínimo de trazado, medido desde la parte superior de la quilla.

4.1.2.3 **Manga (B):** 11,2 [m]

Corresponde a la manga máxima de trazado en metros, la cual será medida en la línea de flotación de verano.

4.1.2.4 **Puntal de escantillonado (D):** 4,0 [m]

El puntal de trazado o de escantillonado se medirá en la mitad de la eslora  $L$ . Se define como la distancia vertical en metros desde la línea base a la cubierta más alta.

4.1.2.5 **Puntal mínimo de trazado ( $D_F$ ):** 3,2 [m]

Se medirá en la mitad de la eslora  $L$ , se define como la distancia vertical en metros desde la parte superior de la quilla hasta el canto superior en el costado de la cubierta de francobordo.

4.1.2.6 **Calado (T):** 2,15 [m]

Corresponde al calado de proyecto o de diseño de verano en metros.

4.1.2.7 **Calado de escantillonado ( $T_F$ ):** 2,72 [m]

Es el calado de verano, el cual no deberá ser inferior al 85% del puntal de mínimo de trazado.

4.1.2.8 **Desplazamiento ( $\Delta$ ):** 564,6 [tonf]

Corresponde al desplazamiento para el calado de proyecto  $T$ .

4.1.2.9 **Coefficiente de bloque ( $C_B$ ):** 0,61

Corresponde al Coeficiente de Bloque, en donde el calado corresponde al parámetro  $T$  de diseño.

4.1.2.10 **Coefficiente de bloque ( $C_{BF}$ ):** 0,48

Corresponde al Coeficiente de Bloque definido según el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966.

En este caso el calado corresponde al parámetro  $T_F$  (no inferior al 85% del puntal mínimo de trazado).

## **4.2 MATERIALES:**

Pt.3 Ch.2 Sec.2 Materials – Page 13

### **4.2.1 Estructura de cascos de acero:**

La sociedad de clasificación describe distintos tipos de aceros, los cuales se subdividen en clases y grados. Para hacer uso de ellos en el escantillonado, la casa noruega propone el tipo, clase y grado a utilizar en función de los elementos estructurales.

#### **4.2.1.1 Designaciones del material y clases:**

- NV-NS, acero estructural normal con un límite de elasticidad no inferior a 235 [N/mm<sup>2</sup>].
- NV-27, acero de alta resistencia estructural con un límite de elasticidad no inferior a 265 [N/mm<sup>2</sup>].
- NV-32, acero de alta resistencia estructural con un límite de elasticidad no inferior a 315 [N/mm<sup>2</sup>].
- NV-36, acero de alta resistencia estructural con un límite de elasticidad no inferior a 355 [N/mm<sup>2</sup>].
- NV-40, acero de alta resistencia estructural con un límite de elasticidad no inferior a 390 [N/mm<sup>2</sup>].

El acero estructural normal se divide en grados A, B, D y E, conjunto conocido como “Grados de Acero-NS”.

El acero estructural de alta resistencia se divide en grados AH, DH y EH, conjunto conocido como “Grados de Acero-HS”.

Cada una de las designaciones del acero estructural posee un factor asociado al material, denotado como  $f_1$ , valor utilizado más adelante en diversas fórmulas del escantillonado.

- NV-NS,  $f_1 = 1,00$
- NV-27,  $f_1 = 1,08$
- NV-32,  $f_1 = 1,28$
- NV-36,  $f_1 = 1,39$
- NV-40,  $f_1 = 1,47$

La casa clasificadora propone en su Tabla B1 (Materials classes), el grado del acero a utilizar en función del espesor de planchas o perfiles.

*Tabla B1: Clases de Materiales*

| <b>Table B1 Material classes</b>                                                                                                                                                                            |       |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|------|
| Thickness in mm                                                                                                                                                                                             | Class |      |      |      |
|                                                                                                                                                                                                             | I     | II   | III  | IV   |
| $t \leq 15$                                                                                                                                                                                                 | A/AH  | A/AH | A/AH | A/AH |
| $15 < t \leq 20$                                                                                                                                                                                            | A/AH  | A/AH | A/AH | B/AH |
| $20 < t \leq 25$                                                                                                                                                                                            | A/AH  | A/AH | B/AH | D/DH |
| $25 < t \leq 30$                                                                                                                                                                                            | A/AH  | A/AH | D/DH | D/DH |
| $30 < t \leq 35$                                                                                                                                                                                            | A/AH  | B/AH | D/DH | E/EH |
| $35 < t \leq 40$                                                                                                                                                                                            | A/AH  | B/AH | D/DH | E/EH |
| $40 < t \leq 50^{*)}$                                                                                                                                                                                       | B/AH  | D/DH | E/EH | E/EH |
| *) Plating of Class III or IV and with a thickness between 50 mm < t ≤ 150 mm, shall be of grade E/EH.<br>For other cases, D/DH (according to Class II) will be minimum quality for thicknesses above 50 mm |       |      |      |      |

El reglamento muestra que las clases y grados de acero dependen de las diferentes partes del casco a escantillonar, lo cual se ilustra en la Tabla B2 (Materials Classes and Grades for ships in general).

Cabe mencionar que el tipo de material a utilizar (en este caso acero), tanto en sus distintas clases y grados, como se presentan en la Tabla B2 es sólo referencial, guiándonos como calculistas a las mejores opciones, sin embargo, aquello no es estrictamente obligatorio.

| Table B2 Material Classes and Grades for ships in general                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Structural member category                                                                                                                                                                                    | Material class/grade                                                                                                                                   |
| SECONDARY:                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                        |
| A1. Longitudinal bulkhead strakes, other than that belonging to the Primary category                                                                                                                          | — Class II within 0.4L amidships<br>— Grade A/AH outside 0.4L amidships                                                                                |
| A2. Deck plating exposed to weather, other than that belonging to the Primary or Special category                                                                                                             |                                                                                                                                                        |
| A3. Side plating                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        |
| PRIMARY:                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                        |
| B1. Bottom plating, including keel plate                                                                                                                                                                      | — Class III within 0.4L amidships<br>— Grade A/AH outside 0.4L amidships                                                                               |
| B2. Strength deck plating, excluding that belonging to the Special category                                                                                                                                   |                                                                                                                                                        |
| B3. Continuous longitudinal members above strength deck, excluding hatch coamings                                                                                                                             |                                                                                                                                                        |
| B4. Uppermost strake in longitudinal bulkhead                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                        |
| B5. Vertical strake (hatch side girder) and uppermost sloped strake in top wing tank                                                                                                                          |                                                                                                                                                        |
| SPECIAL:                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                        |
| C1. Sheer strake at strength deck *)                                                                                                                                                                          | — Class IV within 0.4L amidships<br>— Class III outside 0.4L amidships<br>— Class II outside 0.6L amidships                                            |
| C2. Stringer plate in strength deck *)                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                        |
| C3. Deck strake at longitudinal bulkhead, excluding deck plating in way of inner-skin bulkhead of double-hull ships *)                                                                                        |                                                                                                                                                        |
| C4. Strength deck plating at outboard corners of cargo hatch openings in container carriers and other ships with similar hatch opening configurations                                                         | — Class IV within 0.4L amidships<br>— Class III outside 0.4L amidships<br>— Class II outside 0.6L amidships<br>— Min. Class IV within the cargo region |
| C5. Strength deck plating at corners of cargo hatch openings in bulk carriers, ore carriers combination carriers and other ships with similar hatch opening configurations                                    |                                                                                                                                                        |
| C6. Bilge strake in ships with double bottom over the full breadth and length less than 150 m *)                                                                                                              | — Class III within 0.6L amidships<br>— Class II outside 0.6L amidships                                                                                 |
| C7. Bilge strake in other ships *)                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                        |
| C8. Longitudinal hatch coamings of length greater than 0.15L                                                                                                                                                  | — Class IV within 0.4L amidships<br>— Class III outside 0.4L amidships<br>— Class II outside 0.6L amidships<br>— Not to be less than Grade D/DH        |
| C9. End brackets and deck house transition of longitudinal cargo hatch coamings                                                                                                                               |                                                                                                                                                        |
| *) Single strakes required to be of Class IV within 0.4L amidships are to have breadths not less than 800 + 5L (mm), need not be greater than 1800 (mm), unless limited by the geometry of the ship's design. |                                                                                                                                                        |

Tabla B2: Clases y Grados de Materiales para los Buques en General

#### 4.2.1.2 Decisión sobre el tipo de material a utilizar:

Considerando el mercado de fabricación de acero en Chile, se utilizarán planchas de acero estructural ASTM A 36, cuyas aplicaciones estructurales son generales (puentes, edificios, embarcaciones, torres, etc.).

Sus características propias se presentan en la imagen a la derecha.

| Composición Química (Valores típicos)         |                                   |                                   |            |            |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|
| % C                                           | % Mn                              | % Si                              | % P        | % S        |
| ≤ 0,29                                        | 0,80 - 1,20                       | ≤ 0,40                            | ≤ 0,04     | ≤ 0,05     |
| Propiedades Mecánicas                         |                                   |                                   |            |            |
| Esfuerzo Fluencia                             |                                   | Esfuerzo Tracción                 |            | Elongación |
| (Kg / mm <sup>2</sup> )                       | MPa                               | (Kg / mm <sup>2</sup> )           | MPa        | %          |
| 25,5 (mín.)                                   | 250 (mín.)                        | 40,8 (mín.)                       | 400 (mín.) | 20 (mín.)  |
| Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío (**) |                                   |                                   |            |            |
| Espesor E (mm.)                               |                                   |                                   |            |            |
| Hasta 20 mm. (incl.)                          | Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (incl.) | Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (incl.) |            |            |
| 1,5 X E                                       | 1,5 X E                           | 1,5 X E                           |            |            |

#### 4.2.2 Consideración adicional por corrosión:

Se considera en est anques de pet róleo (hidrocarburos) y/o en estanques de a gua de lastre un escantillonado adicional para la estructura del acero. Las adiciones por corrosión se efectuara n a planchas, refuerzos y vigas en estanques, baos, cuadernas y bodegas de carga.

El espesor adicional dado como  $t_k$  se presenta en función de la Tabla D1 (Corrosion addition  $t_k$  in mm) a continuación:

| <b>Table D1 Corrosion addition <math>t_k</math> in mm</b>                        |                                                         |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|
| <i>Internal members and plate boundary between spaces of the given category</i>  | <i>Tank/hold region</i>                                 |                         |
|                                                                                  | <i>Within 1.5 m below weather deck tank or hold top</i> | <i>Elsewhere</i>        |
| Ballast tank <sup>1)</sup>                                                       | 3.0                                                     | 1.5                     |
| Cargo oil tank only                                                              | 2.0                                                     | 1.0 (0) <sup>2)</sup>   |
| Hold of dry bulk cargo carriers <sup>4)</sup>                                    | 1.0                                                     | 1.0 (3) <sup>5)</sup>   |
| <i>Plate boundary between given space categories</i>                             | <i>Tank/hold region</i>                                 |                         |
|                                                                                  | <i>Within 1.5 m below weather deck tank or hold top</i> | <i>Elsewhere</i>        |
| Ballast tank <sup>1)</sup> /Cargo oil tank only                                  | 2.5                                                     | 1.5 (1.0) <sup>2)</sup> |
| Ballast tank <sup>1)</sup> /Hold of dry bulk cargo carrier <sup>4)</sup>         | 2.0                                                     | 1.5                     |
| Ballast tank <sup>1)</sup> /Other category space <sup>3)</sup>                   | 2.0                                                     | 1.0                     |
| Cargo oil tank only/ Other category space <sup>3)</sup>                          | 1.0                                                     | 0.5 (0) <sup>2)</sup>   |
| Hold of dry bulk cargo carrier <sup>4)</sup> /Other category space <sup>3)</sup> | 0.5                                                     | 0.5                     |

| <b>Table D1 Corrosion addition <math>t_k</math> in mm (Continued)</b> |                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1)                                                                    | The term ballast tank also includes combined ballast and cargo oil tanks, but not cargo oil tanks which may carry water ballast according to MARPOL 73/78 Annex I Reg. 18.            |
| 2)                                                                    | The figure in brackets refers to non-horizontal surfaces.                                                                                                                             |
| 3)                                                                    | Other category space denotes the hull exterior and all spaces other than water ballast and cargo oil tanks and holds of dry bulk cargo carriers.                                      |
| 4)                                                                    | Hold of dry bulk cargo carriers refers to the cargo holds, including ballast holds, of vessels with class notations <b>Bulk Carrier</b> and <b>Ore Carrier</b> , see Pt.5 Ch.2 Sec.5. |
| 5)                                                                    | The figure in brackets refers to webs and bracket plates in lower part of main frames in bulk carrier holds.                                                                          |

Tabla D1: Adición por corrosión  $t_k$  en mm

Adicionalmente se considera un factor adicional  $w_k$  que se multiplica por el valor del módulo resistente calculado para los refuerzos que se encuentran en estanques de lastre, petróleo o carga de hidrocarburos.

**204** The requirement to section modulus of stiffeners in tanks for water ballast or cargo oil given in relevant chapters is to be multiplied by a factor:

$$w_k = 1 + 0.05 (t_{kw} + t_{kf}) \text{ for flanged sections}$$

$$= 1 + 0.06 t_{kw} \text{ for bulbs}$$

$t_{kw}$  = corrosion addition  $t_k$  with respect to the profile web

$t_{kf}$  = corrosion addition  $t_k$  with respect to the profile flange.

For flat bars the corrosion addition may be added directly to the reduced thickness.



Cuando **no se considera** el factor  $w_k$ , se debe considerar un factor  $t_c$  de corrosión adicional, resultando un espesor  $t'_k$  final:

**303** The local scantlings of plates, stiffener webs/flanges and girder web/flanges where formulae are given in the rules with the corrosion addition ( $t_k$ ), the total addition is to be taken as:

$$t'_k = t_k + t_c \text{ (mm)}$$

El valor del factor  $t_c$  se presenta en la Tabla D2 (Corrosion addition  $t_c$  in mm), a continuación:

| <b>Table D2 Corrosion addition <math>t_c</math> in mm</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                         |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|
| <i>Internal members and plate boundary between spaces of the given category</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <i>Tank/hold region</i>                                 |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <i>Within 1.5 m below weather deck tank or hold top</i> | <i>Elsewhere</i> |
| Ballast tank <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3.0                                                     | 1.5              |
| Cargo oil tank only                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2.0                                                     | 1.0              |
| Hold of dry bulk cargo carriers <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1.0                                                     | 1.0              |
| <i>Plate boundary between given space categories <sup>4)</sup></i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>Tank/hold region</i>                                 |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <i>Within 1.5 m below weather deck tank or hold top</i> | <i>Elsewhere</i> |
| Ballast tank <sup>1)</sup> /Cargo oil tank only                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2.5                                                     | 1.5              |
| Ballast tank <sup>1)</sup> /Hold of dry bulk cargo carrier <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2.0                                                     | 1.5              |
| Ballast tank <sup>1)</sup> /Other category space <sup>2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2.0                                                     | 1.0              |
| Cargo oil tank only/ Other category space <sup>2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1.0                                                     | 0.5              |
| Hold of dry bulk cargo carrier <sup>3)</sup> /Other category space <sup>2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.5                                                     | 0.5              |
| <sup>1)</sup> The term ballast tank also includes combined ballast and cargo oil tanks, but not cargo oil tanks which may carry water ballast according to MARPOL 73/78 Annex I Reg. 18.<br><sup>2)</sup> Other category space denotes the hull exterior and all spaces other than water ballast and cargo oil tanks and holds of dry bulk cargo carriers.<br><sup>3)</sup> Hold of dry bulk cargo carriers refers to the cargo holds, including ballast holds, vessels with class notations <b>Bulk Carrier</b> and <b>Ore Carrier</b> , see Pt.5 Ch.2 Sec.5.<br><sup>4)</sup> For vessels with the notation <b>ICM(BT)</b> , <b>ICM(BTu)</b> or <b>ICM(BTs)</b> , cargo oil tanks and holds of dry bulk cargo carriers may be treated as "other category space". |                                                         |                  |

Tabla D1: Adición por corrosión  $t_c$  en mm



### **4.3 PRINCIPIOS DE DISEÑO:**

Pt.3 Ch.2 Sec.3 Design Principles – Page 19

#### **4.3.1 Disposición y subdivisiones:**

El reglamento indica que la embarcación debe ser subdividida en compartimentos estancos. Los mamparos obligatorios deben ser:

- Un mamparo de colisión
- Un mamparo de pique de popa
- Un mamparo en cada extremo del espacio de sala de máquinas

El reglamento indica que las naves sin mamparos longitudinales en sus bodegas de carga, deben poseer para la eslora de trabajo, tres mamparos a popa y cuatro a continuación de la sala de máquinas, sin embargo, este no es el caso, ya que la embarcación en proyecto posee mamparos longitudinales a cada costado de las bodegas de carga.

#### **4.3.2 Posición del mamparo de colisión:**

Tanto las distancias mínimas y máximas se encuentran normadas, estas son:

**401** The distance  $x_c$  from the perpendicular  $P_F$  to the collision bulkhead is to be taken between the following limits:

$$x_c \text{ (minimum)} = 0.05 L_F - x_r \text{ (m)}$$

$$x_c \text{ (maximum)} = 0.05 L_F + 3 - x_r \text{ (m)}$$

| Distancia mínima: |      |          |
|-------------------|------|----------|
| $x_c$             | 1,29 | [metros] |

| Distancia máxima: |      |          |
|-------------------|------|----------|
| $x_c$             | 4,29 | [metros] |

La embarcación en proyecto poseerá el mamparo de colisión a una distancia de 3,9 [metros] desde el extremo de proa, y 1,35 [metros] desde la perpendicular de proa.

#### **4.3.3 Disposición final de mamparos estancos:**

La barcaza contará con 4 mamparos estancos, los cuales corresponden a la cantidad mínima exigida. A continuación se describen sus distancias medidas desde el extremo de popa hacia proa.

- Mamparo de pique de popa = 1,95 [metros]
- Mamparo de popa de sala de máquinas = 3,9 [metros]
- Mamparo de proa de sala de máquinas = 13,65 [metros]
- Mamparo de colisión = 35,1 [metros]

#### **4.4 RESISTENCIA LONGITUDINAL:**

Pt.3 Ch.2 Sec.4 Longitudinal Strength – Page 35

##### **4.4.1 Definiciones:**

El módulo de sección mínimo exigido para la cuaderna maestra no es dependiente de los módulos de flexión y rigidez, sin embargo, estos se calcularán ya que serán utilizados en fases de cálculo posteriores del proyecto.

##### **A 200 Definitions**

**201** Symbols: L, B, D, T,  $C_B$ , see Sec.1 B.

$C_W$  = wave coefficient  
= 0.0792 L

$M_S$  = design stillwater bending moment in kNm as given in B100

$M_W$  = Rule wave bending moment in kNm as given in B200.

##### **4.4.1.1 Coeficiente de ola:**

$C_W$  2,97 [m]

##### **4.4.1.2 Momentos de flexión verticales:**

###### **4.4.1.2.1 Momento de flexión en condición de aguas tranquilas:**

##### **B 100 Stillwater conditions**

**101** The design stillwater bending moments within 0.4 L amidships are normally not to be taken less than:

$$M_{SO} = 0.0052 L^3 B (C_B + 0.7) \text{ (kNm)}$$

Outside 0.4 L amidships  $M_{SO}$  may be gradually decreased for zero at F.P. and A.P.

$M_{SO}$  4007,04 [kN\*m]

###### **4.4.1.2.2 Momento de flexión en condición de arrufo y quebranto:**

##### **B 200 Wave load conditions**

**201** The rule vertical wave bending moment amidships is given by:

$$M_{WO} = 0.11 C_W L^2 B (C_B + 0.7) \text{ (kNm) in sagging}$$
$$= 0.19 C_W L^2 B C_B \text{ (kNm) in hogging.}$$

$C_B$  is normally not to be taken less than 0.6.

$M_W$  is to be taken equal to  $M_{WO}$  between 0.4 L and 0.65 L from A.P. Outside this region  $M_W$  may be reduced linearly to zero at F.P. and A.P.

$M_{WO}$  6713,34 [kN\*m]

En Sagging (Arrufo)

$M_{WO}$  5404,17 [kN\*m]

En Hogging (Quebranto)

#### **4.4.2 Resistencia a la flexión y rigidez:**

4.4.2.1 Módulo de sección dentro de 0,4L en el centro del buque en condiciones de carga y lastre:

##### **C 100 Section modulus**

**101** The section modulus requirements within 0.4 L amidships about the transverse neutral axis based on cargo and ballast conditions are given by:

$$Z = \frac{M_S + M_W}{175} 10^3 \quad (\text{cm}^3)$$

$Z_s$  61259,30  $[\text{cm}^3]$

En Sagging (Arrufo)

$Z_h$  53778,35  $[\text{cm}^3]$

En Hogging (Quebranto)

4.4.2.2 Módulo de sección mínimo exigido de la cuaderna maestra:

**104** The midship section modulus about the transverse neutral axis is not to be less than:

$$Z_O = C_{WO} L^2 B (C_B + 0.7) \quad (\text{cm}^3)$$

$C_{WO} = 5.7 + 0.022 L$ , minimum 7.0.

$C_B$  is in this case not to be taken less than 0.50. For ships with restricted service,  $C_{WO}$  may be reduced as given in Table C1.

$C_{wo}$  6,52  $[m]$

Por lo tanto, el valor de  $C_{WO}$  a utilizar será de 7.0, resultando un valor calculado del módulo de sección mínimo de:

$Z_o$  144073,04  $[\text{cm}^3]$

#### **4.5 ESTRUCTURA DEL FONDO:**

Pt.3 Ch.2 Sec.5 Bottom Structures – Page 41

##### **4.5.1 Definiciones:**

$L_F$  = Eslora en flotación en  $[m]$

$t$  = Espesor de planchaje en  $[mm]$

$s$  = Espaciamiento entre refuerzos en  $[m]$ , medido a lo largo de las planchas.

$l$  = Espaciamiento entre refuerzos en  $[m]$ , medido a lo largo del reborde superior de cada miembro.

$\sigma$  = Esfuerzo de flexión nominal admisible en  $[\text{N/mm}^2]$  (presiones laterales).

#### 4.5.2 Cargas de diseño:

Estas corresponden a cargas locales de aplicación general para el cálculo de la estructura inferior (doble fondo). En la Tabla B1 (Local load on bottom structures) a continuación se indican las cargas pertinentes para cada caso.

##### B 100 Local loads on bottom structures

**101** Generally applicable local loads on bottom structures are given in Table B1. In connection with the various local structures, reference is made to this table, indicating the relevant loads in each case.

| Table B1 Design loads                                                                                                    |                                              |                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Structure                                                                                                                |                                              | $p \text{ (kN/m}^2 \text{)}^1$             |
| Outer bottom:                                                                                                            | Sea pressure                                 | $p_1 = 10 h_0 + p_{dp}$                    |
|                                                                                                                          | Liquid cargo in tank above                   | $p_2 = \rho_0 \rho h_s$                    |
| Inner bottom:                                                                                                            | Dry cargo in cargo holds                     | $p_3 = k \rho_0 \rho_c H_C$                |
|                                                                                                                          |                                              | $p_4 = k \rho_0 \rho h_s$                  |
|                                                                                                                          |                                              | $p_5 = 0.67 (\rho_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ |
|                                                                                                                          | Liquids in tank above <sup>2)</sup>          | $p_6 = \rho_0 \rho h_s + p_0$              |
|                                                                                                                          |                                              | $p_7 = \rho_0 \rho (h_s + 0.3 b)$          |
|                                                                                                                          |                                              | $p_8 = \rho_0 \rho (h_s + 0.1 l)$          |
| Inner bottom, floors and girders:                                                                                        | Pressure on tank boundaries in double bottom | $p_9 = 0.67 (10 h_p + \Delta p_{dyn})$     |
|                                                                                                                          |                                              | $p_{10} = 10 h_s + p_0$                    |
|                                                                                                                          | Flooded condition                            | $p_{11} = 10 h_b$                          |
| 1) For ships with service restrictions, $p_3$ , $p_4$ and the last term in $p_1$ may be reduced as given in Sec.3 B1103. |                                              |                                            |
| 2) $p_7$ and $p_8$ refer to tank sides and ends, respectively. Adjacent structures to be reinforced accordingly.         |                                              |                                            |

The pressure  $p_{dp}$  is taken as:

$$p_{dp} = p_l + 135 \frac{y}{B + 75} - 1.2 (T - z) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$p_l = k_s C_W + k_f$$

$$= (k_s C_W + k_f) \left( 0.8 + 0.15 \frac{V}{\sqrt{L}} \right) \text{ if } \frac{V}{\sqrt{L}} > 1.5$$

$$k_s = 3 C_B + \frac{2.5}{\sqrt{C_B}} \text{ at AP and aft}$$

$$= 2 \text{ between } 0.2 L \text{ and } 0.7 L \text{ from AP}$$

$$= 3 C_B + \frac{4.0}{C_B} \text{ at F.P. and forward}$$

Between specified areas  $k_s$  is to be varied linearly.

Tabla B1: Cargas locales en la estructura de fondo

### **Referencia sobre principales dimensiones a utilizar en el cálculo de las cargas de diseño:**

Las presiones de diseño utilizadas en esta sección se calcularon en función de las dimensiones presentadas en la figura 1, a continuación.

Cada una de estas dimensiones se definirá en el transcurso de los cálculos que las requieran.

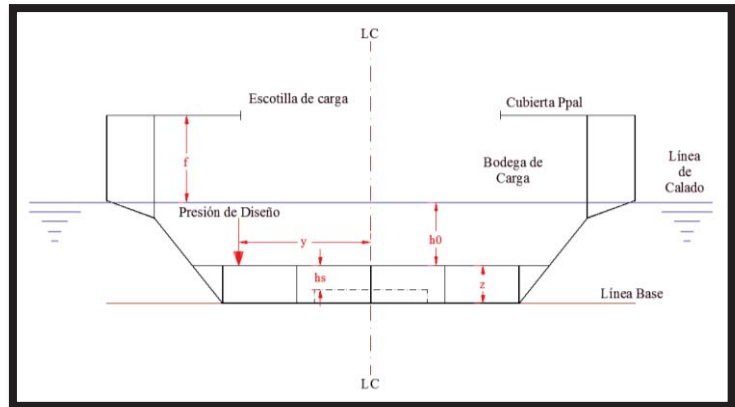


Fig.1: Consideraciones sobre la carga de diseño en el doble fondo

### **4.5.3 Cálculo de elementos del doble fondo (planchas y refuerzos):**

#### 4.5.3.1 Plancha de la quilla y traca (Keel plate and garboard strake):

##### **C 100 Keel plate and garboard strake**

**101** The keel plate or garboard strake is to extend over the complete length of the ship. The breadth is not to be less than:

$$b = 800 + 5 L \quad (\text{mm})$$

**102** The thickness is not to be less than:

$$t = 7.0 + 0.05 L + t_k \quad (\text{mm})$$

The thickness is in no case to be less than that of the adjacent bottom plate.

| Consideraciones: |       |      |
|------------------|-------|------|
| $t_k$            | 3     | [mm] |
| L                | 37,44 | [m]  |

| Calculados: |       |      |
|-------------|-------|------|
| b           | 987,2 | [mm] |
| t           | 11,87 | [mm] |

| Recomendado: |      |      |
|--------------|------|------|
| b            | 1000 | [mm] |
| t            | 12   | [mm] |

Por lo tanto, se utilizará una quilla horizontal la cual tendrá un ancho (b) de 1 [m] x 12 [mm] de espesor.

4.5.3.2 Plancha de fondo (Bottom and bilge plating):

**202** The thickness is not to be less than:

$$t = 5.0 + 0.04 L + t_k \text{ (mm).}$$

| Consideraciones: |       |      |
|------------------|-------|------|
| $t_k$            | 3     | [mm] |
| L                | 37,44 | [m]  |

|               |      |      |
|---------------|------|------|
| Calculado (t) | 9,50 | [mm] |
|---------------|------|------|

|                 |    |      |
|-----------------|----|------|
| Recomendado (t) | 10 | [mm] |
|-----------------|----|------|

Por lo tanto, se recomienda utilizar planchas de acero de 10 [mm] de espesor para el enchapado (casco) del fondo de la embarcación.

4.5.3.3. Plancha cubierta de doble fondo (Inner bottom plating):

**302** The thickness is not to be less than:

$$t = t_0 + 0.03 L + t_k \text{ (mm)}$$

$t_0$  = 7.0 in holds below dry cargo hatchway opening if ceiling is not fitted  
= 6.0 elsewhere in holds if ceiling is not fitted  
= 5.0 in holds if ceiling is fitted  
= 5.0 in void spaces, machinery spaces and tanks.

| Consideraciones: |       |      |
|------------------|-------|------|
| $t_k$            | 3     | [mm] |
| $t_0$            | 5     | [mm] |
| L                | 37,44 | [m]  |

|               |      |      |
|---------------|------|------|
| Calculado (t) | 9,12 | [mm] |
|---------------|------|------|

|                 |    |      |
|-----------------|----|------|
| Recomendado (t) | 10 | [mm] |
|-----------------|----|------|

Por lo tanto, se recomienda utilizar planchas de acero de 10 [mm] de espesor para la cubierta del doble fondo (inner bottom).

4.5.3.4 Varengas y vagras (Floors and longitudinal girders):

**402** The thickness of longitudinal girders, floors, supporting plates and brackets is not to be less than:

$$t = 6 + k L + t_k \quad (\text{mm})$$

k = 0.04 for centre girder

= 0.02 for other girders.

= 0.05 for sea chest boundaries (including top and partial bulkheads).

| Consideraciones varengas y<br>vagra Lateral: |       |      |
|----------------------------------------------|-------|------|
| $t_k$                                        | 3     | [mm] |
| L                                            | 37,44 | [m]  |
| k                                            | 0,02  |      |

| Consideraciones varengas y<br>vagra Central: |       |      |
|----------------------------------------------|-------|------|
| $t_k$                                        | 3     | [mm] |
| L                                            | 37,44 | [m]  |
| k                                            | 0,04  |      |

|                 |      |      |
|-----------------|------|------|
| Calculado (t)   | 9,75 | [mm] |
| Recomendado (t) | 10   | [mm] |

|                 |       |      |
|-----------------|-------|------|
| Calculado (t)   | 10,50 | [mm] |
| Recomendado (t) | 12    | [mm] |

Por lo tanto, se recomienda utilizar planchas de acero de 10 [mm] de espesor para las vagras laterales y planchas de acero de 12 [mm] de espesor para la vagra central.

4.5.3.5 Bulárcama del fondo (Transversal Frames):

4.5.3.5.1 Módulo de sección mínimo de la bulárcama del fondo:

**C 500 Transverse frames**

**501** The section modulus requirement of bottom and inner bottom frames is given by:

$$Z = 0.63 l^2 s p w_k \quad (\text{cm}^3)$$

p =  $p_1 - p_9$  whichever is relevant, as given in Table B1.

**Notas:**

Z = Módulo resistente mínimo de la bulárcama del fondo en [cm<sup>3</sup>]

l = Distancia entre apoyos longitudinales (longitud no apoyada) en [m]

s = Distancia entre refuerzos transversales (bulárcamas) en [m]

p = Presión o carga de diseño (Tabla B1) en [kN/m<sup>2</sup>]

$p_0 = 0,3 * L - 5$  en [kN/m<sup>2</sup>], mínimo 10 (25 kN/m<sup>2</sup> en estanques de carga).

$w_k$  = Factor adicional de módulo resistente para los refuerzos que se encuentran en estanques de lastre, petróleo o carga de hidrocarburos.

$h_s$  = Distancia vertical en [m] desde el punto de aplicación de la carga a la parte superior del estanque.

$g_0$  = Aceleración de gravedad en [m/s<sup>2</sup>]

$\rho$  = Peso específico del líquido en [t/m<sup>3</sup>]



| Consideraciones de la carga (p <sub>1</sub> a p <sub>9</sub> ): |       |                      |
|-----------------------------------------------------------------|-------|----------------------|
| p = p <sub>6</sub>                                              | 18,04 | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| p <sub>0</sub>                                                  | 10    | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| g <sub>0</sub>                                                  | 9,81  | [m/s <sup>2</sup> ]  |
| ρ                                                               | 1,025 | [t/m <sup>3</sup> ]  |
| h <sub>s</sub>                                                  | 0,8   | [m]                  |

| Consideraciones dimensionales: |      |     |
|--------------------------------|------|-----|
| l                              | 1,70 | [m] |
| s                              | 1,95 | [m] |

| Consideraciones adicionales: |     |      |
|------------------------------|-----|------|
| w <sub>k</sub>               | 1,3 |      |
| t <sub>k</sub>               | 3   | [mm] |

|                      |       |                    |
|----------------------|-------|--------------------|
| <b>Calculado (Z)</b> | 82,79 | [cm <sup>3</sup> ] |
|----------------------|-------|--------------------|

#### 4.5.3.5.2 Espesor mínimo de la bulárcama del fondo:

**602** The thickness of web and flange is not to be less than the larger of:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

$$k = 0.015 L$$

h<sub>w</sub> = web height in mm

g = 75 for flanged profile webs

= 41 for bulb profiles

= 22 for flat bar profiles.

| Consideraciones: |      |      |
|------------------|------|------|
| k                | 0,56 |      |
| t <sub>k</sub>   | 3    | [mm] |

|                      |      |      |
|----------------------|------|------|
| <b>Calculado (t)</b> | 8,06 | [mm] |
|----------------------|------|------|

**Recomendación:** Por lo tanto, se recomienda utilizar refuerzos rectangulares pletinas de 160 x 10 [mm x mm] en conformidad con las normas y perfiles comerciales. El módulo de sección de estos perfiles es de 88,75 [cm<sup>3</sup>].

| Recomendado (Tipo de perfil): |  |  |
|-------------------------------|--|--|
| Pletina: 160 x 10             |  |  |
| t = 10 [mm]                   |  |  |
| Z = 88,75 [cm <sup>3</sup> ]  |  |  |

#### 4.5.3.6 Longitudinales del fondo (Bottom longitudinals):

##### C 600 Bottom longitudinals

**601** The section modulus requirement is given by:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \text{ (cm}^3\text{)}$$

p = p<sub>1</sub> or p<sub>2</sub> in Table B1

σ = 95 within 0.4 L when Z<sub>B</sub> = Z<sub>R</sub>

= 160 within 0.4 L when Z<sub>B</sub> ≥ 2 Z<sub>R</sub>

= 160 within 0.1 L from the perpendiculars.

Between specified regions the σ-value may be varied linearly.

| Consideraciones dim. y reglam.: |      |                      |
|---------------------------------|------|----------------------|
| l                               | 0,7  | [m]                  |
| s                               | 1,95 | [m]                  |
| σ                               | 95   | [N/mm <sup>2</sup> ] |

| Consideraciones adicionales: |     |      |
|------------------------------|-----|------|
| w <sub>k</sub>               | 1,3 |      |
| t <sub>k</sub>               | 3   | [mm] |

$h_0$  = Distancia vertical en [m] desde la línea de agua al punto donde se aplica la carga.  
 $g_0$  = Aceleración de gravedad en  $[m/s^2]$   
 $\rho$  = Peso específico del líquido en  $[t/m^3]$   
 $h_s$  = Distancia vertical en [m] desde el punto de aplicación de la carga a la parte superior del estanque.  
 $k_s$  = 2 (Entre 0,2 y 0,7L desde AP).  
 $k_f$  = Menor valor entre  $f$  y  $T$  en [m] ( $f = 1,85$  m;  $T = 2,15$  m).  
 $f$  = Distancia vertical en [m] desde la línea de flotación hasta la parte superior del costado de la sección transversal (Máximo  $0,8 \cdot C_w$ ).  
 $C_w = 0,0792 \cdot L$  en [m]  
 $p_l$  = Presión de acuerdo a la Tabla B1.  
 $z$  = Distancia vertical en [m] desde la línea base al punto donde se aplica la carga (máximo  $T$ ).  
 $y$  = Distancia horizontal en [m] desde CL al punto donde se aplica la carga (mínimo  $B/4$ ).  
 $p_{dp}$  = Presión de acuerdo a la Tabla B1.  
 $p_1$  = Carga de diseño de acuerdo a Tabla B1.

| Presión de diseño = $p = p_1$ o $p_2$ |       |            |
|---------------------------------------|-------|------------|
| $h_0$                                 | 1,35  | [m]        |
| $g_0$                                 | 9,81  | $[m/s^2]$  |
| $\rho$                                | 1,025 | $[t/m^3]$  |
| $h_s$                                 | 0,8   | [m]        |
| $k_s$                                 | 2,0   | [m]        |
| $k_f$                                 | 1,85  | [m]        |
| $C_w$                                 | 2,97  | [m]        |
| $p_l$                                 | 7,8   | $[kN/m^2]$ |
| $z$                                   | 0,8   | [m]        |
| $y$                                   | 2,8   | [m]        |
| $p_{dp}$                              | 10,5  | $[kN/m^2]$ |
| $p_1$                                 | 24,0  | $[kN/m^2]$ |

#### 4.5.3.6.1 Cálculo de módulo resistente para longitudinales del fondo:

|                      |       |          |
|----------------------|-------|----------|
| <b>Calculado (Z)</b> | 26,10 | $[cm^3]$ |
|----------------------|-------|----------|

| <b>Recomendado (Tipo de perfil):</b> |
|--------------------------------------|
| Pletina: 90 x 10                     |
| $t = 10$ [mm]                        |
| $Z = 29,79$ $[cm^3]$                 |

En base a los perfiles comerciales se decide utilizar pletinas (perfiles rectangulares) de 90 x 10 [mm x mm], las cuales cumplen con el mínimo módulo exigido.

#### 4.5.3.7 Longitudinales de cubierta doble fondo (Inner bottom longitudinals):

##### C 700 Inner bottom longitudinals

701 The section modulus requirement is given by:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3)$$

$p$  =  $p_3$  to  $p_9$  whichever is relevant, as given in Table B1

$\sigma$  = 110 within 0.4 L when  $Z_B = Z_R$

= 160 within 0.4 L when  $Z_R \geq 2 Z_B$

= 160 within 0.1 L from the perpendiculars.

= 220  $f_1$  for flooded condition.

Between specified regions the  $\sigma$ -value may be varied linearly.

##### Consideraciones dim. y reglam.:

|          |      |                      |
|----------|------|----------------------|
| l        | 0,7  | [m]                  |
| s        | 1,95 | [m]                  |
| $\sigma$ | 110  | [N/mm <sup>2</sup> ] |

##### Consideraciones adicionales:

|       |     |      |
|-------|-----|------|
| $w_k$ | 1,3 |      |
| $t_k$ | 3   | [mm] |

$H_c$  = Altura en [m] de estiba de la carga seca. Altura en [m] del entrepuente a la parte superior de la escotilla.

$g_0$  = Aceleración de gravedad en [m/s<sup>2</sup>]

$\rho_c$  = Densidad de la carga seca, sino se especifica debe ser tomado como 0,7 en [t/m<sup>3</sup>]

$k$  = 1,3: Desde popa hasta 0,2\*L desde la pp de proa.

= 1,5; Desde 0,2\*L hasta la perpendicular de proa.

$p_3$  = Carga de diseño de acuerdo a Tabla B1.

##### Presión de diseño = $p = p_3$ a $p_9$

|          |      |                      |
|----------|------|----------------------|
| $H_c$    | 3,2  | [m]                  |
| $g_0$    | 9,81 | [m/s <sup>2</sup> ]  |
| $\rho_c$ | 0,7  | [t/m <sup>3</sup> ]  |
| $k$      | 1,3  |                      |
| $p_3$    | 28,6 | [kN/m <sup>2</sup> ] |

#### 4.5.3.7.1 Cálculo de módulo resistente para longitudinales de cubierta doble fondo:

##### Calculado (Z)

26,77

[cm<sup>3</sup>]

##### Recomendado (Tipo de perfil):

Pletina: 90 x 10

$t = 10$  [mm]

$Z = 29,79$  [cm<sup>3</sup>]

En base a los perfiles comerciales se decide utilizar pletinas (perfiles rectangulares) de 90 x 10 [mm x mm], las cuales cumplen con el mínimo módulo exigido.

## 4.6 ESTRUCTURA DEL COSTADO:

Pt.3 Ch.2 Sec.6 Side Structures – Page 53

### 4.6.1 Definiciones:

En esta sección se detallará el escantillonado referido a la estructura lateral de la embarcación.

### 4.6.2 Cargas de diseño:

Las presiones de diseño referidas a la estructura lateral se presentan en la Tabla B1 (Local load on side structures) a continuación, indicándose en esta la relevancia para cada caso particular.

Para calcular las presiones se necesitan determinadas distancias y parámetros, los cuales se detallarán en el proceso de cálculo para cada elemento estructural.

| Table B1 Design loads                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Load type                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $p$ (kN/m <sup>2</sup> )                     |
| Sea pressure below summer load waterline                                                                                                                                                                                                                                                      | $p_1 = 10 h_0 + p_{dp}^{1)}$                 |
| Sea pressure above summer load waterline                                                                                                                                                                                                                                                      | $p_2 = (p_{dp} - (4 + 0.2 k_s) h_0)^{1)}$    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | minimum $6.25 + 0.025 L$                     |
| Ballast, bunker or liquid cargo in side tanks in general <sup>2) 3)</sup>                                                                                                                                                                                                                     | $p_3 = k \rho g_0 h_s$                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $p_4 = \rho g_0 h_s + p_0$                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $p_5 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $p_6 = \rho g_0 (h_s + 0.3 b)$               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $p_7 = \rho g_0 (h_s + 0.1 l)$               |
| <sup>1)</sup> For ships with service restrictions, $p_2$ and the last term in $p_1$ may be reduced as given in Sec.3 B1103.<br><sup>2)</sup> $p_7$ is to be applied for 25% of length of tank measured from the tank ends.<br><sup>3)</sup> For partly filled tanks, see also Sec.8 Table B1. |                                              |

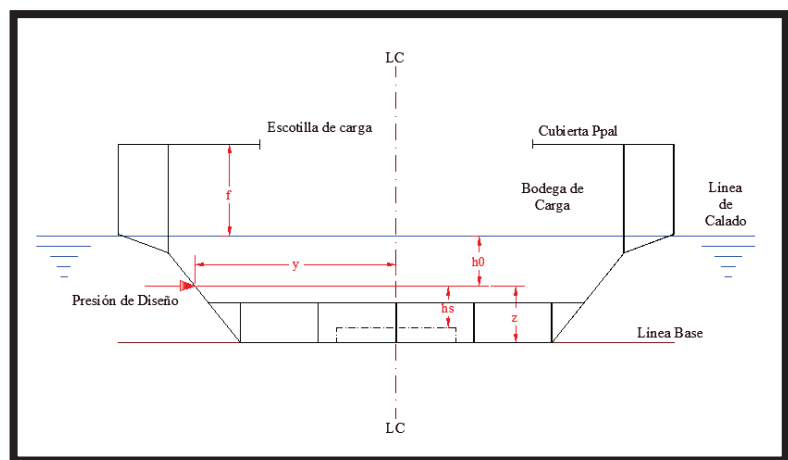
Tabla B1: Cargas locales en la estructura de costado

### Referencia sobre principales dimensiones a utilizar en el cálculo de las cargas de diseño:

Las presiones de diseño utilizadas en esta sección se calcularon en función de las dimensiones presentadas en la figura 2, a continuación.

Cada una de estas dimensiones se definirá en el transcurso de los cálculos que las requieran.

Fig.2: Consideraciones sobre la carga de diseño en el costado



#### **4.6.3 Cálculo de elementos del costado (planchas y refuerzos):**

##### 4.6.3.1 Planchas del costado (Side plating, general):

**102** The thickness is not for any region of the ship to be less than:

$$t = 5.0 + k L + t_k \quad (\text{mm})$$

$k$  = 0.04 up to 4.6 m above the summer load waterline. For each 2.3 m above this level the  $k$ -value may be reduced by 0.01 ( $k$  (minimum) = 0).

= 0.06 for plating connected to the sternframe.

| Consideraciones: |       |      |
|------------------|-------|------|
| $t_k$            | 1,5   | [mm] |
| $L$              | 37,44 | [m]  |
| $k$              | 0,04  |      |

|               |      |      |
|---------------|------|------|
| Calculado (t) | 8,00 | [mm] |
|---------------|------|------|

|                 |   |      |
|-----------------|---|------|
| Recomendado (t) | 8 | [mm] |
|-----------------|---|------|

Por lo tanto, se recomiendan planchas comerciales de costado de 8 [mm] de espesor.

##### 4.6.3.2 Traca cinta (Sheer strake at strength deck):

$t_1$  = Espesor de las planchas de costado en [mm]

$t_2$  = Espesor del enchapado de la cubierta resistente en [mm], el cual no debe ser inferior a  $t_1$ .

#### **C 200 Sheer strake at strength deck**

**201** The breadth is not to be less than:

$$b = 800 + 5 L \quad (\text{mm}).$$

**202** The thickness is not to be less than:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (\text{mm})$$

$t_1$  = required side plating in mm

$t_2$  = strength deck plating in mm, not to be taken less than  $t_1$ .

| Consideraciones: |       |      |
|------------------|-------|------|
| $t_1$            | 8     | [mm] |
| $t_2$            | 8     | [mm] |
| $L$              | 37,44 | [m]  |

|               |        |      |
|---------------|--------|------|
| Calculado (b) | 987,20 | [mm] |
| Calculado (t) | 8      | [mm] |

|                 |      |      |
|-----------------|------|------|
| Recomendado (b) | 1000 | [mm] |
| Recomendado (t) | 8    | [mm] |

Por lo tanto, las tracas cintas recomendadas serán de 1 [m] de longitud (b) con espesor de 8 [mm].

#### 4.6.3.3 Longitudinales del costado (Longitudinals):

##### C 300 Longitudinals

301 The section modulus requirement is given by:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3), \text{ minimum } 15 \text{ cm}^3$$

$p$  =  $p_1$  to  $p_7$ , whichever is relevant, as given in Table B1

$\sigma$  = 95 at deck or bottom within 0.4 L when  $Z_A = Z_R$   
 = 160 at deck or bottom within 0.4 L when  $Z_A \geq 2 Z_R$   
 = 160 within 0.25 D above and below the neutral axis  
 = 160 within 0.1 L from the perpendiculars.

##### Consideraciones dim. y reglam.:

|          |      |                      |
|----------|------|----------------------|
| l        | 0,7  | [m]                  |
| s        | 1,95 | [m]                  |
| $\sigma$ | 95   | [N/mm <sup>2</sup> ] |

##### Consideraciones adicionales:

|       |      |      |
|-------|------|------|
| $w_k$ | 1,15 |      |
| $t_k$ | 1,5  | [mm] |

$h_0$  = Distancia vertical en [m] desde la línea de agua al punto donde se aplica la carga.

$k_s$  = 2 (Entre 0,2 y 0,7\*L desde AP).

$k_f$  = Menor valor entre f y T en [m] ( $f$  = 1,85 m;  $T$  = 2,15 m).

$f$  = Distancia vertical en [m] desde la línea de flotación hasta la parte superior del costado de la sección transversal (Máximo 0,8\*C<sub>w</sub>).

$C_w$  = 0,0792\*L en [m]

$p_l$  = Presión de acuerdo a la Tabla B1.

$z$  = Distancia vertical en [m] desde la línea base al punto donde se aplica la carga (máximo T).

$y$  = Distancia horizontal en [m] desde CL al punto donde se aplica la carga (mínimo B/4).

$p_{dp}$  = Presión de acuerdo a la Tabla B1.

$\sigma$  = Esfuerzo de flexión nominal admisible en [N/mm<sup>2</sup>]

$p_1$  = Carga de diseño de acuerdo a Tabla B1.

| Presión de diseño = $p = p_1$ a $p_7$ |      |                      |
|---------------------------------------|------|----------------------|
| $h_0$                                 | 1,0  | [m]                  |
| $k_s$                                 | 2,0  | [m]                  |
| $k_f$                                 | 1,85 | [m]                  |
| $C_w$                                 | 2,97 | [m]                  |
| $p_l$                                 | 7,8  | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $z$                                   | 1,14 | [m]                  |
| $y$                                   | 4,05 | [m]                  |
| $P_{dp}$                              | 12,9 | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $p_1$                                 | 23,0 | [kN/m <sup>2</sup> ] |

#### 4.6.3.3.1 Cálculo de módulo resistente para longitudinales del costado:

|               |       |                    |
|---------------|-------|--------------------|
| Calculado (Z) | 22,08 | [cm <sup>3</sup> ] |
|---------------|-------|--------------------|

| Recomendado (Tipo de perfil):  |
|--------------------------------|
| Pletina: 80 x 10               |
| $t = 10$ [mm]                  |
| $Z = 23,08$ [cm <sup>3</sup> ] |

Finalmente se opta por perfiles rectangulares de 80 x 10 [mm x mm], los cuales satisfacen el módulo mínimo exigido.

#### 4.6.3.4 Bulárcamas (Main frames):

La casa clasificadora indica que en este caso se debe de utilizar el mayor de los módulos calculados, de acuerdo a la sección C 400 (Main frames).

##### **C 400 Main frames**

**401** Main frames are frames located outside the peak tanks, connected to the floors or the double bottom and extending to the lowest deck or stringer on the ship's side.

**402** The section modulus requirement is given by the greater of:

$$Z = 0.5 l^2 s p w_k \text{ (cm}^3\text{)} \quad \text{and}$$

$$Z = 6.5 \sqrt{L} \text{ (cm}^3\text{)}$$

$p = p_1$  to  $p_7$ , whichever is relevant, as given in Table B1.

Cabe destacar que la presión de diseño  $p_1$ , es igual a la calculada en el apartado 5.3.3, ello debido a que sus parámetros no cambian con respecto a las consideraciones presentadas a continuación.

| Consideraciones: Pantoque Central |      |     |
|-----------------------------------|------|-----|
| l                                 | 0,68 | [m] |
| s                                 | 1,95 | [m] |

| Consideraciones: Pantoque Superior |      |     |
|------------------------------------|------|-----|
| l                                  | 1,46 | [m] |
| s                                  | 1,95 | [m] |

|       |      |                      |
|-------|------|----------------------|
| $p_1$ | 23,0 | [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-------|------|----------------------|

##### 4.6.3.4.1 Cálculo de módulo resistente para la bulárcama del costado:

Para la bulárcama dispuesta en el pantoque central el mayor módulo de sección es el que se encuentra en función de la eslora de escantillonado (L) y para el pantoque superior, es el que se encuentra en función de los parámetros de medida establecidos por el reglamento.

| Consideraciones adicionales: |      |      |
|------------------------------|------|------|
| $w_k$                        | 1,15 |      |
| $t_k$                        | 1,5  | [mm] |

| Mayores módulos de sección:   |       |                    |
|-------------------------------|-------|--------------------|
| Calculado (Pantoque central)  | 39,77 | [cm <sup>3</sup> ] |
| Calculado (Pantoque superior) | 54,98 | [cm <sup>3</sup> ] |

Por lo tanto, se recomienda para la bulárcama del pantoque central refuerzos angulares de 12,5 x 8 x 12 [cm x cm x kg/m] de 8 [mm] de espesor, los cuales poseen un módulo de sección de 43,43 [cm<sup>3</sup>]. Para la bulárcama del pantoque superior se recomiendan refuerzos angulares de 12,5 x 8 x 14,8 [cm x cm x kg/m] de 10 [mm] de espesor, los cuales poseen un módulo de sección de 55 [cm<sup>3</sup>].

| Recomendado (Tipo de perfil):<br>Pantoque central |  |  |
|---------------------------------------------------|--|--|
| L12,5 X 8 X 12                                    |  |  |
| t = 8 [mm]                                        |  |  |
| Z = 43,43 [cm <sup>3</sup> ]                      |  |  |

| Recomendado (Tipo de perfil):<br>Pantoque superior |  |  |
|----------------------------------------------------|--|--|
| L12,5 X 8 X 14,8                                   |  |  |
| t = 10 [mm]                                        |  |  |
| Z = 55 [cm <sup>3</sup> ]                          |  |  |



#### 4.6.3.4.2 Escuadras para la bulárcama en el costado:

El reglamento señala que el módulo resistente para la bulárcama del costado indicado en el punto 4.6.3.4.1 es eficaz siempre y cuando esta se encuentre apoyada por soportes (escuadras). Las dimensiones de estas cartelas se determinan en función de la longitud total de la bulárcama en el costado (incluyendo las escuadras).

**404** The requirement given in 402 is based on the assumption that effective brackets are fitted at both ends. The length of brackets is not to be less than:

- 0.12  $l$  for the lower bracket
- 0.07  $l$  for the upper bracket.

where

$l$  = full length of frame including brackets.

$l$  = longitud total de la cuaderna en el costado en [mm]

| Consideraciones dimensionales: |      |      |
|--------------------------------|------|------|
| 1                              | 2895 | [mm] |

| Calculados:                                                |       |      |
|------------------------------------------------------------|-------|------|
| La longitud de la escuadra superior no debe ser menor que: | 202,7 | [mm] |
| La longitud de la escuadra inferior no debe ser menor que: | 347,4 | [mm] |

Por lo tanto, se recomienda utilizar escuadras con las siguientes características:

| Recomendación de escuadras superiores para bulárcama en el costado: |                |                |
|---------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Cartela superior                                                    | 210 x 210 x 10 | [mm x mm x mm] |
| Talón                                                               | 50             | [mm]           |
| Flange                                                              | 40             | [mm]           |

| Recomendación de escuadras inferiores para bulárcama en el costado: |                |                |
|---------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Cartela inferior                                                    | 350 x 350 x 10 | [mm x mm x mm] |
| Talón                                                               | 70             | [mm]           |
| Flange                                                              | 40             | [mm]           |

Los flanges corresponden a las distancias libres entre uniones, las cuales se considerarán de 40 [mm]. Las planchas de las cartelas serán de 10 [mm] de espesor.

## 4.7 ESTRUCTURA DE CUBIERTA:

Pt.3 Ch.2 Sec.7 Deck Structures – Page 59

### 4.7.1 Definiciones:

En esta sección se detallará el escantillonado referido a la estructura de cubierta de la embarcación.

### 4.7.2 Cargas de diseño:

Las presiones de diseño referidas a la estructura de cubierta se presentan en la Tabla B1 (Local load on deck structures) a continuación, indicándose en esta la relevancia para cada caso particular.

Para calcular las presiones se necesitan determinadas distancias y parámetros, los cuales se detallarán en el proceso de cálculo para cada elemento estructural.

| Table B1 Design loads                                        |                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Structure                                                    | $p$ (kN/m <sup>2</sup> )                                                                                                                                                    |
| Weather decks <sup>1) 3)</sup>                               | $p_1 = a (p_{dp} - (4 + 0.2 k_s) h_0)$<br>= minimum 5.0                                                                                                                     |
| Cargo 'tweendecks                                            | $p_2 = k g_0 q$<br>$p_3 = k \rho_c g_0 H_C$                                                                                                                                 |
| Platform deck in machinery spaces                            | $p_4 = k g_0 1.6$                                                                                                                                                           |
| Accommodation decks                                          | $p_5 = k g_0 0.35$                                                                                                                                                          |
| Deck as tank bottom or top in general <sup>2) 4)</sup>       | $p_6 = k \rho g_0 h_s$<br>$p_7 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$<br>$p_8 = \rho g_0 h_s + p_0$<br>$p_9 = \rho g_0 (h_s + 0.3 b)$<br>$p_{10} = \rho g_0 (h_s + 0.1 l)$ |
| Top of deckhouse                                             | $p_{11} = 4$                                                                                                                                                                |
| Watertight deck submerged in damaged condition <sup>5)</sup> | $p_{12} = 10 h_b$                                                                                                                                                           |

1) On weather decks combination of the design pressures  $p_1$  and  $p_2$  may be required for deck cargo with design stowage height less than 2.3 m.  
2) For partly filled tanks, see Sec.8 Table B1.  
3) For ships with service restrictions,  $p_1$  may be reduced by the percentages given in Sec.3 B1103.  
4)  $p_9$  and  $p_{10}$  refer to tank sides and ends, respectively. Adjacent structures are to be reinforced accordingly.  
5) The strength may be calculated with allowable stresses for plating, stiffeners and girders increased by 60.

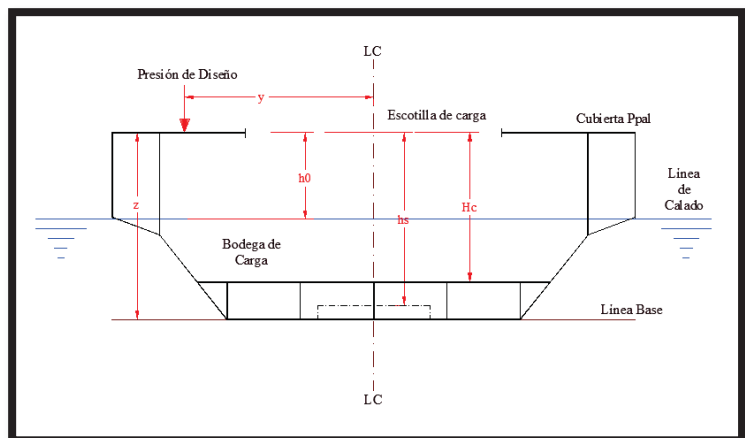
Tabla B1: Cargas locales en la estructura de cubierta

## Referencia sobre principales dimensiones a utilizar en el cálculo de las cargas de diseño:

Las presiones de diseño utilizadas en esta sección se calcularon en función de las dimensiones presentadas en la figura 3, a continuación.

Cada una de estas dimensiones se definirá en el transcurso de los cálculos que las requieran.

Fig.3: Consideraciones sobre la carga de diseño en la cubierta



#### 4.7.3 Cálculo de elementos de la cubierta (planchas y refuerzos):

##### 4.7.3.1 Plancha de cubierta (Strength deck plating):

**103** The thickness is not to be less than:

$$t = t_0 + k L + t_k \quad (\text{mm})$$

$t_0$  = 5.5 for unsheathed weather and cargo decks

= 5.0 for accommodation decks and for weather and cargo decks sheathed with wood or an approved composition

$k$  = 0.02 in vessels with single continuous deck

= 0.01 in vessels with two continuous decks above 0.7 D from the baseline

= 0 in vessels with more than two continuous decks above 0.7 D from the baseline.

$t_0 = 5.5$ , para cubiertas de carga en [mm]

$t_0 = 5.0$ , para cubiertas de acomodaciones en [mm]

$t_k$  = Espesor adicional en base a Tabla D1.

$k = 0.02$ , en buques concubiertas simples continuas.

$k = 0.01$ , en buques con dos cubiertas continuas sobre 0.7D desde la línea base.

$k = 0$ , en buques con dos o más cubiertas continuas sobre 0.7D desde la línea base.

$L$  = Eslora de escantillonado en [m]

##### Consideraciones:

|       |       |      |
|-------|-------|------|
| $t_0$ | 5,5   | [mm] |
| $t_k$ | 1,5   | [mm] |
| $L$   | 37,44 | [m]  |
| $k$   | 0,02  |      |

Por lo tanto, en base al espesor mínimo exigido se opta por planchas comerciales de 8 [mm] de espesor.

|                        |      |      |
|------------------------|------|------|
| <b>Calculado (t)</b>   | 7,75 | [mm] |
| <b>Recomendado (t)</b> | 8    | [mm] |

##### 4.7.3.2 Longitudinales de cubierta (Longitudinals):

##### C 300 Longitudinals

**301** The section modulus requirement is given by:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3), \text{ minimum } 15 \text{ cm}^3$$

$p$  =  $p_1$  to  $p_{10}$ , whichever is relevant, as given in Table B1

$\sigma$  = 95 within 0.4 L midship when  $Z_D = Z_R$

= 160 within 0.4 L midship when  $Z_D \geq 2 Z_R$

= 160 within 0.1 L from the perpendiculars.

Between the specified regions the  $\sigma$ -value shall be varied linearly.

For definition of other parameters used in the formula, see A200.

##### Consideraciones dim. y reglam.:

|          |      |                      |
|----------|------|----------------------|
| $l$      | 0,7  | [m]                  |
| $s$      | 1,95 | [m]                  |
| $\sigma$ | 95   | [N/mm <sup>2</sup> ] |

##### Consideraciones adicionales:

|       |      |      |
|-------|------|------|
| $w_k$ | 1,15 |      |
| $t_k$ | 1,5  | [mm] |

$h_0$  = Distancia vertical en [m] desde la línea de agua al punto donde se aplica la carga.

$g_0$  = Aceleración de gravedad en  $[m/s^2]$

$\rho$  = Peso específico del líquido en  $[t/m^3]$

$a = 1,0$ : Cubierta a intemperie hacia delante de  $0,15 \cdot L$  de FP.

$k = 0,8$ ; Cubierta a intemperie en otros lugares.

$= 1,3$ : Desde popa hasta  $0,2 \cdot L$  desde la pp de proa.

$= 1,5$ ; Desde  $0,2 \cdot L$  hasta la perpendicular de proa.

$H_C$  = Altura en [m] de estiba de la carga seca. Altura en [m] del entrepuente a la parte superior de la escotilla.

$\sigma$  = Esfuerzo de flexión nominal admisible en  $[N/mm^2]$

$k_s = 2$  (Entre  $0,2$  y  $0,7 \cdot L$  desde AP).

$k_f$  = Menor valor entre  $f$  y  $T$  en [m] ( $f = 1,85$  m;  $T = 2,15$  m).

$C_w = 0,0792 \cdot L$  en [m]

$p_l$  = Presión de acuerdo a la Tabla B1.

$z$  = Distancia vertical en [m] desde la línea base al punto donde se aplica la carga (máximo  $T$ ).

$y$  = Distancia horizontal en [m] desde CL al punto donde se aplica la carga (mínimo  $B/4$ ).

$p_{dp}$  = Presión de acuerdo a la Tabla B1.

$p_3$  = Carga de diseño de acuerdo a Tabla B1.

| Presión de diseño = $p = p_1$ a $p_{10}$ |       |            |
|------------------------------------------|-------|------------|
| $h_0$                                    | 1,85  | [m]        |
| $a$                                      | 1,0   |            |
| $\rho_c$                                 | 0,7   | $[t/m^3]$  |
| $k$                                      | 1,3   |            |
| $g_0$                                    | 9,81  | $[m/s^2]$  |
| $\rho$                                   | 1,025 | $[t/m^3]$  |
| $H_C$                                    | 3,2   | [m]        |
| $k_s$                                    | 2,0   | [m]        |
| $k_f$                                    | 1,85  | [m]        |
| $C_w$                                    | 2,97  | [m]        |
| $p_l$                                    | 7,8   | $[kN/m^2]$ |
| $z$                                      | 2,15  | [m]        |
| $y$                                      | 4,05  | [m]        |
| $P_{dp}$                                 | 16,7  | $[kN/m^2]$ |
| $p_3$                                    | 28,57 | $[kN/m^2]$ |

#### 4.7.3.2.1 Cálculo de módulo resistente para longitudinales de cubierta:

|                      |       |          |
|----------------------|-------|----------|
| <b>Calculado (Z)</b> | 27,42 | $[cm^3]$ |
|----------------------|-------|----------|

| Recomendado (Tipo de perfil): |
|-------------------------------|
| Pletina: 90 x 10              |
| $t = 10$ [mm]                 |
| $Z = 28,66$ $[cm^3]$          |

Finalmente se opta por perfiles rectangulares de 90 x 10 [mm x mm], los cuales satisfacen el módulo mínimo exigido.

#### 4.7.3.3 Baos (Transverse beams):

##### C 400 Transverse beams

401 The section modulus requirement is given by:

$$Z = 0.63 l^2 s p w_k \text{ (cm}^3\text{), minimum 15 cm}^3$$

$p = p_1$  to  $p_{10}$ , whichever is relevant, as given in Table B1.

##### Consideraciones dimensionales:

|   |      |     |
|---|------|-----|
| l | 1,68 | [m] |
| s | 1,95 | [m] |

##### Consideraciones adicionales:

|       |      |      |
|-------|------|------|
| $w_k$ | 1,15 |      |
| $t_k$ | 1,5  | [mm] |

La presión de diseño  $p$ , es igual a la utilizada en el punto 4.7.3.2, por lo tanto, se tiene que:

|       |       |                      |
|-------|-------|----------------------|
| $p_3$ | 28,57 | [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-------|-------|----------------------|

|                      |        |                    |
|----------------------|--------|--------------------|
| <b>Calculado (Z)</b> | 113,91 | [cm <sup>3</sup> ] |
|----------------------|--------|--------------------|

En base al valor de módulo obtenido (Z calculado) se recomienda utilizar perfiles angulares L 17,5 x 12,5 x 26,4 [cm x cm x kg/m], con un espesor de 12 [mm]. El módulo de sección de estos perfiles es de 124,22 [cm<sup>3</sup>].

##### Recomendado (Tipo de perfil):

|                                 |
|---------------------------------|
| L17,5 x 12,5 x 26,4             |
| $t = 12$ [mm]                   |
| $Z = 124,22$ [cm <sup>3</sup> ] |

#### 4.7.3.4 Esloras (Simple girders):

##### D 200 Simple girders

201 The section modulus requirement is given by:

$$Z = \frac{100 S^2 b p w_k}{\sigma} \text{ (cm}^3\text{)}$$

$p = p_1 - p_6$

$= 1.15 p_7$

$= p_8 - p_{10}$  whichever is relevant, as given in Table B1

$b =$  loading breadth in m

$\sigma =$  allowable stress as given in C301 for longitudinal girders

$= 160$  for other girders.

##### Consideraciones dim. y reglam.:

|          |     |                      |
|----------|-----|----------------------|
| S        | 5,5 | [m]                  |
| b        | 1,2 | [m]                  |
| $\sigma$ | 160 | [N/mm <sup>2</sup> ] |

##### Consideraciones adicionales:

|       |      |      |
|-------|------|------|
| $w_k$ | 1,15 |      |
| $t_k$ | 1,5  | [mm] |

S = Espacio entre refuerzos longitudinales secundarios en [m]

b = Amplitud de carga en [m] (Pallets de 1,2 [m] aprox.)

$h_0$  = Distancia vertical en [m] desde la línea de agua al punto donde se aplica la carga.

a = 1,0: Cubierta a intemperie hacia delante de  $0,15 \cdot L$  de FP.

$k_s = 0,8$ ; Cubierta a intemperie en otros lugares.

= 2 (Entre  $0,2$  y  $0,7L$  desde AP).

$k_f$  = Menor valor entre f y T en [m] ( $f = 1,85$  m;  $T = 2,15$  m).

$C_w = 0,0792 \cdot L$  en [m]

$p_l$  = Presión de acuerdo a la Tabla B1.

z = Distancia vertical en [m] desde la línea base al punto donde se aplica la carga (máximo T).

y = Distancia horizontal en [m] desde CL al punto donde se aplica la carga (mínimo B/4).

$p_{dp}$  = Presión de acuerdo a la Tabla B1.

$p_1$  = Carga de diseño de acuerdo a Tabla B1.

| Presión de diseño = $p = p_1$ a $p_6$ |      |                      |
|---------------------------------------|------|----------------------|
| $h_0$                                 | 1,85 | [m]                  |
| a                                     | 1,0  |                      |
| $k_s$                                 | 2,0  | [m]                  |
| $k_f$                                 | 1,85 | [m]                  |
| $C_w$                                 | 2,97 | [m]                  |
| $p_l$                                 | 7,8  | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| z                                     | 2,15 | [m]                  |
| y                                     | 4,05 | [m]                  |
| $P_{dp}$                              | 14,1 | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $p_1$                                 | 6,0  | [kN/m <sup>2</sup> ] |

#### 4.7.3.4.1 Cálculo de módulo resistente para esloras:

|                      |        |                    |
|----------------------|--------|--------------------|
| <b>Calculado (Z)</b> | 156,11 | [cm <sup>3</sup> ] |
|----------------------|--------|--------------------|

| <b>Recomendado (Tipo de Perfil):</b> |
|--------------------------------------|
| L20 x 15 x 26,2                      |
| t = 10 [mm]                          |
| Z = 160 [cm <sup>3</sup> ]           |

Se recomienda utilizar como esloras perfiles angulares de 20 x 15 x 26,2 [cm x cm x kg/m] de 10 [mm] de espesor, los cuales poseen un módulo de sección de 160 [cm<sup>3</sup>].

## 4.8 ESTRUCTURA DE MAMPAROS:

Pt.3 Ch.2 Sec.8 Bulkhead Structures – Page 65

### 4.8.1 Definiciones:

A continuación se detallará el escantillonado referido a estructuras de mamparos transversales y longitudinales.

### 4.8.2 Cargas de diseño:

Las presiones de diseño referidas a la estructura de mamparos se presentan en la Tabla B1 (Local loads on bulkhead structures) a continuación, indicándose en esta la relevancia para cada caso particular.

| <b>B 100 Local loads on bulkhead structures</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>101</b> Generally applicable local loads on bulkhead structures are given in Table B1. In connection with the various local structures, reference is made to this table, indicating the relevant loads in each case.                                                                                                                                                                                             |         |                                                                         |
| <b>Table B1 Design loads</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |                                                                         |
| Structure                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         | $p \text{ (kN/m}^2\text{)}$                                             |
| Watertight bulkheads                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         | $p_1 = 10 h_b$                                                          |
| Cargo hold bulkheads                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         | $p_2 = k \rho_c g_0 K h_c^{1)}$                                         |
| Tank bulkheads                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | general | $p_3 = k \rho g_0 h_s^{1)}$                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         | $p_4 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | sides   | $p_5 = \rho g_0 h_s + p_0$                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ends    | $p_6 = \rho g_0 (h_s + 0.3 b)^{2)}$                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         | $p_7 = \rho g_0 (h_s + 0.1 l)^{2)}$                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         | $p_8 = \rho \left[ 4 - \left( \frac{L}{200} \right) \right] l_b^{2)3)}$ |
| 1) For ships with service restrictions, $p_2$ and $p_3$ may be reduced as given in Sec.3 B1103.<br>2) Adjacent ends and sides are to be reinforced for 25% of the breadth and length, respectively.<br>When $b > 0.56 B$ , $p_6$ is to be specially considered.<br>3) $p_8$ refers to tanks with unrestricted filling heights and $10 < l_b < 0.13 L$ .<br>When $l > 0.13 L$ , $p_8$ is to be specially considered. |         |                                                                         |

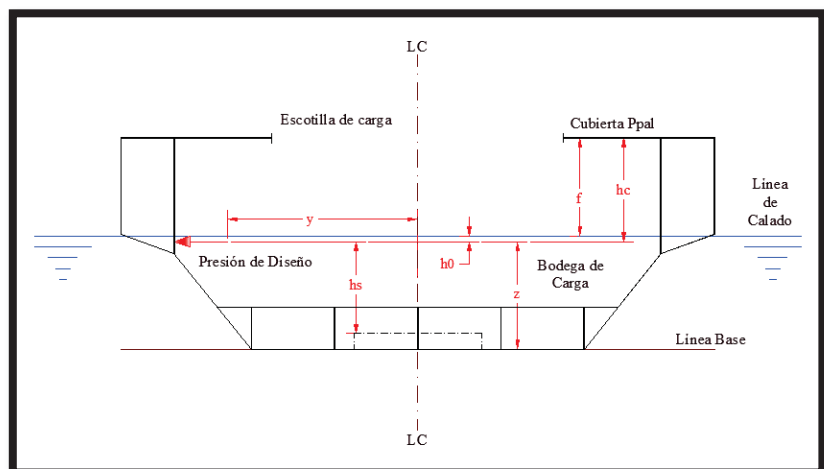
Tabla B1: Cargas locales en las estructuras de mamparos

### Referencia sobre principales dimensiones a utilizar en el cálculo de las cargas de diseño:

Las presiones de diseño utilizadas en esta sección se calcularon en función de las dimensiones presentadas en la figura 4, a continuación.

Cada una de estas dimensiones se definirá en el transcurso de los cálculos que las requieran.

Fig.4: Consideraciones sobre la carga de diseño en el mamparo



#### **4.8.3 Cálculo de elementos de mamparos transversales y longitudinales:**

##### 4.8.3.1 Plancha del mamparo (Bulkhead plating):

**102** The thickness is not to be less than:

$$t = 5.0 + k L + t_k \quad (\text{mm})$$

- k = 0.03 for longitudinal bulkheads except double skin bulkheads in way of cargo oil tanks and ballast tanks in liquid cargo tank areas  
= 0.02 in peak tanks and for transverse and double skin longitudinal bulkheads in way of cargo oil tanks and ballast tanks in liquid cargo tank areas  
= 0.01 for other bulkheads.

Recomendaciones sobre k:

- k = 0,03 para mamparos longitudinales.  
k = 0,02 para mamparos en zonas de tanques.  
k = 0,01 para otros mamparos.

| Consideraciones dim. y reglam.: |       |      |
|---------------------------------|-------|------|
| L                               | 37,44 | [m]  |
| t <sub>k</sub>                  | 1,0   | [mm] |
| k (Mamparos long.)              | 0,03  |      |
| k (Mamparos transv.)            | 0,01  |      |

En función del parámetro k, el planchaje calculado para cada tipo de mamparo, es el siguiente:

| Mamparos transversales |      |      |
|------------------------|------|------|
| Calculado              | 6,37 | [mm] |
| Recomendado            | 8    | [mm] |

| Mamparos longitudinales |      |      |
|-------------------------|------|------|
| Calculado               | 7,12 | [mm] |
| Recomendado             | 8    | [mm] |

Por lo tanto, se recomiendan planchas comerciales de 8 [ mm] de espesor, tanto para mamparos transversales como longitudinales.

##### 4.8.3.2 Refuerzos verticales de mamparos (Vertical stiffeners on dry bulk cargo bulkheads):

**302** The section modulus requirement for simple stiffeners and corrugations is given by:

$$Z = \frac{6.25 l^2 s p w_k}{m} \quad (\text{cm}^3)$$

- p = p<sub>2</sub> to p<sub>8</sub> whichever is relevant, as given in Table B1  
m = 7.5 for vertical stiffeners simply supported at one or both ends  
= 10 for transverse stiffeners and vertical stiffeners which may be considered fixed at both ends.

Los refuerzos verticales dependen del tipo de mamparo, ya que estos se encuentran en función del módulo estructural de cada uno de ellos.



$m = 7,5$  para refuerzos verticales simplemente apoyados en uno o ambos extremos.

$m = 10$  para refuerzos transversales y verticales considerados como fijos en ambos extremos.

$l$  = Distancia entre refuerzos en [m]

$s$  = Distancia entre bulárcamas en [m]

$h_c$  = Distancia vertical en [m] desde el punto de aplicación de la carga hasta el punto más alto de la bodega.

$k = 1,3$ : Desde popa hasta  $0,2 \cdot L$  desde la pp de proa.

$= 1,5$ ; Desde  $0,2 \cdot L$  hasta la perpendicular de proa.

$g_0$  = Aceleración de gravedad en  $[m/s^2]$

$\rho_c$  = Densidad de la carga seca, sino se especifica debe ser tomado como  $0,7$  en  $[t/m^3]$

$K$  = Mínimo  $\cos(\alpha)$ , con  $\alpha$  el ángulo comprendido entre el mamparo y el plano horizontal en grados.

$p_2$  = Carga de diseño de acuerdo a Tabla B1.

| Consideraciones dim. y reglam.: |      |     |
|---------------------------------|------|-----|
| $l$ (mamparo longitudinal)      | 0,65 | [m] |
| $l$ (mamparo transversal)       | 0,7  | [m] |
| $s$                             | 1,95 | [m] |
| $m$                             | 10   |     |

| Consideraciones adicionales: |      |      |
|------------------------------|------|------|
| $w_k$                        | 1,10 |      |
| $t_k$                        | 1,0  | [mm] |

| Presión de diseño = $p = p_2$ a $p_8$ |      |            |
|---------------------------------------|------|------------|
| $h_c$                                 | 1,95 | [m]        |
| $\rho_c$                              | 0,7  | $[t/m^3]$  |
| $k$                                   | 1,3  |            |
| $g_0$                                 | 9,81 | $[m/s^2]$  |
| $K$                                   | 1,0  |            |
| $p_2$                                 | 17,4 | $[kN/m^2]$ |

#### 4.8.3.2.1 Cálculo de módulo resistente para refuerzos verticales de mamparos:

| Mamparos longitudinales |      |          |
|-------------------------|------|----------|
| Calculado ( $Z$ )       | 9,86 | $[cm^3]$ |

| Recomendado (Tipo de perfil): |  |  |
|-------------------------------|--|--|
| Pletina: 60 x 8               |  |  |
| $t = 8$ [mm]                  |  |  |
| $Z = 11,14$ $[cm^3]$          |  |  |

| Mamparos transversales |       |          |
|------------------------|-------|----------|
| Calculado ( $Z$ )      | 11,44 | $[cm^3]$ |

| Recomendado (Tipo de perfil): |  |  |
|-------------------------------|--|--|
| Pletina: 65 x 8               |  |  |
| $t = 8$ [mm]                  |  |  |
| $Z = 12,87$ $[cm^3]$          |  |  |

Por lo tanto, se recomienda utilizar como refuerzos verticales, perfiles rectangulares de 60 x 8 [mm x mm] en mamparos longitudinales y perfiles rectangulares de 65 x 8 [mm x mm] en mamparos transversales.

#### **4.9 ESCOTILLA EN CUBIERTA PRINCIPAL:**

Pt.5 Ch.2 Sec.8 Statutory and IACS requirements for hull strength and arrangement for bulk carriers and ore carriers – Page 121

##### **4.9.1 Definiciones:**

En este apartado se tratará el escantillonado referido a las brazolas de escotilla de carga, ubicada en la cubierta principal de la embarcación.

##### **4.9.2 Cálculo de elementos para escotilla de carga (Brazolas):**

###### 4.9.2.1 Plancha de la brazola (Local net plate thickness):

$P_{COAM}$  = Presión para brazola transversal en  $[kN/m^2]$ . Sus valores pueden ser:

- 290, cuando la superestructura se encuentra próxima a c.g del buque.
- 220, en otros casos.

$S_{COAM}$  = Factor de seguridad (1,15)

$\sigma_f$  = Esfuerzo de fluencia en función del material ( $k=2$ )

Material = Acero normal A36.

$s$  = Distancia entre refuerzos secundarios en  $[m]$

###### **701 Local net plate thickness**

The local net plate thickness, in mm, of the hatch coaming plating is given by:

$$t = 14.9s \sqrt{\frac{P_{coam}}{\sigma_{a,coam}}} S_{coam}$$

where:

$s$  = spacing, in m, of secondary stiffener

$P_{coam}$  = as given in 601

$S_{coam}$  = safety factor  
= 1.15

$\sigma_{a,coam} = 0.95 \sigma_f$

The local net plate thickness shall not be less than 9.5 mm.

(IACS UR S21.4.2, Rev. 4, Corr.1)

| Consideraciones:  |      |            |
|-------------------|------|------------|
| $s$               | 0,48 | $[m]$      |
| $P_{COAM}$        | 220  | $[kN/m^2]$ |
| $S_{COAM}$        | 1,15 |            |
| $\sigma_{a,COAM}$ | 112  | $[N/mm^2]$ |

|                 |       |        |
|-----------------|-------|--------|
| Calculado (t)   | 10,94 | $[mm]$ |
| Recomendado (t) | 12    | $[mm]$ |

Por lo tanto, se recomienda utilizar para las brazolas planchas comerciales de 12  $[mm]$  de espesor.

4.9.2.2 Refuerzos longitudinales y transversales (Net scantlings of longitudinal and transverse secondary stiffeners):

4.9.2.2.1 Refuerzos longitudinales (Longitudinals secondary stiffeners):

**702** *Net scantlings of longitudinal and transverse secondary stiffeners*

The required net section modulus in  $\text{cm}^3$ , of the longitudinal or transverse secondary stiffeners of the hatch coamings, based on net member thickness, is given by:

$$Z = \frac{1000 S_{\text{coam}} l^2 s p_{\text{coam}}}{m c_p \sigma_{a, \text{coam}}}$$

where:

- $m$  = 16 in general
- = 12 for the end spans of stiffeners sniped at the coaming corners
- $l$  = span, in m, of secondary stiffeners
- $c_p$  = ratio of the plastic section modulus to the elastic section modulus of the secondary stiffeners with an attached plate breadth, in mm, equal to 40  $t$ , where  $t$  is the plate net thickness
- = 1.16 in the absence of more precise evaluation

(IACS UR S21.4.3, Rev. 4, Corr.1)

$m = 16$  en general.

$m = 12$  para tramos finales en los refuerzos.

$c_p$  = Relación entre el módulo de sección plástico y elástico de los refuerzos longitudinales secundarios.

En caso de no contar una evaluación precisa, usar 1,16.

**Consideraciones:**

|                           |      |                      |
|---------------------------|------|----------------------|
| $s$                       | 1,95 | [m]                  |
| $l$                       | 0,48 | [m]                  |
| $m$                       | 16   |                      |
| $c_p$                     | 1,16 |                      |
| $P_{\text{COAM}}$         | 220  | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $S_{\text{COAM}}$         | 1,15 |                      |
| $\sigma_{a, \text{COAM}}$ | 112  | [N/mm <sup>2</sup> ] |

**Calculado (Z)**

56,59

[cm<sup>3</sup>]

**Recomendado (Tipo de perfil):**

L15 X 10 X 14,9

$t = 8$  [mm]

$Z = 62,07$  [cm<sup>3</sup>]

Se recomienda utilizar perfiles angulares de 15 x 10 x 14,9 [cm x cm x kg/m] con espesor de 8 [mm], los cuales tienen un módulo de sección igual a 62,07 [cm<sup>3</sup>].

#### 4.9.2.2 Refuerzos transversales (Transverse secondary stiffeners):

##### 703 Net scantlings of coaming stays

The required minimum net section modulus, in  $\text{cm}^3$ , and net web thickness, in mm, of coamings stays designed as beams with flange connected to the deck or sniped and fitted with a bracket, see Fig.17, at their connection with the deck, based on member net thickness, are given by:

$$Z = \frac{1000 H_c^2 s p_{\text{coam}}}{2 \sigma_{a, \text{coam}}}$$

$$t_w = \frac{1000 H_c s p_{\text{coam}}}{h \tau_{a, \text{coam}}}$$

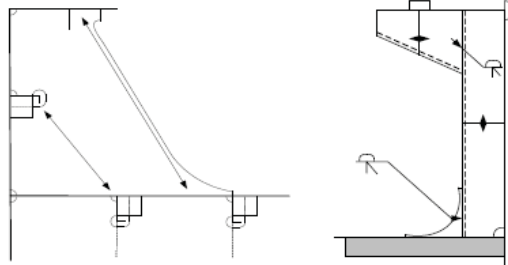
where

$H_c$  = stay height, in m

$S$  = stay spacing, in m

$h$  = stay depth, in mm, at the connection with the deck

$\tau_{a, \text{coam}} = 0.5 \sigma_f$



$H_c$  = Altura de la brazola en [m]

$S$  = Espaciamiento entre refuerzos de la brazola en [m]

$h$  = Prof undidad de la brazola en [mm] en su conexión con la cubierta.

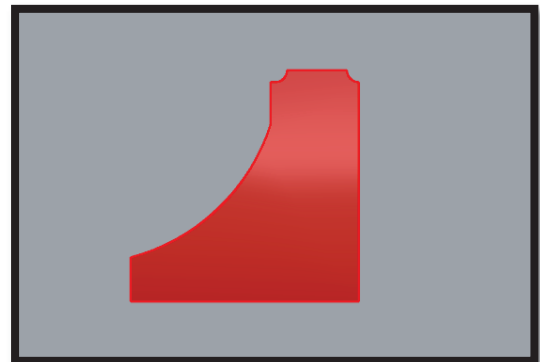
$\tau_{a, \text{COAM}}$  = Esfuerzo de corte en función de  $\sigma_f$

##### Consideraciones:

| $H_c$                     | 0,4  | [m]                  |
|---------------------------|------|----------------------|
| $S$                       | 0,48 | [m]                  |
| $h$                       | 400  | [mm]                 |
| $P_{\text{COAM}}$         | 220  | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $\sigma_{a, \text{COAM}}$ | 112  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| $\tau_{a, \text{COAM}}$   | 59   | [N/mm <sup>2</sup> ] |

|               |       |                    |
|---------------|-------|--------------------|
| Calculado (Z) | 75,68 | [cm <sup>3</sup> ] |
|---------------|-------|--------------------|

Los refuerzos transversales deben poseer un módulo mínimo de 75,68 [cm<sup>3</sup>], de acuerdo a las dimensiones especificadas, lo cual se cumple a cabalidad, ya que el módulo final obtenido corresponde a 288,5 [cm<sup>3</sup>] (obtenido mediante software Rhinoceros).



#### **4.10 ESCUADRAS:**

Pt.3 Ch.2 Sec.3 Design Principles – Page 28

##### **4.10.1 Definiciones:**

En este apartado se calcularán las dimensiones recomendadas para las cartelas de las bulárcamas en el fondo, costado y bao en su unión con los mamparos longitudinales y planchaje de cubierta del fondo, ya que las cartelas laterales que conectan las bulárcamas del costado con las planchas del casco fueron calculadas en el apartado 4.6.3.4.2 anteriormente.

##### **4.10.2 Cálculo de escuadras:**

**202** The arm lengths of brackets for stiffeners not taking part in longitudinal strength may normally be taken as:

$$a = c \sqrt{\frac{Z/w_k}{t_b - t_k}} \quad (\text{mm})$$

- c = 70 for brackets with flange or edge stiffener  
 = 75 for brackets without flange or edge stiffener  
 Z = rule section modulus in cm<sup>3</sup> of stiffener  
 t = thickness of bracket in mm  
 t<sub>k</sub> = as given in Sec.2 D200, but need not be taken greater than 1.5 mm.

Donde:

- c = 70 para escuadras con flange.  
 C = 75 para escuadras sin flange.  
 Z = Módulo de sección del refuerzo donde irá la escuadra.  
 t = Espesor de la cartela en [mm]  
 t<sub>k</sub> = Adicional por corrosión, no mayor a 1,5 [mm]  
 w<sub>k</sub> = Factor adicional al módulo de sección.

| <b>Consideraciones:</b> |        |                    |
|-------------------------|--------|--------------------|
| c                       | 70     |                    |
| t <sub>k</sub>          | 1,5    | [mm]               |
| t                       | 10     | [mm]               |
| w <sub>k</sub>          | 1,2    |                    |
| Z (Bulárcama - Bao)     | 124,22 | [cm <sup>3</sup> ] |
| Z (Bulárcama - Costado) | 43,43  | [cm <sup>3</sup> ] |
| Z (Bulárcama - Fondo)   | 88,75  | [cm <sup>3</sup> ] |

| <b>Calculado (Escuadra bulárcama bao)</b> |        |      |
|-------------------------------------------|--------|------|
| a                                         | 249,54 | [mm] |

| <b>Calculado (Escuadra bulárcama costado)</b> |        |      |
|-----------------------------------------------|--------|------|
| a                                             | 147,55 | [mm] |

| <b>Calculado (Escuadra bulárcama fondo)</b> |        |      |
|---------------------------------------------|--------|------|
| a                                           | 210,92 | [mm] |

4.10.2.1 Escuadras de bulárcamas del fondo, costado y bao:

| Recomendación de escuadras de bulárcama en el bao: |                |                |
|----------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Bracket superior                                   | 300 x 300 x 10 | [mm x mm x mm] |
| Talón                                              | 50             | [mm]           |
| Flange                                             | 40             | [mm]           |

| Recomendación de escuadras de bulárcama en el costado: |                |                |
|--------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Bracket inferior                                       | 200 x 200 x 10 | [mm x mm x mm] |
| Talón                                                  | 50             | [mm]           |
| Flange                                                 | 40             | [mm]           |

| Recomendación de escuadras de bulárcama en el fondo: |                |                |
|------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Bracket superior                                     | 250 x 250 x 10 | [mm x mm x mm] |
| Talón                                                | 50             | [mm]           |
| Flange                                               | 40             | [mm]           |

Para todas las escuadras calculadas, se consideraron flanges de 40 [mm], y talones de 50 [mm], a excepción de las escuadras inferiores para la bulárcama en el costado, indicado en el apartado 4.6.3.4.2. Las dimensiones de las cartelas en cada zona de unión es función de los módulos de sección de cada uno de los elementos en consideración.

**4.11 BARANDAS DE PROTECCIÓN:**

Pt.3 Ch.3 Sec.8 Protection of the Crew – Page 122

**4.11.1 Definiciones:**

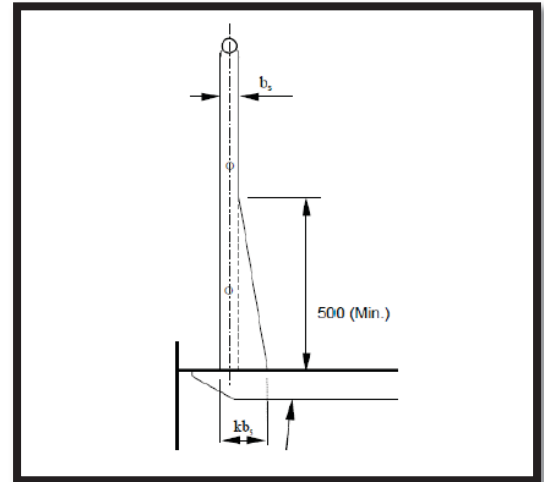
Por reglamentación se indica que las barandas en su composición de puntales y candeleros serán ubicadas alrededor de todas las cubiertas expuestas.

La altura mínima de estas será de 1 [metro] medida desde la cubierta. Las estructuras instaladas en el francobordo o en la superestructura deberán tener al menos 3 cursos o candeleros, siendo la distancia máxima desde la cubierta principal al primer candelero de 230 [mm]. La distancia entre candeleros centrales no debe exceder los 380 [mm] de diferencia.

Los puntales de las barandas donde se ubicaran los candeleros serán de 1 [metro].

La norma indica que al menos uno de cada tres candeleros debe ir apoyado por un refuerzo, tal cual se presenta en la imagen a la derecha.

El refuerzo  $k_b$  en la imagen depende tanto del ancho del puntal  $b_s$ , como del espaciamiento cubierto por el refuerzo entre los puntales.



#### **4.11.2 Determinación de refuerzos:**

De acuerdo a los perfiles comerciales para barandas se opta por el siguiente:

| Perfil comercial para barandas: |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Dimensiones                     | Espesor de pared |
| 47 [mm] x 25 [mm]               | 1,5 [mm]         |

Una vez determinado el perfil a utilizar, se procede a determinar la distancia  $k_b$  del refuerzo, la cual varía en función del ancho del puntal  $b_s$ . Se observa de la imagen que el refuerzo del puntal de las barandas debe ir a una distancia mínima de 500 [mm] desde la base en la cubierta principal.

La distancia horizontal  $k_b$  variará dependiendo de la cantidad de refuerzos por puntales instalados, de esta manera se tiene que:

$$b_s = \text{es el ancho del puntal} = 47 \text{ [mm]}$$

- 1) Cada 3 puntales, el ancho del refuerzo será de  $k_b = 2.9 * b_s = 136 \text{ [mm]}$
- 2) Cada 2 puntales, el ancho del refuerzo será de  $k_b = 2.4 * b_s = 113 \text{ [mm]}$
- 3) Cada un puntal, el ancho del refuerzo será de  $k_b = 1.9 * b_s = 89 \text{ [mm]}$

El ancho de los refuerzos  $k_b$  a utilizar será de 136 [mm], ya que serán dispuestos cada 3 puntales, los cuales tendrán un ancho de 47 [mm]. El espesor para los barraganetes de barandas y amura será de 6 [mm].

## 4.12 SUPERESTRUCTURA:

Pt.3 Ch.2 Sec.10 Superstructure Ends, Deckhouse Sides and Ends, Bulkheads – Page 72

### 4.12.1 Definiciones:

El reglamento indica que la superestructura debe ir apoyada en preferencia en las zonas donde se ubiquen mamparos transversales, vigas o pilares, ello con el fin de mantener la continuidad estructural. Cuando dicha disposición no es posible se debe buscar otra solución igual de eficaz. En la barcaza en estudio la superestructura va apoyada entre los mamparos transversales de popa y proa de la sala de máquinas.

### 4.12.2 Cargas de diseño:

Las presiones de diseño referidas a la superestructura se presentan en la Tabla C1 (Design loads) a continuación:

| Table C1 Design loads                                                                                                                              |                     |                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------|
| Structure                                                                                                                                          |                     | $p$ (kN/m <sup>2</sup> )                           |
| Unprotected front bulkheads                                                                                                                        | General             | $p_1 = 5.7 a (k C_W - h_o) c$                      |
|                                                                                                                                                    | Minimum lowest tier | $p_2 = 12.5 + 0.05 L_1$                            |
|                                                                                                                                                    | Minimum elsewhere   | $p_3 = 6.25 + 0.025 L_1$                           |
| Unprotected sides in deckhouses                                                                                                                    |                     | $p_4 = p_{dp} - (4 + 0.2 k_s) h_o$ , minimum $p_3$ |
| Unprotected aft end bulkheads                                                                                                                      |                     | $p_5 = 0.85 p_4$ , minimum $p_3$                   |
| 1) For ships with service restrictions, $p_1$ and $p_4$ may be reduced with the percentages given in Ch.1 Sec.4 B202. $C_W$ should not be reduced. |                     |                                                    |
| 2) The minimum design pressure for sides and aft end of deckhouses 1.7 $C_W$ (m) above S.W.L. may be reduced to 2.5 kN/m <sup>2</sup> .            |                     |                                                    |

Tabla C1: Cargas locales en la superestructura

### 4.12.3 Cálculo de elementos de la superestructura (planchas y refuerzos):

#### 4.12.3.1 Planchaje de mamparos extremos (Thickness for plating):

**102** The thickness is not to be less than:

— for the lowest tier:

$$t = 5 + 0.01 L \text{ (mm), maximum 8 mm}$$

— for higher tiers:

$$t = 4 + 0.01 L \text{ (mm), maximum 7 mm, minimum 5 mm.}$$

| Niveles bajos (primer piso) |      |      |
|-----------------------------|------|------|
| Calculado                   | 5,37 | [mm] |
| Recomendado                 | 6    | [mm] |

| Niveles altos (segundo piso) |      |      |
|------------------------------|------|------|
| Calculado                    | 4,37 | [mm] |
| Recomendado                  | 6    | [mm] |

Para ambos pisos de la superestructura (habitabilidad y puente de gobierno) se recomiendan planchas de 6 [mm] de espesor.



#### 4.12.3.2 Refuerzos de mamparos extremos (Section modulus for stiffeners):

$h_0$  = Distancia vertical en [ m] desde la línea de flotación al punto de aplicación de la carga.

$a = 4,5$ ; valor máximo para niveles bajos.

$= 3,5$ ; valor máximo para segundos niveles.

$C_w$  = Coeficiente de ola

$k = 0,3 + 1,4 \cdot (x / L)$ ;  $x$  = distancia desde AP hasta punto de aplicación de la carga.

$b_1$  = Manga en [m] de la superestructura.

$B_1$  = Manga de la embarcación en [m]

$c$  = Relación  $b_1/B_1$

$p_1 - p_{1'}$  = Carga de diseño de acuerdo a Tabla C1.

| Presión de diseño = $p = p_1$ |      |                      |
|-------------------------------|------|----------------------|
| $h_0$                         | 1,85 | [m]                  |
| $k$                           | 1,2  |                      |
| $C_w$                         | 2,97 | [m]                  |
| $a$                           | 4,5  |                      |
| $a'$                          | 3,5  |                      |
| $b_1$                         | 7,0  | [m]                  |
| $B_1$                         | 11,2 | [m]                  |
| $c$                           | 0,6  |                      |
| $p_1$                         | 27,9 | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $p_{1'}$                      | 21,7 | [kN/m <sup>2</sup> ] |

#### 4.12.3.2.1 Cálculo del módulo de sección de refuerzos de mamparos extremos:

**103** The section modulus requirement for stiffeners is given by:

$$Z = \frac{100 l^2 s p}{\sigma} \quad (\text{cm}^3)$$

$p$  = as given in 101

$\sigma$  =  $160 f_1$  for longitudinals, vertical and transverse stiffeners in general

=  $90 f_1 \sigma$  for longitudinals at strength deck in long deckhouse within 0.4 L amidships. The  $\sigma$ -value may be increased linearly to the general value at the first deck above the strength deck and at 0.1 L from the perpendiculars.

| Refuerzos de bajos niveles |       |                    |
|----------------------------|-------|--------------------|
| Calculado (Z)              | 16,64 | [cm <sup>3</sup> ] |

| Refuerzos de altos niveles |       |                    |
|----------------------------|-------|--------------------|
| Calculado (Z)              | 12,94 | [cm <sup>3</sup> ] |

| Recomendado (Tipo de perfil):  |  |  |
|--------------------------------|--|--|
| Pletina: 80 x 8                |  |  |
| $t = 8$ [mm]                   |  |  |
| $Z = 17,86$ [cm <sup>3</sup> ] |  |  |

| Recomendado (Tipo de perfil):  |  |  |
|--------------------------------|--|--|
| Pletina: 70 x 8                |  |  |
| $t = 8$ [mm]                   |  |  |
| $Z = 13,93$ [cm <sup>3</sup> ] |  |  |

Por lo tanto, se recomiendan pletinas de 80 x 8 [mm x mm] para los refuerzos del primer nivel, y pletinas de 70 x 8 [mm x mm] para los refuerzos del segundo nivel.

#### 4.12.3.3 Amuras (Bulkheads):

El reglamento indica que para amuras de 1 [m], como es el caso que corresponde a la embarcación en estudio, las planchas no necesitan ser mayor a 6 [mm] de espesor, y no deben estar espaciadas entre barraganes a más de 2 [m] de distancia.

#### **4.13 TIPO DE SOLDADURA:**

Se utilizará soldadura al arco con núcleo de fundente (FCAW o también llamado sistema MIG tubular), tipo de soldadura que aprovecha el arco eléctrico entre un electrodo continuo de metal de aporte y el metal base. En cuanto al método de protección gaseosa externa se pueden utilizar mezclas de 80% de argón y 20% de dióxido de carbono (mezcla conocida como agamix), como también se puede utilizar solamente dióxido de carbono (100%).

El tipo de electrodo comúnmente utilizado para aplicaciones en construcción naval es de acuerdo a la clasificación de la AWS (American Welding Society), el electrodo E551T1-Ni2C, -Ni2M (sistema métrico), utilizado para toda posición y con 20 o 100% de CO<sub>2</sub> como protección gaseosa. Sus características técnicas son las siguientes:

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,05%; Mn 1,10%; Si 0,28%; P 0,015%; S 0,014%; Cr 0,04%; Ni 2,24%; Mo 0,02%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.29/A5.29M-05):

|                                                                   |                |                        |                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte | Requerimientos | Energía Absorbida Ch-v | Requerimientos |
| Resistencia a la tracción : 685 MPa                               | 550-690 MPa    | 37J a -40°C            | 27J a -40°C    |
| Límite de fluencia : 632 MPa                                      | 470 MPa        |                        |                |
| Alargamiento en 50 mm : 20%                                       | 19%            |                        |                |

Amperajes recomendados:

| Diámetro mm | Voltaje, volt | Amperaje |      | Stickout, mm |
|-------------|---------------|----------|------|--------------|
|             |               | mín.     | máx. |              |
| 1,2         | 22-30         | 100      | 300  | 13-19        |
| 1,6         | 23-29         | 150      | 400  | 13-19        |

#### **4.14 RESUMEN ESCANTILLONADO:**

A continuación se presenta un cuadro resumen con los distintos valores calculados para cada tipo de estructura acompañado del valor recomendado.

| ÍTEM<br>(Elemento Estructural) | t [mm]<br>Calculado | W [cm³]<br>Calculado | t [mm]<br>Recom. | W [cm³]<br>Recom. | Tipo de Perfil |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|
| <b>Casco</b>                   |                     |                      |                  |                   |                |
| Fondo                          | 9,5                 |                      | 10               |                   |                |
| Costado                        | 8,0                 |                      | 8,0              |                   |                |
| Traca cinta                    | 8,0                 |                      | 8,0              |                   |                |
| <b>Vagras</b>                  |                     |                      |                  |                   |                |
| Vagra central                  | 10,5                |                      | 12               |                   |                |
| Vagras laterales               | 9,75                |                      | 10               |                   |                |
| <b>Varengas</b>                |                     |                      |                  |                   |                |
| Varengas                       | 9,75                |                      | 10               |                   |                |

| Cubiertas                               |       |        |     |        |              |
|-----------------------------------------|-------|--------|-----|--------|--------------|
| Cubierta principal                      | 7,75  |        | 8,0 |        |              |
| Cubierta doble fondo                    | 9,12  |        | 10  |        |              |
| Baos                                    |       |        |     |        |              |
| Baos                                    |       | 113,91 |     | 124,22 | L175x125x12  |
| Quilla                                  |       |        |     |        |              |
| Quilla horizontal                       | 11,87 |        | 12  |        |              |
| Bulárcamas                              |       |        |     |        |              |
| Bulárcama doble fondo                   |       | 82,79  |     | 88,75  | Plet. 160x10 |
| Bulárcama costado central               |       | 39,77  |     | 43,43  | L125x80x8    |
| Bulárcama costado superior              |       | 54,98  |     | 55     | L125x80x10   |
| Mamparos Transversales & Longitudinales |       |        |     |        |              |
| Plancha mamparo transversal             | 6,37  |        | 8,0 |        |              |
| Plancha mamparo longitudinal            | 7,12  |        | 8,0 |        |              |
| Refuerzos verticales (M. transversal)   |       | 11,44  |     | 12,87  | Plet. 65x8   |
| Refuerzos verticales (M. longitudinal)  |       | 9,86   |     | 11,14  | Plet. 60x8   |
| Refuerzos Longitudinales                |       |        |     |        |              |
| Fondo                                   |       | 26,10  |     | 29,79  | Plet. 90x10  |
| Doble fondo                             |       | 26,77  |     | 29,79  | Plet. 90x10  |
| Costado                                 |       | 22,08  |     | 23,08  | Plet. 80x10  |
| Cubierta                                |       | 27,42  |     | 28,66  | Plet. 90x10  |
| Esloras                                 |       | 156,11 |     | 160    | L200x150x10  |
| Brazola de Escotilla                    |       |        |     |        |              |
| Plancha                                 | 10,94 |        | 12  |        |              |
| Refuerzo Longitudinal                   |       | 56,59  |     | 62,07  | L150x100x8   |
| Superestructura                         |       |        |     |        |              |
| Plancha (Niv. bajos - habitabilidad)    | 5,37  |        | 6   |        |              |
| Plancha (Niv. altos – puente de gob.)   | 4,37  |        | 6   |        |              |
| Amuras                                  | 6     |        | 6   |        |              |
| Refuerzo (Niv. bajos - habitabilidad)   |       | 16,64  |     | 17,86  | Plet. 80x8   |
| Refuerzo (Niv. altos - puente de gob.)  |       | 12,94  |     | 13,93  | Plet. 70x8   |

Tabla resumen de escantillonado

#### **4.15 CÁLCULO DEL MÓDULO DE SECCIÓN DE LA CUADERNA MAESTRA:**

Para determinar el módulo de la cuaderna maestra se consideraron:

- Planchas del fondo y cubierta del doble fondo.
- Planchas de cubierta principal.
- Planchas de costado.
- Vigas del fondo (vagas centrales y laterales).
- Esloras.
- Planchas y refuerzos longitudinales de mamparo longitudinal.
- Longitudinales de cubierta, costado, fondo y cubierta de doble fondo.
- Longitudinales de escotilla.

**CÁLCULO DEL MÓDULO DE SECCIÓN DE LA CUADERNA MAESTRA**

| ZONA        | Elemento                     | Descripción (mm)          | Cantidad | Dimensiones |        | Área (cm <sup>2</sup> ) | Área total (cm <sup>2</sup> ) | Y (cm) | A*Y (cm <sup>2</sup> *cm) | I <sub>o</sub> propia (cm <sup>4</sup> ) | d (cm) | I <sub>total</sub> (cm <sup>4</sup> ) |
|-------------|------------------------------|---------------------------|----------|-------------|--------|-------------------------|-------------------------------|--------|---------------------------|------------------------------------------|--------|---------------------------------------|
|             |                              |                           |          | h (cm)      | b (cm) |                         |                               |        |                           |                                          |        |                                       |
| Doble fondo | Quilla horizontal            | Plancha 12 mm             | 2        | 1,2         | 50     | 60,0                    | 120,0                         | 0,60   | 72,0                      | 7,2                                      | -196,0 | 4610662,7                             |
|             | Pl. Fondo                    | Plancha 10 mm             | 2        | 1,0         | 314    | 314,0                   | 628,0                         | 0,5    | 314,0                     | 26,2                                     | -196,1 | 24153749,1                            |
|             | Pl. Doble fondo              | Plancha 10 mm             | 2        | 1,0         | 378,09 | 378,1                   | 756,2                         | 80,5   | 60872,5                   | 31,5                                     | -116,1 | 10195485,9                            |
|             | Vagra central                | Plancha 12 mm             | 2        | 78,8        | 0,6    | 47,3                    | 94,6                          | 40,0   | 3782,4                    | 24465,2                                  | -156,6 | 2343876,1                             |
|             | Vagra lateral                | Plancha 10 mm             | 4        | 78,8        | 1,0    | 78,8                    | 315,2                         | 39,9   | 12576,5                   | 40775,3                                  | -156,7 | 7782021,2                             |
|             | Longitudinales fondo 1       | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 5,0    | 90,0                      | 60,8                                     | -191,6 | 660958,7                              |
|             | Longitudinales fondo 2       | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 5,0    | 90,0                      | 60,8                                     | -191,6 | 660958,7                              |
|             | Longitudinales fondo 3       | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 5,0    | 90,0                      | 60,8                                     | -191,6 | 660958,7                              |
|             | Longitudinales fondo 4       | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 5,0    | 90,0                      | 60,8                                     | -191,6 | 660958,7                              |
|             | Longitudinales doble fondo 1 | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 75,5   | 1359,0                    | 60,8                                     | -121,1 | 264102,7                              |
|             | Longitudinales doble fondo 2 | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 75,5   | 1359,0                    | 60,8                                     | -121,1 | 264102,7                              |
|             | Longitudinales doble fondo 3 | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 75,5   | 1359,0                    | 60,8                                     | -121,1 | 264102,7                              |
|             | Longitudinales doble fondo 4 | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 75,5   | 1359,0                    | 60,8                                     | -121,1 | 264102,7                              |
|             |                              |                           |          |             |        |                         |                               |        |                           |                                          |        |                                       |
| Costado     | Pl. Costado (inferior)       | Plancha 10 mm             | 2        | 231,53      | 1      | 231,5                   | 463,1                         | 97,9   | 45333,6                   | 1034285,8                                | -98,7  | 5546702,0                             |
|             | Pl. Costado (central)        | Plancha 8 mm              | 2        | 107,53      | 0,8    | 86,0                    | 172,0                         | 199,8  | 34376,9                   | 82889,1                                  | 3,2    | 84644,7                               |
|             | Pl. Costado (superior)       | Plancha 8 mm              | 2        | 181,72      | 0,8    | 145,4                   | 259,3                         | 309,3  | 80195,8                   | 400052,4                                 | 112,7  | 3691871,9                             |
|             | Traca cinta                  | Plancha 8 mm              | 2        | 100         | 0,8    | 80,0                    | 160,0                         | 350,0  | 56000,0                   | 66666,7                                  | 153,4  | 3830948,8                             |
|             | Longitudinales 1             | Pletina 80x10 mm x mm     | 2        | 8           | 1,0    | 8,0                     | 16,0                          | 211,4  | 3383,0                    | 42,7                                     | 14,8   | 3558,9                                |
|             | Longitudinales 2             | Pletina 80x10 mm x mm     | 2        | 8           | 1,0    | 8,0                     | 16,0                          | 288,3  | 4612,5                    | 42,7                                     | 91,7   | 134480,4                              |
|             | Longitudinales 3             | Pletina 80x10 mm x mm     | 2        | 8           | 1,0    | 8,0                     | 16,0                          | 358,3  | 5732,5                    | 42,7                                     | 161,7  | 418208,5                              |
| Cubierta    | Pl. Cubierta                 | Plancha 8 mm              | 2        | 0,8         | 284,2  | 227,4                   | 454,7                         | 399,6  | 181706,1                  | 12,1                                     | 203,0  | 18735682,3                            |
|             | Longitudinales 1             | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 393,2  | 7077,6                    | 60,8                                     | 196,6  | 695678,2                              |
|             | Longitudinales 2             | Pletina 90x10 mm x mm     | 2        | 9           | 1      | 9,0                     | 18,0                          | 393,2  | 7077,6                    | 60,8                                     | 196,6  | 695678,2                              |
|             | Esloras                      | L 200x150x10 mm x mm x mm | 2        | 20          | 15     | 300,0                   | 600,0                         | 391,9  | 235140,0                  | 1183,1                                   | 195,3  | 22882773,1                            |
| Mamparo     | Mamparo Longitudinal         | Plancha 8 mm              | 2        | 217,48      | 0,8    | 174,0                   | 348,0                         | 290,5  | 101070,8                  | 685751,4                                 | 93,8   | 3750223,8                             |
| Brazola     | Plancha                      | Plancha 12 mm             | 2        | 40          | 1,2    | 48,0                    | 96,0                          | 425,0  | 40800,0                   | 6400,0                                   | 228,4  | 5013704,2                             |
|             | Longitudinal                 | L 150x100x8 mm x mm x mm  | 2        | 6           | 13     | 78,0                    | 156,0                         | 435,1  | 67867,8                   | 442,5                                    | 238,4  | 8869190,2                             |
| Total       |                              |                           |          |             |        | Σ                       | 4851,0                        | Σ      | 953787,6                  |                                          | Σ      | 127139385,6                           |

Tabla final: Planilla para cálculo del módulo de sección de la cuaderna maestra

Los resultados obtenidos en base a la tabla presentada anteriormente, son los siguientes:

**1. Centroides en quilla y en cubierta:**

|                           |       |      |
|---------------------------|-------|------|
| Centroide y (en quilla)   | 196,6 | [cm] |
| Centroide y (en cubierta) | 203,4 | [cm] |

**2. Módulos de sección en quilla y en cubierta:**

|                                   |           |                    |
|-----------------------------------|-----------|--------------------|
| Módulo de sección Z (en quilla)   | 625118,78 | [cm <sup>3</sup> ] |
| Módulo de sección Z (en cubierta) | 646639,24 | [cm <sup>3</sup> ] |

**3. Diferencias absolutas y relativas porcentuales entre los módulos calculados, tomando como referencia el valor del módulo de sección reglamentario:**

|                                     |           |                    |
|-------------------------------------|-----------|--------------------|
| Módulo de sección Z (reglamentario) | 144073,04 | [cm <sup>3</sup> ] |
|-------------------------------------|-----------|--------------------|

| Diferencia absoluta           |          |
|-------------------------------|----------|
| Diferencia de Z (en quilla)   | 481045,7 |
| Diferencia de Z (en cubierta) | 502566,2 |

| Diferencia relativa porcentual |       |   |
|--------------------------------|-------|---|
| Diferencia de Z (en quilla)    | 76,95 | % |
| Diferencia de Z (en cubierta)  | 77,72 | % |

**Comentarios finales:**

El eje neutro de la barcaza se encuentra a una distancia próxima de 1,97 [m] desde la línea base, valor muy cercano a la media del puntal.

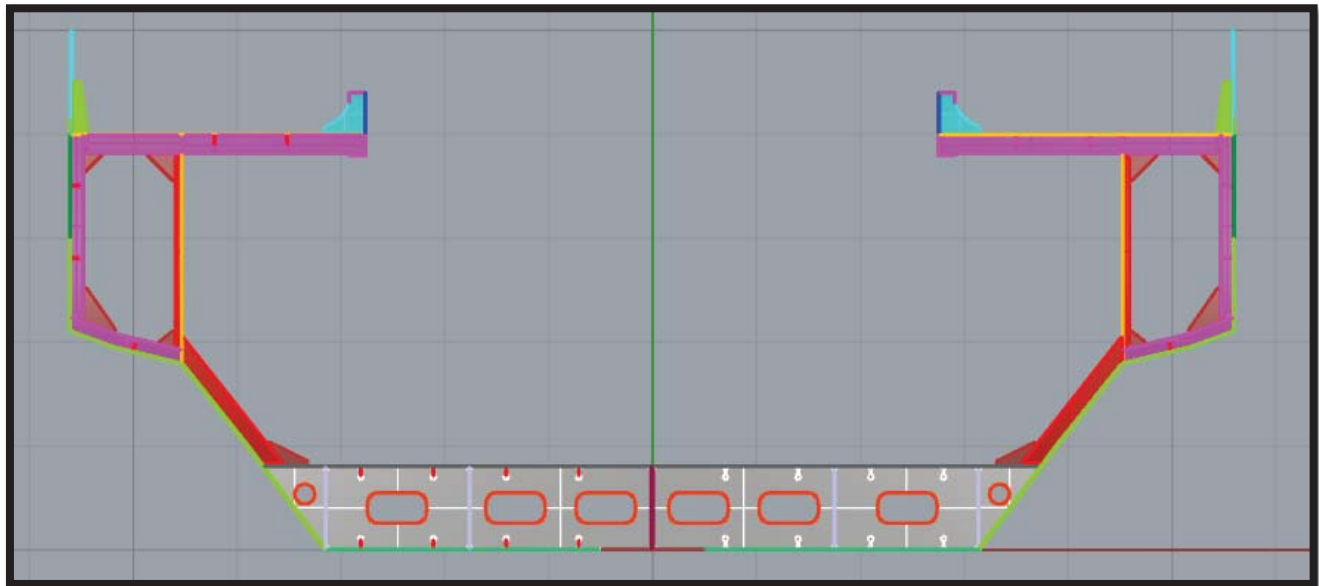
En cuanto a los módulos resistentes, la diferencia relativa porcentual tanto en quilla como en cubierta, respecto del módulo exigido por la casa de clasificación, estos sobrepasan ampliamente el valor reglamentario mínimo con una media de 341,4 %.

Finalmente cabe decir, que se cumple a cabalidad con las normas establecidas por la casa noruega Det Norske Veritas AS para embarcaciones de acero de menos de 100 [m] de eslora.

#### **4.16 PESO DE LA CUADERNA MAESTRA:**

Para calcular el peso de la cuaderna maestra, sólo se considera lo que está en el plano transversal, es decir, no se incluyen elementos estructurales longitudinales.

La vista de la cuaderna maestra (bulárcama n°11) a 21,45 [m] desde el espejo, mirada desde proa a popa, se presenta en la siguiente imagen:



El cálculo del peso se realizó por tramos, considerando la estructura de fondo, costado, cubierta, mamparos, barandas, amuras y barraganetes. El peso ilustrado a continuación corresponde a media cuaderna.

| ESTRUCTURA DE COSTADO & MAMPAROS              |           |                    |
|-----------------------------------------------|-----------|--------------------|
| TRAMOS TRANSVERSALES                          |           |                    |
| Cartelas (5)                                  | 247768,25 | [mm <sup>2</sup> ] |
| Pletina de bulárcama central (1)              | 221032,26 | [mm <sup>2</sup> ] |
| Refuerzo de mamparo longitudinal (1)          | 107953,42 | [mm <sup>2</sup> ] |
| Perfil angular de bulárcama en el costado (1) | 216100,34 | [mm <sup>2</sup> ] |
| TRAMOS LONGITUDINALES                         |           |                    |
| Pasadas del mamparo (2)                       | 794,95    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Longitudinales de costado (3)                 | 6279,33   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Área total estructura de costado y mamparos   | 785779,99 | [mm <sup>2</sup> ] |
| Área total estructura de costado y mamparos   | 0,79      | [m <sup>2</sup> ]  |
| PESO (t <sub>PROMEDIO</sub> = 10 [mm])        | 61,76     | [kg]               |

| ESTRUCTURA DE CUBIERTA                 |           |                    |
|----------------------------------------|-----------|--------------------|
| TRAMOS TRANSVERSALES                   |           |                    |
| Bao lleno                              | 467437,5  | [mm <sup>2</sup> ] |
| Refuerzo transversal de escotilla      | 93376,62  | [mm <sup>2</sup> ] |
| Barraganete                            | 55037,5   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Baranda                                | 25000     | [mm <sup>2</sup> ] |
| TRAMOS LONGITUDINALES                  |           |                    |
| Pasadas de esloras (2)                 | 981,74    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Longitudinales de cubierta (2)         | 6882,64   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Pasadas del mamparo (2)                | 1174,42   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Pasadas de refuerzo de escotilla (2)   | 981,74    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Área total estructura de cubierta      | 630831,08 | [mm <sup>2</sup> ] |
| Área total estructura de cubierta      | 0,63      | [m <sup>2</sup> ]  |
| PESO (t <sub>PROMEDIO</sub> = 10 [mm]) | 49,58     | [kg]               |

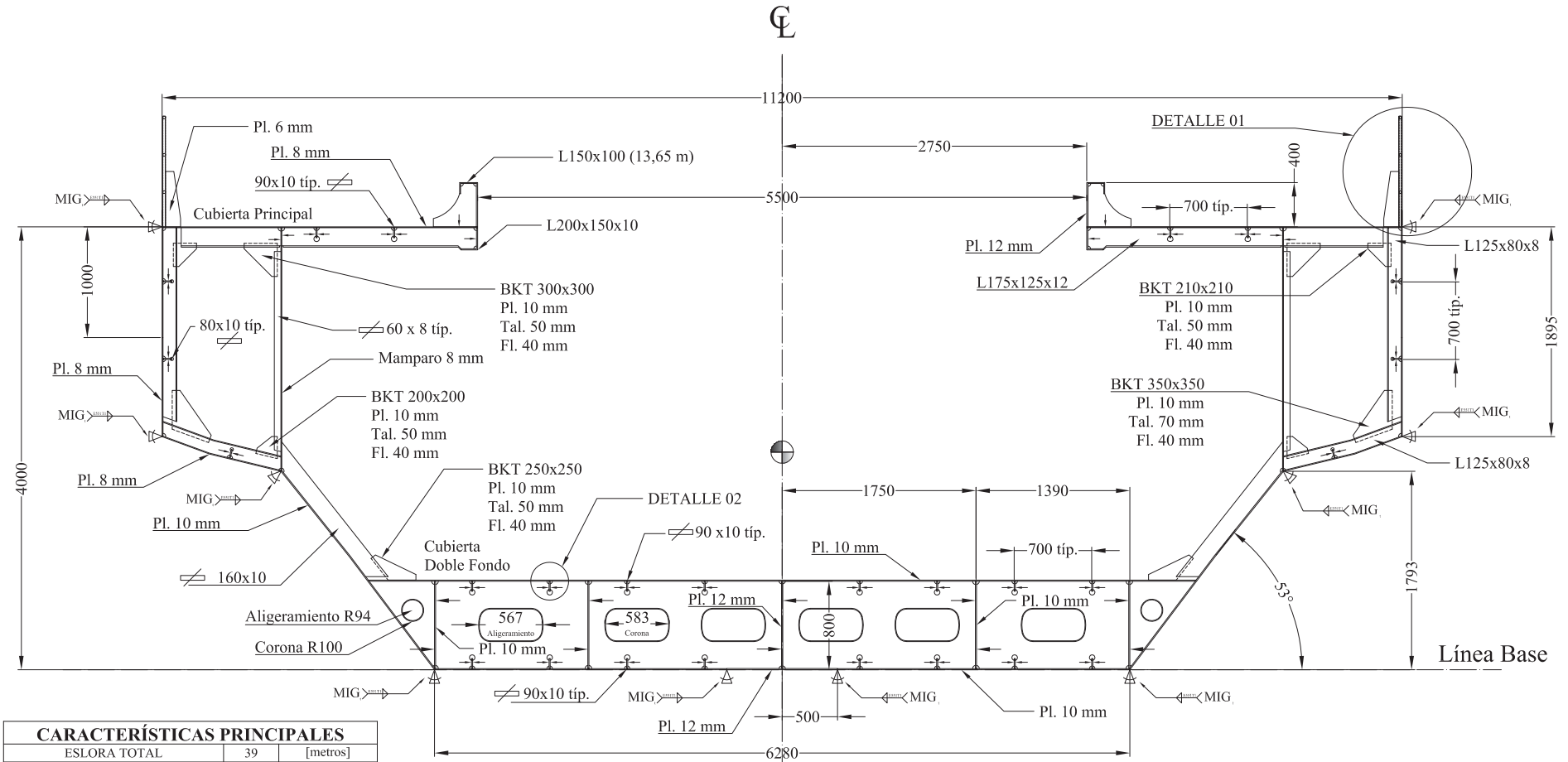
| ESTRUCTURA DE FONDO                    |            |                    |
|----------------------------------------|------------|--------------------|
| TRAMOS TRANSVERSALES                   |            |                    |
| Varenga llena (primer tramo)           | 1372071    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Varenga llena (segundo tramo)          | 1086250    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Varenga llena (tercer tramo)           | 230982,85  | [mm <sup>2</sup> ] |
| TRAMOS LONGITUDINALES                  |            |                    |
| Longitudinales de fondo (8)            | 27530,56   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Aligeramientos con coronas (4)         | 521864,6   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Pasadas de vagra central (2)           | 794,03     | [mm <sup>2</sup> ] |
| Pasadas de vagras laterales (8)        | 4060,79    | [mm <sup>2</sup> ] |
| Área total estructura de fondo         | 2135053,87 | [mm <sup>2</sup> ] |
| Área total estructura de fondo         | 2,14       | [m <sup>2</sup> ]  |
| PESO (t <sub>PROMEDIO</sub> = 10 [mm]) | 167,82     | [kg]               |

Para cada uno de los pesos mostrados se consideró el peso específico del acero normal ASTM A -36 como 7860 [kg/m<sup>3</sup>] y un espesor promedio de 10 [mm]. El cálculo final del peso de la cuaderna concluye multiplicando por dos la suma de los pesos mostrados, ya que estos fueron obtenidos para media cuaderna.

|                                                               |        |                      |
|---------------------------------------------------------------|--------|----------------------|
| Peso específico del acero normal ASTM A-36                    | 7860   | [kg/m <sup>3</sup> ] |
| Área total cuaderna maestra (plano transversal)               | 7,10   | [m <sup>2</sup> ]    |
| Peso cuaderna maestra                                         | 558,32 | [kg]                 |
| Soldadura (3% del peso total)                                 | 16,75  | [kg]                 |
| Peso final cuaderna maestra (t <sub>PROMEDIO</sub> = 10 [mm]) | 0,58   | [ton]                |

## PLANO DE CUADERNA MAESTRA

(Bulárcama N°11: 21,45 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Popa



### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

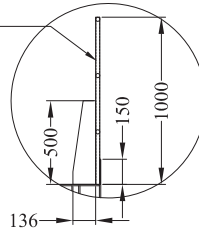
|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                 | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

### DATOS REQUERIDOS:

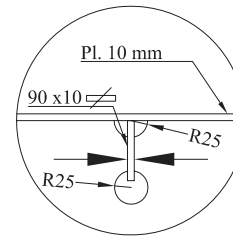
Módulo de sección = 646639,24 [cm<sup>3</sup>]  
Centroide = 196,6 [cm]  
Peso = 0,58 [ton]

Detalle 01 (Escala 1:20)  
Amura - Baranda - Barraganete

Baranda: 47mm x 25mm  
Espesor de pared: 1,5 mm  
3 Candeleros x puntal



Detalle 02 (Escala 1:5)



Notas:  
Sociedad de Clasificación: DNV AS  
Dimensiones en [mm]

Notas:  
Pl.: Plancha  
Tal.: Talón  
Fl.: Flange  
C.G.

|                                                                                                                                                      |                                           |        |            |       |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------|------------|-------|--------------|
| <p>Universidad Austral de Chile<br/>Facultad de Ciencias de la Ingeniería<br/>Instituto de Ciencias Navales &amp; Marítimas<br/>Ingeniería Naval</p> |                                           |        |            |       |              |
| Proyecto                                                                                                                                             | PLANO DE CUADERNA MAESTRA (BARCAZA MAYOR) |        |            |       |              |
| Nombre                                                                                                                                               | Gabriel A. Parra Vera                     | Fecha  | 22-12-2014 | Firma | RUT          |
| Proyectó                                                                                                                                             | Richard L. Luco Salman                    | Revisó | 22-12-2014 |       | 17.450.465-2 |
|                                                                                                                                                      |                                           |        |            |       | 8.783.946-K  |
|                                                                                                                                                      |                                           |        |            |       | Escala 1:25  |
|                                                                                                                                                      |                                           |        |            |       | Fto: A2      |





(Bulárcama N°03: 5,85 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Popa



(Bulárcama N°15: 29,25 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Pona



Notas del plano:  
Pl.: Plancha  
Tal.: Talón  
Fl.: Flange



(Bulárcama N°05: 9,75 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Popa



(Bulárcama Nº19: 37,05 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Pona



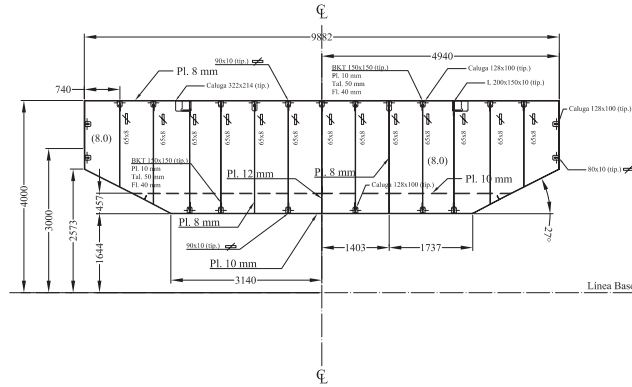
### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Protección gaseosa:  
80% Argón - 20% CO<sub>2</sub>  
100 CO<sub>2</sub>

# PLANO DE MAMPAROS TRANSVERSALES & LONGITUDINALES

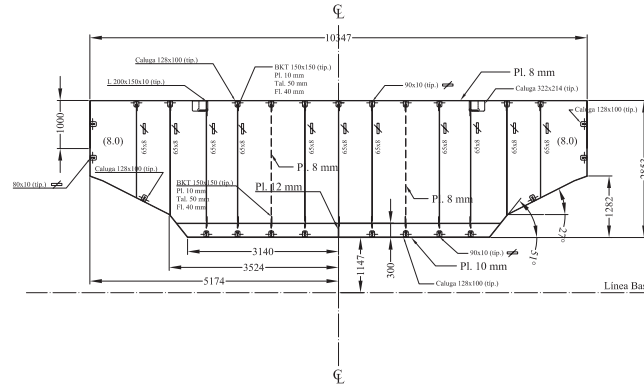
## MAMPARO DE PIQUE DE POPA

(Sección 00, 1,95 metros desde el Eje de Proa)  
Vista desde Proa a Popa

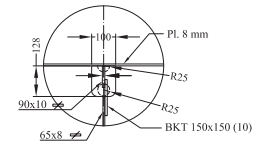


## MAMPARO DE SALA DE MÁQUINAS (POPA)

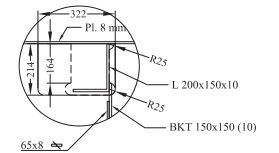
(Sección 02, 1,30 metros desde el Eje de Proa)  
Vista desde Proa a Popa



### DETALLE 01 (ESCALA 1:10)



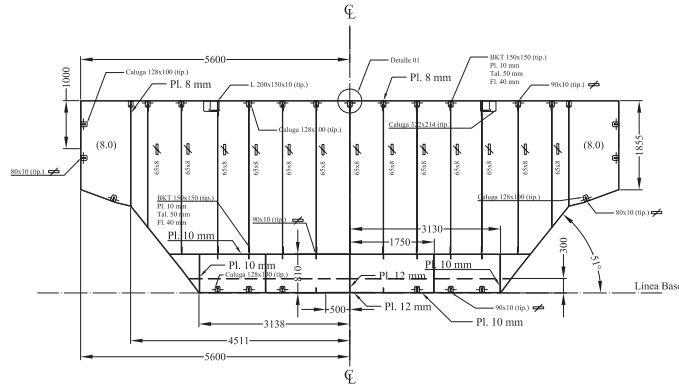
### DETALLE 02 (ESCALA 1:10)



Notas:  
Pl.: Plancha  
Tal.: Talón  
Fl.: Flange

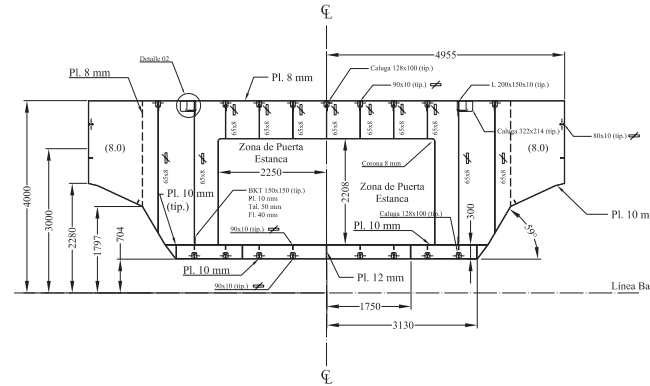
## MAMPARO DE SALA DE MÁQUINAS (PROA)

(Sección 01, 11,05 metros desde el Eje de Proa)  
Vista desde Proa a Popa

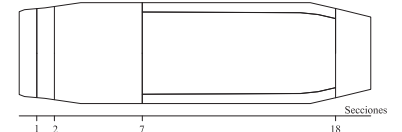


## MAMPARO DE COLISIÓN

(Sección 18, 35,10 metros desde el Eje de Proa)  
Vista desde Proa a Popa



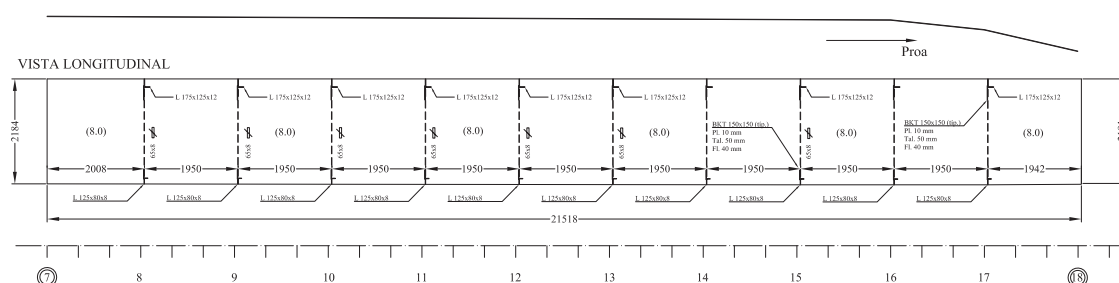
### IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA POSICIÓN DE LOS MAMPAROS



## MAMPARO LONGITUDINAL DE BODEGA DE CARGA

(4,52 metros desde la línea de crujía)  
Vista desde LC hacia las bandas

### VISTA SUPERIOR



### NOTAS:

Cantidad de mamparos longitudinales = 2 (simétricos)  
Los mamparos longitudinales se ubicarán a cada banda a 4,52 metros desde LC  
El tipo de soldadura a utilizar será MIG subyugo (FCAW)  
El tamaño de la soldadura será 12 x 14 mm  
Tipo de electrodos E5111-18C2, 452M  
Protección gaseosa = 100% CO<sub>2</sub>  
El mamparo de colisión tendrá una puerta estanca  
Todos los escudos tendrán las siguientes características independientemente de sus valores principales de medida determinados según caso de clasificación DNV AS:  
\*Espesor = 10 mm  
\*Flange = 40 mm  
\*Talón = 50 mm

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                 | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

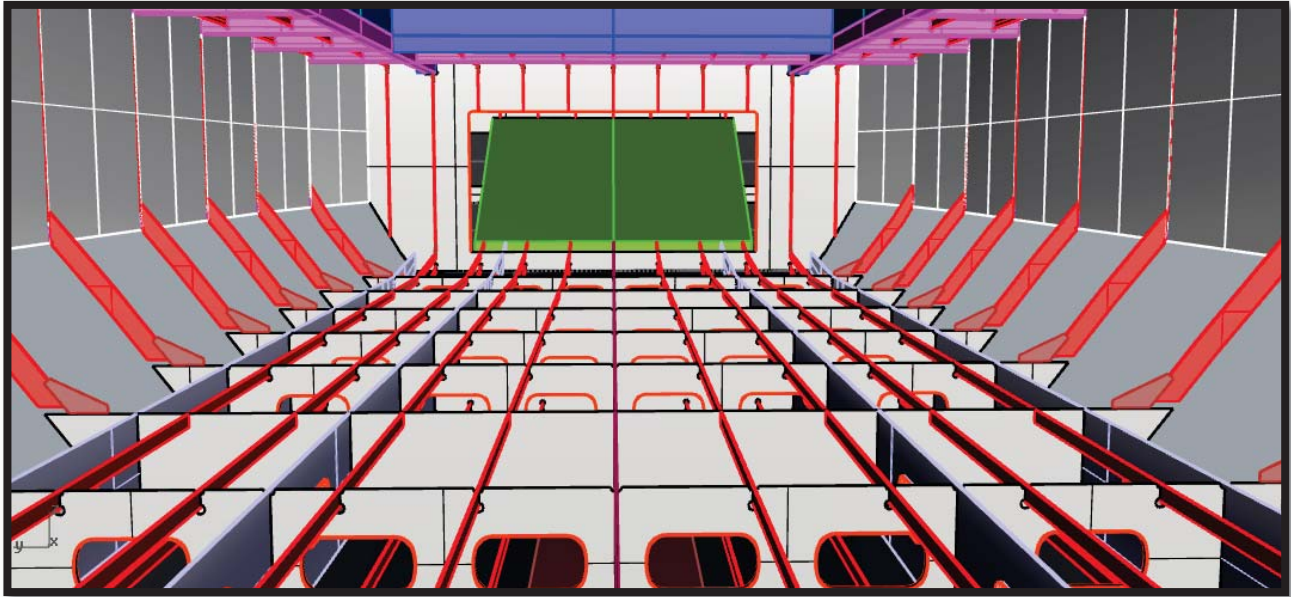


Universidad Austral de Chile  
Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Instituto de Ciencias Navales & Marítimas  
Ingeniería Naval

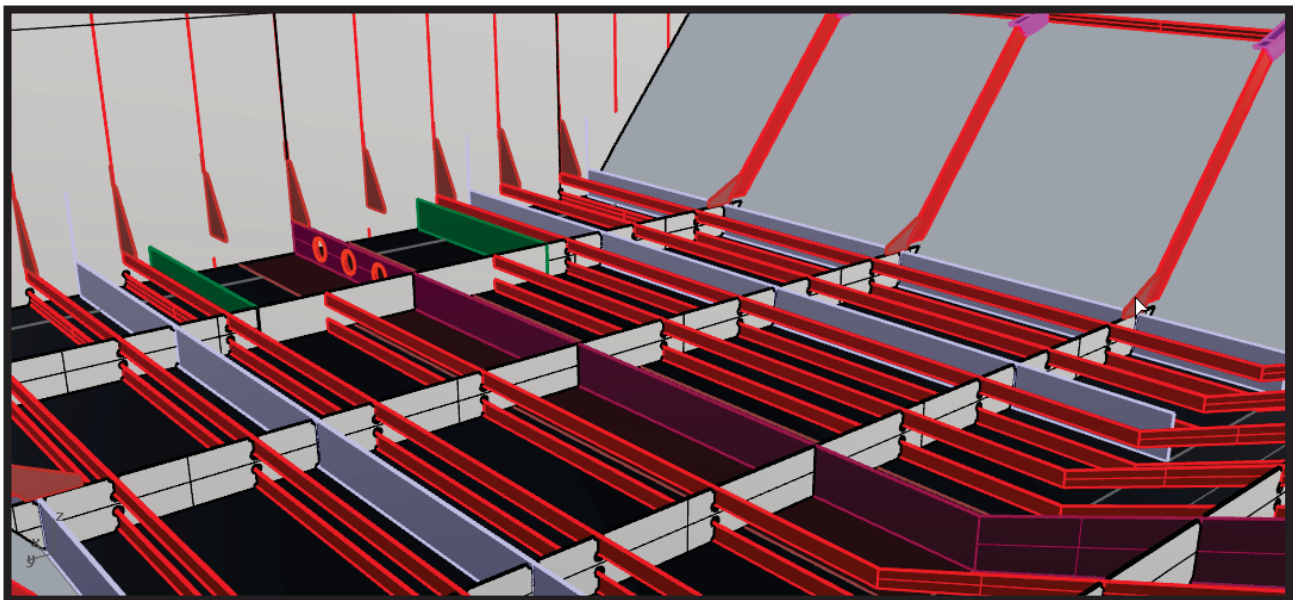


|          |                                                                  |            |              |
|----------|------------------------------------------------------------------|------------|--------------|
| Proyecto | PLANO DE MAMPAROS TRANSVERSALES & LONGITUDINALES (BARCAZA MAYOR) | RUT        | Escala       |
| Nombre   | Gabriel A. Parra Vera                                            | Fecha      | 1:50         |
| Proyecto | 23-12-2014                                                       | Firma      | 17.450.465-2 |
| Revisó   | Richard C. Lucio Salman                                          | 23-12-2014 | 8.783.946-K  |

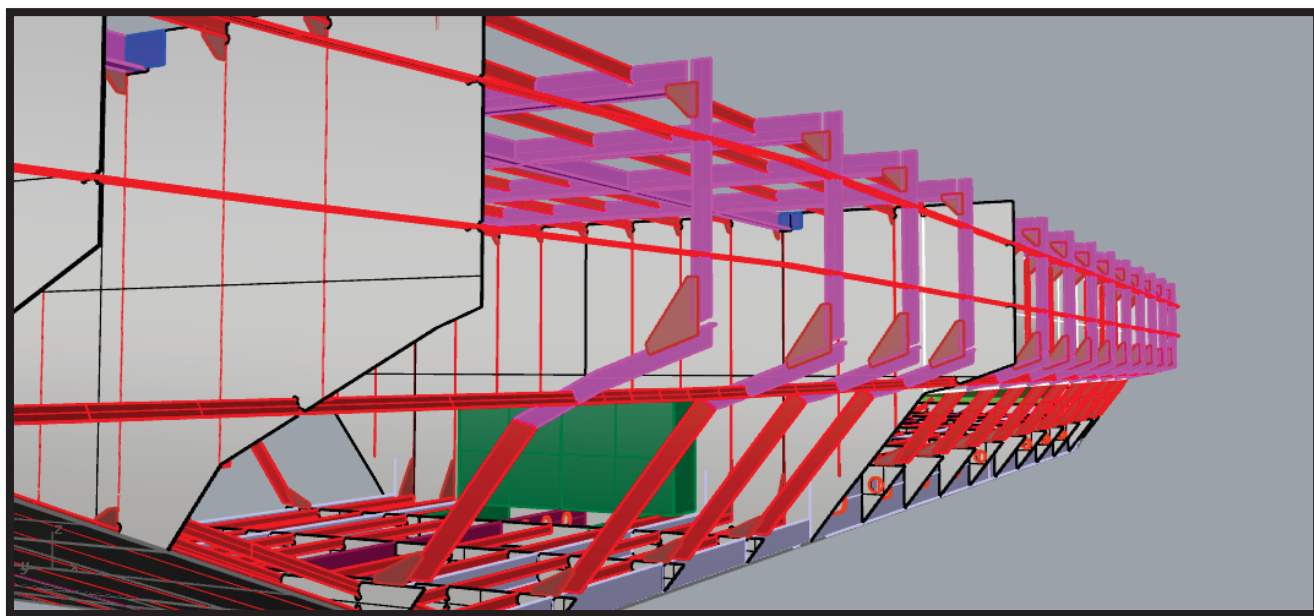
## **ANEXO: MAQUETA ESTRUCTURAL 3D**



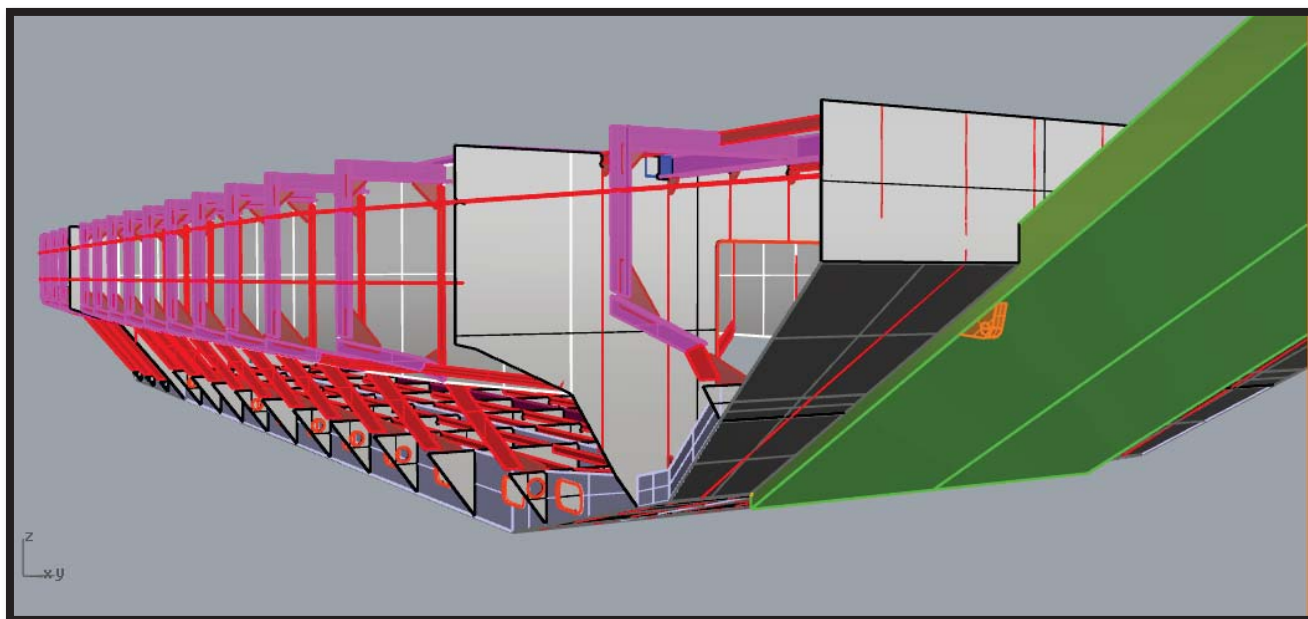
*Figura A: Estructura de fondo – bodega de carga (visto desde popa a proa)*



*Figura B: Estructura de fondo – sala de máquinas (visto desde popa a proa)*

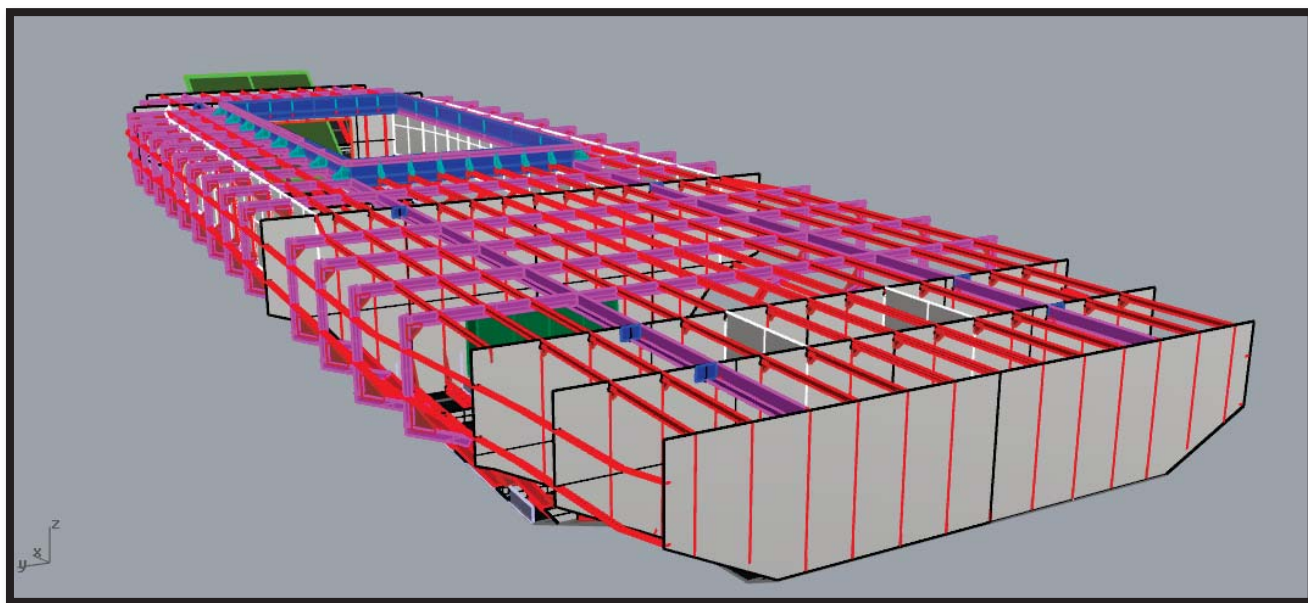


*Figura C: Estructura de costado (visto desde popa a proa)*

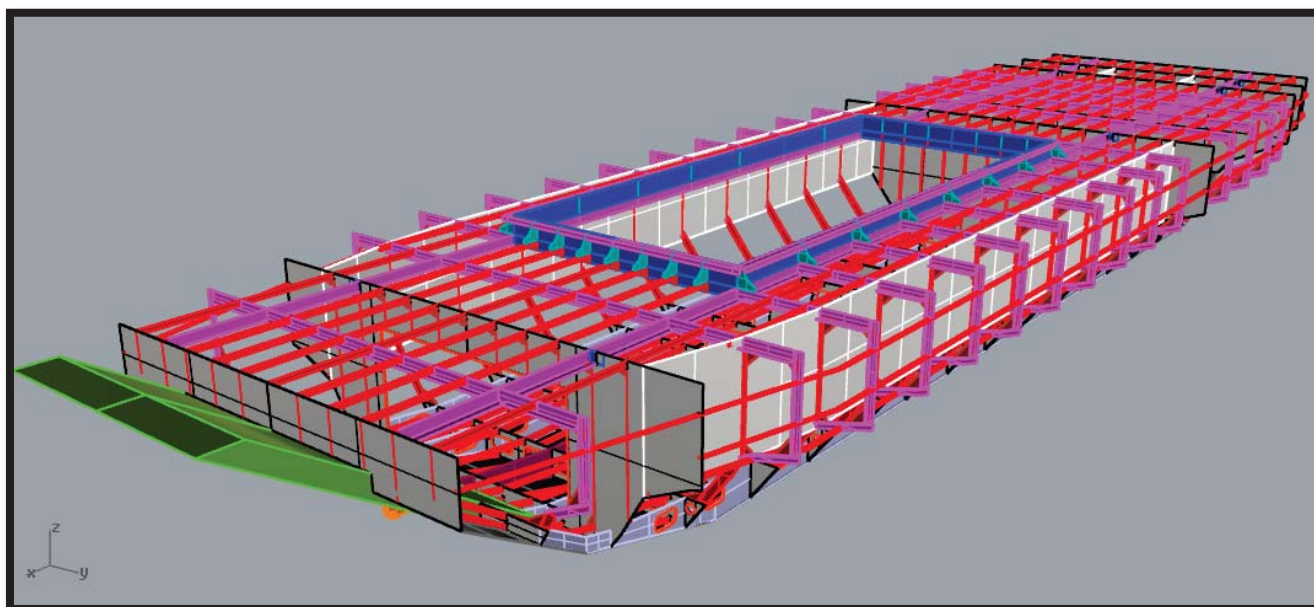


*Figura D: Estructura de costado (visto desde proa a popa)*

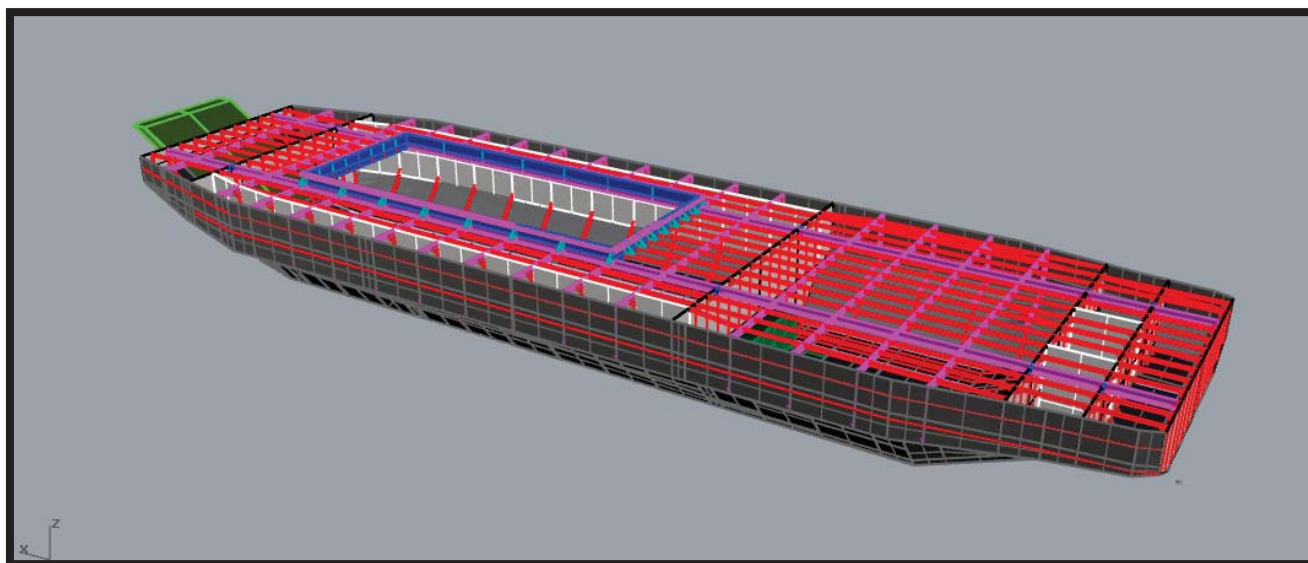




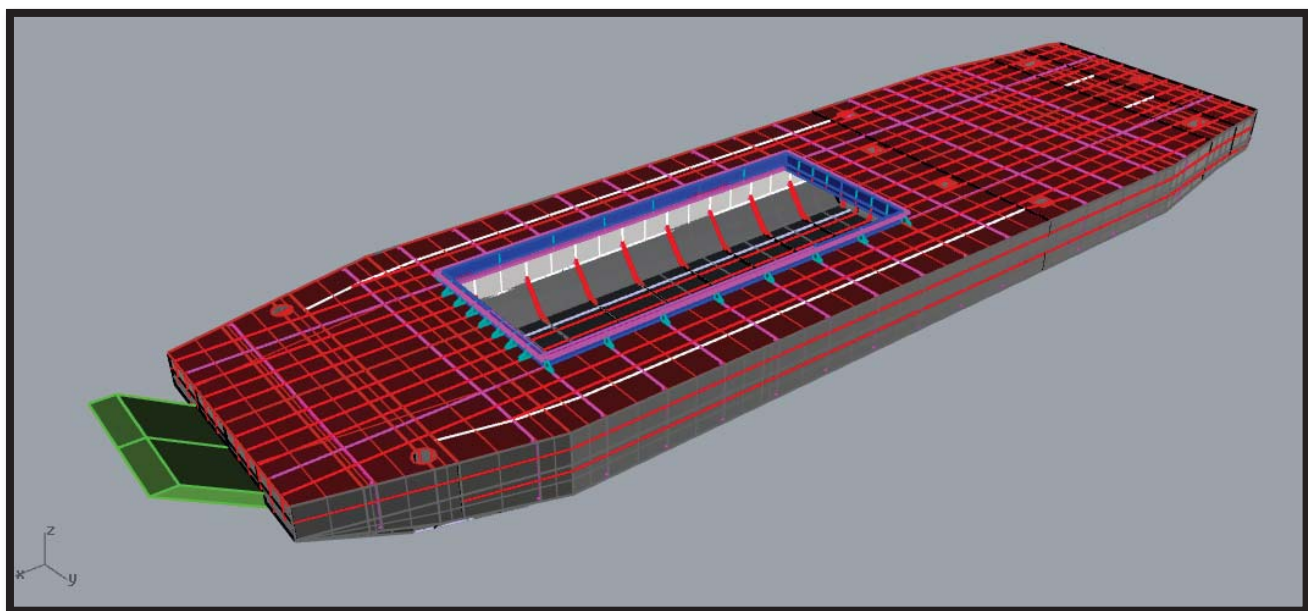
*Figura E: Estructura de cubierta (visto desde popa a proa)*



*Figura F: Estructura de cubierta (visto desde proa a popa)*



*Figura G: Estructura general del caso (visto desde popa a proa)*



*Figura H: Estructura general del caso (visto desde proa a popa)*

## 5. CONCLUSIONES

La barcaza poseerá un tipo de estructura longitudinal, dispuesta de bulárcamas separadas una distancia de 1,95 [m], en donde los refuerzos longitudinales se encontrarán equidistantes una distancia de 0,7 [m].

La embarcación será provista en cubierta de una escotilla de carga de 13,65 x 5,5 [m], por lo cual dicha zona será reforzada con brazolas que ayuden a estructurar el contorno de carga.

El eje neutro calculado con respecto a la línea a base se encuentra aproximadamente a 1,97 [m]. Los módulos resistentes obtenidos en fondo como en cubierta sobrepasan en gran medida al valor mínimo recomendado, lo cual implica un costo extra de material, sin embargo, se deben tener en cuenta las grandes concentraciones de esfuerzo a las que estará sometida la embarcación producto de la carga y las condiciones meteorológicas que muchas veces dificultan una correcta navegación.

## 6. REFERENCIAS

[1] Rules for Classification of Ships, DET NORSKE VERITAS AS, January 2014  
*Part 3, Chapter 2: Hull Structural Design, Ships with Length Less than 100 metres (July 2012)*  
*Part 3, Chapter 3: Hull Equipment and Safety (July 2012)*  
*Part 5, Chapter 2: Passenger and Dry Cargo Ships (January 2014)*

[2] Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966

[3] Guía para Estructuras de Buques  
*Autor: Amelio M. D'Arcangelo*  
*Cornell Maritime Press, INC.*  
1980

[4] Software Maxsurf Enterprise V8i v.20.0  
*Maxsurf Modeler*  
*Windows Versión 20*

[5] Software AutoCAD  
*Autodesk, Inc.*  
*Windows Versión 2014*

[6] Software Rhinoceros  
*Robert McNeel & Associates*  
*Windows Versión 5.0*





UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 10

“Estudio de Pesos & Centro de Gravedad del Buque en Rosca”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                           | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                      | <b>3</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                  | <b>3</b>  |
| <b>4. Peso en Rosca &amp; Centro de Gravedad.....</b> | <b>4</b>  |
| 4.1 Consideraciones de trabajo .....                  | 4         |
| 4.1.1 División del desplazamiento máximo .....        | 4         |
| 4.1.2 Peso en rosca de una embarcación .....          | 5         |
| 4.2 Peso de la estructura .....                       | 5         |
| 4.3 Peso de la maquinaria .....                       | 7         |
| 4.4 Peso de habitabilidad y equipos .....             | 8         |
| 4.5 Desplazamiento liviano y c.g .....                | 9         |
| 4.6 Peso muerto .....                                 | 9         |
| <b>5. Conclusiones.....</b>                           | <b>10</b> |
| <b>6. Referencias .....</b>                           | <b>10</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

El peso en rosca y su respectivo centro de gravedad se determina una vez construida la embarcación mediante el experimento de inclinación, sin embargo, es posible poder estimarlo mediante un cálculo directo, es decir, estableciendo los pesos y centroides de cada uno de los equipos conformantes de las principales secciones de la embarcación, siendo estas la maquinaria, la estructura, la habitabilidad y equipos.

Conocer el desplazamiento liviano es fundamental para poder analizar su estabilidad en futuras etapas del anteproyecto, en base a determinados criterios que evalúan distintas condiciones de cargas.

Por tratarse de una nave de carga, conocer el peso en rosca nos permitirá saber aproximadamente la capacidad de alimento que podrá transportar la embarcación, lo cual es muy importante, en cuanto al ámbito económico.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Determinar en forma aproximada el peso y centro de gravedad de la nave en rosca, mediante un estudio de pesos realizado de forma directa.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el desplazamiento liviano y su centro de gravedad.
- Conocer estimativamente la capacidad de carga que podrá transportar la nave.

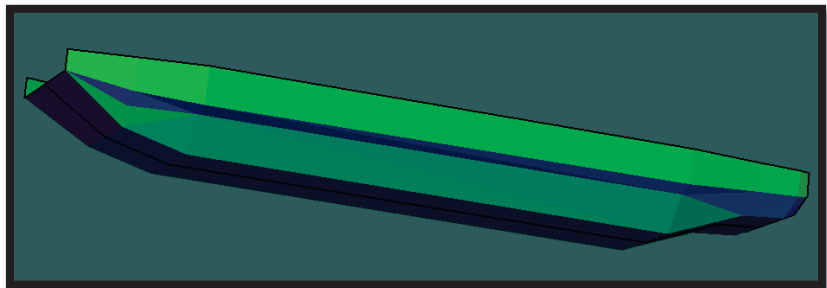
## 4. PESO EN ROSCA Y CENTRO DE GRAVEDAD

Al momento de diseñar las formas de la embarcación se establece un calado de diseño.

El calado de diseño representa la línea de carga máxima a la cual flotará la nave cuando este full carga, y por lo tanto, en ese punto desalojará un determinado volumen de agua. Es por ello, que no es problema conocer el máximo desplazamiento de una embarcación en proyecto, debido a que este puede ser obtenido mediante el software donde se diseñaron las formas de la nave, en este caso se trabajó con Maxsurf Modeler v20.0.

Las características de la nave, para el calado de diseño son las siguientes:

- Eslora en flotación = 37,74 [m]
- Manga en flotación = 11,2 [m]
- Calado de diseño = 2,15 [m]
- Vol. desplazado = 550,78 [m<sup>3</sup>]
- Desplazamiento = 564,6 [ton]



El problema surge cuando necesitamos saber el desplazamiento liviano o en rosca de la nave en etapas de anteproyecto, para así estudiar su estabilidad en distintas condiciones de carga, lo cual nos dará una idea bastante cercana a cómo se comportará la embarcación en la realidad.

### 4.1 CONSIDERACIONES DE TRABAJO

#### 4.1.1 División del desplazamiento máximo:

El desplazamiento máximo ( $\Delta$ ) de una embarcación establecido para un determinado calado de diseño se descompone en dos partidas principales, el peso en rosca (LW) y el peso muerto (DW). De esta manera se tiene que:

$$\Delta = LW + DW$$

Donde:

- LW: Corresponde al peso en rosca, es decir, la suma de todos los pesos del buque listo para navegar, excluyendo la carga, pasajeros, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías.
- DW: Corresponde al peso muerto, es decir, la carga, pasajeros, tripulación, pertrechos y consumos, por lo tanto, nos referimos al resto del desplazamiento que no pertenece a la partida de peso en rosca.

#### 4.1.2 Peso en rosca de una embarcación:

El desplazamiento liviano o peso en rosca, definido anteriormente se divide en:

- Peso de la estructura
- Peso de la maquinaria
- Peso del equipo

Cada uno de los pesos participantes en la embarcación tiene un determinado centro de gravedad, por lo tanto, se establecerá un punto de referencia desde el cual puedan ser medidos.

Las coordenadas del punto de referencia serán las siguientes:

LCG = Medido desde el espejo

VCG = Medido desde la línea base

TCG = Medido desde la línea de crujía [babor (-); estribor (+)]

La figura 1, muestra el punto de referencia:

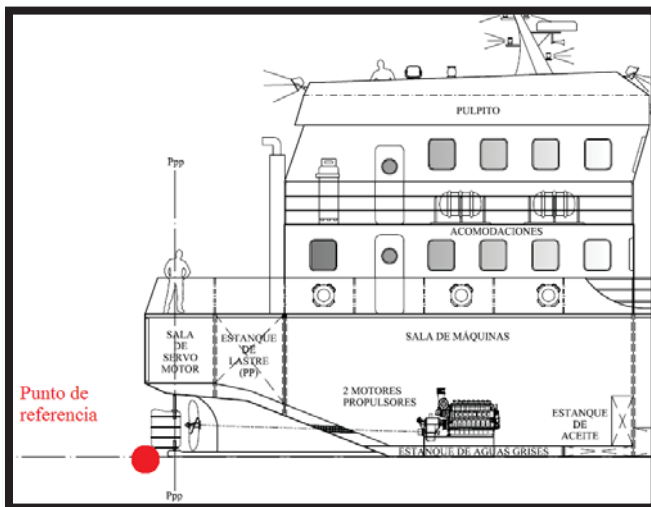


Fig.1: Punto de referencia vista longitudinal

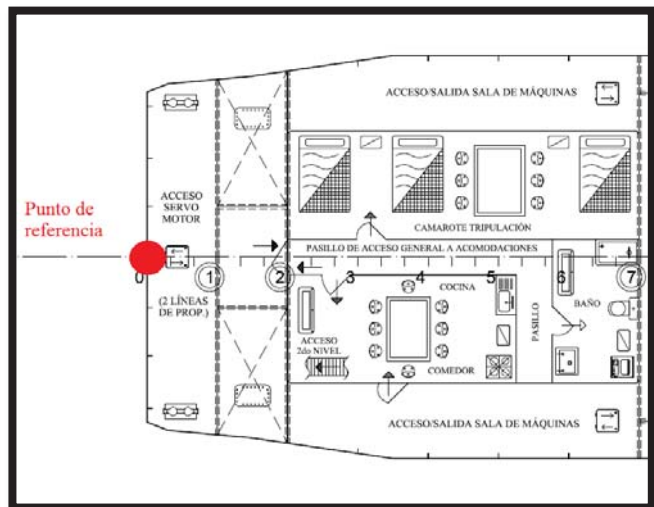


Fig.2: Punto de referencia vista horizontal

## 4.2 PESO DE LA ESTRUCTURA

El peso del acero del cual será construida la embarcación se desconoce en esta etapa del proyecto, es por ello, se realizará una estimación en función de embarcaciones bases similares que ya se han construido y de las que sí se conoce su peso estructural.

Para encontrar el peso del acero neto (PAN) se utilizará un método estadístico de parámetros variables aplicado a datos históricos de un reconocido astillero nacional. Para cada uno de los puntos presentados en el gráfico de la figura 3, se encontró una recta general que los represente mediante un análisis de regresión lineal. La idea es encontrar una aproximación que represente el peso estructural de nuestra embarcación.

El peso del acero neto, se define de acuerdo a la siguiente expresión:

$$PAN = CNC * NC$$

Donde:

- PAN = Peso del acero neto  
(No considera los despuntes)
- CNC = Coeficiente de número cúbico  
(Obtenido de un buque similar conocido)
- NC = Número cúbico  
( $L_{pp} * B * D$ )

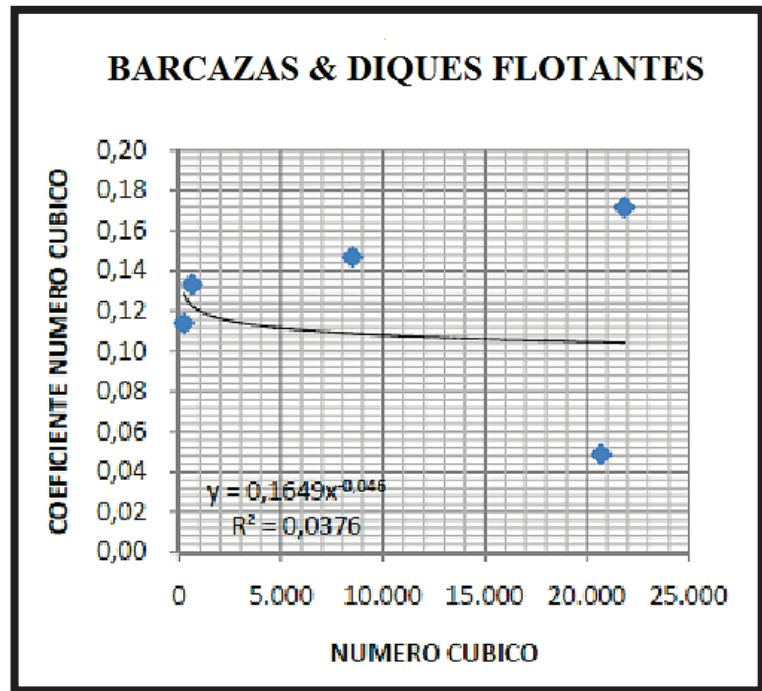


Fig.3: CNC en función del NC

Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$NC = 35,63 * 11,2 * 4,0 = 1596,2 [m^3]$$

$$CNC = 0,1175$$

Reemplazando en la formula anterior, se tiene que:

$$PAN = 0,1175 * 1596,2$$

$$PAN = 187,6 [ton]$$

Por lo tanto, el peso del acero neto para la embarcación en proyecto sería de aproximadamente 187,6 [ton], peso que correspondería al material utilizado para el casco y la superestructura.

Para separar ambos pesos (casco y superestructura) y así determinar su propio centro de gravedad, se utilizarán los volúmenes calculados en el cuaderno 05, donde la superestructura representa el 31% del volumen del casco, es así que los pesos estructurales (considerando los refuerzos) serían los siguientes:

- Casco = 129444 [kg]
- Superestructura = 58156 [kg]

Los centros de gravedad de ambas zonas de obtuvieron de los modelos 3D, por lo tanto, el peso y centroide de la sección estructural es el siguiente:

| Casco & Superestructura (valores app.)       | Sección Estructural |             |              |            |                       |                           |                          |
|----------------------------------------------|---------------------|-------------|--------------|------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                              | Peso                | VCG         | LCG          | TCG        | M <sub>VERTICAL</sub> | M <sub>LONGITUDINAL</sub> | M <sub>TRANSVERSAL</sub> |
|                                              | [Kg]                | [mm]        | [mm]         | [mm]       | [Kg*mm]               | [Kg*mm]                   | [Kg*mm]                  |
| Casco (considerando los refuerzos)           | 129444              | 2139        | 22043        | 0          | 276930032             | 2853361819                | 0                        |
| Superestructura (considerando los refuerzos) | 58156               | 7238        | 8950         | -272       | 420904454             | 520471212                 | -15812662                |
| <b>TOTALES</b>                               | <b>187600</b>       | <b>3720</b> | <b>17984</b> | <b>-84</b> | <b>697834485</b>      | <b>3373833030</b>         | <b>-15812662</b>         |

Tabla 1: Peso y centro de gravedad de la sección estructural

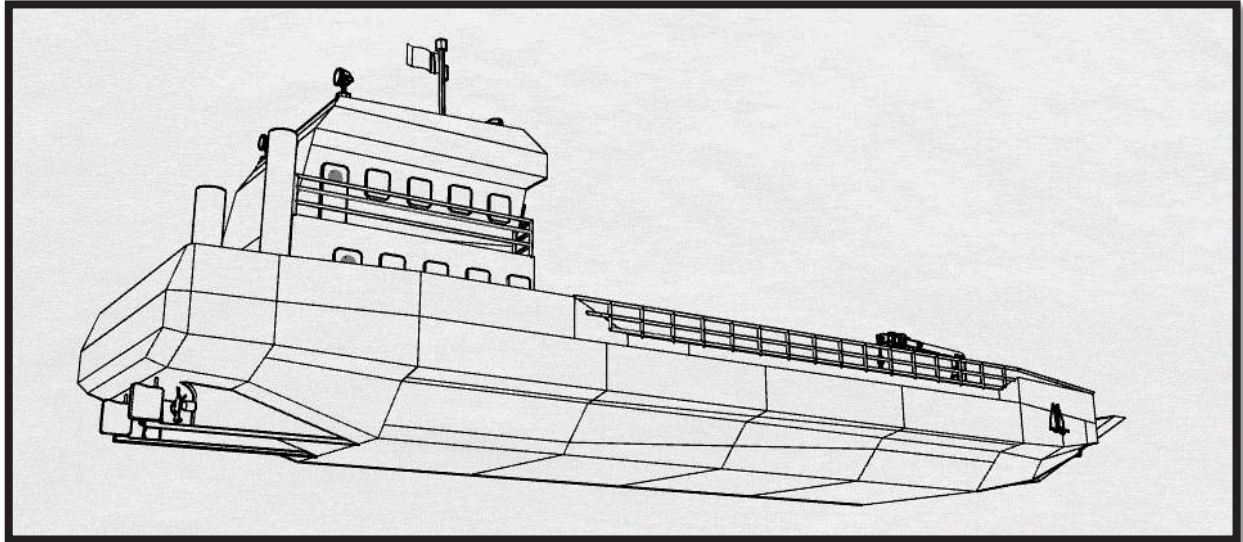


Fig.4: Representación de maqueta digital

- Peso total, sección estructura = 187,6 [ton]

- Centro de gravedad, sección estructura:

$$\text{VCG} = 3,72 \text{ [m]}$$

$$\text{LCG} = 17,984 \text{ [m]}$$

$$\text{TCG} = -0,084 \text{ [m]}$$

## 4.3 PESO DE LA MAQUINARIA

Dentro de esta sección se consideraran las principales maquinarias que tendrá la nave, entre estas se tienen motores propulsores, generadores, propulsores, cajas de reducción, bombas multipropósito, etc.

- Peso total, sección maquinaria = 6,94 [ton]

- Centro de gravedad, sección maquinaria:

$$\text{VCG} = 1,23 \text{ [m]}$$

$$\text{LCG} = 7,4826 \text{ [m]}$$

$$\text{TCG} = 0,003 \text{ [m]}$$



El resumen de la sección maquinaria se presenta en la tabla 2, a continuación:

| Maquinaria General (valores app.)               | Sección Maquinaria |               |               |            |                       |                           |                          |
|-------------------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                                 | Peso               | VCG           | LCG           | TCG        | M <sub>VERTICAL</sub> | M <sub>LONGITUDINAL</sub> | M <sub>TRANSVERSAL</sub> |
|                                                 | [Kg]               | [mm]          | [mm]          | [mm]       | [Kg*mm]               | [Kg*mm]                   | [Kg*mm]                  |
| Maquinaria Propulsora Bb                        | 1950               | 1450          | 9156          | -1714      | 2827500,0             | 17854200,0                | -3342300,0               |
| Maquinaria Propulsora Eb                        | 1950               | 1450          | 9156          | 1714       | 2827500,0             | 17854200,0                | 3342300,0                |
| Línea de eje Bb                                 | 137,5              | 814           | 4094          | -1929      | 111900,6              | 562802,2                  | -265179,6                |
| Línea de ejes Eb                                | 137,5              | 814           | 4094          | 1929       | 111900,6              | 562802,2                  | 265179,6                 |
| Motor auxiliar de 220 volts                     | 805                | 1000          | 9750          | 0,0        | 805000,0              | 7848750,0                 | 0,0                      |
| Hélice Bb                                       | 218                | 885           | 1355          | -1929      | 192930,0              | 295390,0                  | -420522,0                |
| Hélice Eb                                       | 218                | 885           | 1355          | 1929       | 192930,0              | 295390,0                  | 420522,0                 |
| Reductor Bb                                     | 150                | 695           | 8113          | -1929      | 104250,0              | 1216950,0                 | -289350,0                |
| Reductor Eb                                     | 150                | 695           | 8113          | 1929       | 104250,0              | 1216950,0                 | 289350,0                 |
| Instalación aguas residuales                    | 82,3               | 144,4         | 12663         | 0,0        | 11879,6               | 1042038,3                 | 0,0                      |
| Chimenea Bb                                     | 100                | 6501          | 3683          | -3345      | 650100,0              | 368300,0                  | -334500,0                |
| Chimenea Eb                                     | 100                | 6501          | 3683          | 3345       | 650100,0              | 368300,0                  | 334500,0                 |
| Bombas y tuberías de sala de máquinas (General) | 178,5              | 1297          | 5682          | 0,0        | 231467,8              | 1014032,4                 | 0,0                      |
| Generador de 12 volts                           | 55                 | 850           | 11733         | -2351      | 46750,0               | 645315,0                  | -129305,0                |
| Generador de 24 volts                           | 55                 | 850           | 10964         | 2695       | 46750,0               | 603020,0                  | 148225,0                 |
| Ventilación Cámara de Máquinas Bb (Aluminio)    | 15                 | 3865          | 8107          | -5406      | 57975,0               | 121605,0                  | -81090,0                 |
| Ventilación Cámara de Máquinas Eb (Aluminio)    | 15                 | 3865          | 8107          | 5406       | 57975,0               | 121605,0                  | 81090,0                  |
| <b>TOTALES</b>                                  | <b>6948,4</b>      | <b>1299,8</b> | <b>7482,6</b> | <b>2,7</b> | <b>9031158,6</b>      | <b>51991650,1</b>         | <b>18920,0</b>           |

Tabla 2: Peso y centro de gravedad de la sección maquinaria

## 4.4 PESO DE HABITABILIDAD & EQUIPOS

| Habitabilidad & Equipos Generales (valores app.)  | Sección Habitabilidad & Equipos |                |                 |               |                       |                           |                          |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                                   | Peso                            | VCG            | LCG             | TCG           | M <sub>VERTICAL</sub> | M <sub>LONGITUDINAL</sub> | M <sub>TRANSVERSAL</sub> |
|                                                   | [Kg]                            | [mm]           | [mm]            | [mm]          | [Kg*mm]               | [Kg*mm]                   | [Kg*mm]                  |
| Cama 1/2 plaza (Camarote en Puente de navegación) | 55                              | 7017           | 4773            | -2335         | 385935,00             | 262515,00                 | -128425,00               |
| Mesa (Camarote en Puente de navegación)           | 14                              | 7529           | 7591            | -2985         | 105406,00             | 106274,00                 | -41790,00                |
| Silla (Camarote en Puente de navegación)          | 10,74                           | 7031           | 7614            | -2101         | 75512,94              | 81774,36                  | -22564,74                |
| Velador (Camarote en Puente de navegación)        | 12,90                           | 7274           | 6058            | -3125         | 93834,60              | 78148,20                  | -40312,50                |
| Sillas (Puente de navegación)                     | 32,22                           | 7600           | 11329           | -575          | 244872,00             | 365020,38                 | -18526,50                |
| Equipos de navegación (Puente de navegación)      | 1000                            | 7461           | 12754           | -380          | 7461000,00            | 12754000,00               | -380000,00               |
| Cama 1/2 plaza' (Camarote en SE - Cubierta ppal)  | 55                              | 4563           | 6332            | -2400         | 250965,00             | 348260,00                 | -132000,00               |
| Cama 1/2 plaza" (Camarote en SE - Cubierta ppal)  | 55                              | 4563           | 12684           | -2400         | 250965,00             | 697620,00                 | -132000,00               |
| Mesa' (Camarote en SE - Cubierta ppal)            | 14                              | 4560           | 9783            | -2087         | 63840,00              | 136962,00                 | -29218,00                |
| Mesa" (Cocina en SE - Cubierta ppal)              | 14                              | 4560           | 7200            | 2115          | 63840,00              | 100800,00                 | 29610,00                 |
| Lavaplatos (Cocina en SE - Cubierta ppal)         | 3                               | 5197           | 9958            | 1260          | 15591,00              | 29874,00                  | 3780,00                  |
| Cocina a gas (Cocina en SE - Cubierta ppal)       | 33                              | 5366           | 9768            | 3058          | 177078,00             | 322344,00                 | 100914,00                |
| W.C (Baño en SE - Cubierta ppal)                  | 40,5                            | 4458           | 13064           | 1431          | 180549,00             | 529092,00                 | 57955,50                 |
| Tina (Baño en SE - Cubierta ppal)                 | 45                              | 4550           | 12990           | -126          | 204750,00             | 584550,00                 | -5670,00                 |
| Lavamanos (Baño en SE - Cubierta ppal)            | 6,5                             | 5114           | 11725           | 294           | 33241,00              | 76212,50                  | 1911,00                  |
| Velador' (Camarote en SE - Cubierta ppal)         | 12,9                            | 4851           | 6212            | -3189         | 62577,90              | 80134,80                  | -41138,10                |
| Velador" (Camarote en SE - Cubierta ppal)         | 12,9                            | 4851           | 11404           | -3189         | 62577,90              | 147111,60                 | -41138,10                |
| Winche Bb                                         | 60                              | 4595           | 34094           | -2696         | 275700,00             | 2045640,00                | -161760,00               |
| Winche Eb                                         | 60                              | 4595           | 34094           | 2696          | 275700,00             | 2045640,00                | 161760,00                |
| Grúa Bb                                           | 7500                            | 5199           | 16546           | -3606         | 38992500,00           | 124095000,00              | -27045000,00             |
| Grúa Eb                                           | 7500                            | 5199           | 32668           | 3606          | 38992500,00           | 245010000,00              | 27045000,00              |
| Timón Bb                                          | 1048,7                          | 971            | 621             | -1929         | 1018287,70            | 651242,70                 | -2022942,30              |
| Timón Eb                                          | 1048,7                          | 971            | 621             | 1929          | 1018287,70            | 651242,70                 | 2022942,30               |
| Ancla Bb                                          | 780                             | 3394           | 35961           | -4200         | 2647320,00            | 28049580,00               | -3276000,00              |
| Ancla Eb                                          | 780                             | 3394           | 35961           | 4200          | 2647320,00            | 28049580,00               | 3276000,00               |
| <b>TOTALES</b>                                    | <b>20194,06</b>                 | <b>4734,07</b> | <b>22150,01</b> | <b>-40,54</b> | <b>95600150,74</b>    | <b>447298618,24</b>       | <b>-818612,44</b>        |

Tabla 3: Peso y centro de gravedad de la sección habitabilidad y equipos

- Peso total, sección habitabilidad y equipos = 20,19 [ton]
- Centro de gravedad, sección habitabilidad y equipos:

$$VCG = 4,73 \text{ [m]}$$

$$LCG = 22,15 \text{ [m]}$$

$$TCG = -0,04 \text{ [m]}$$

## 4.5 DESPLAZAMIENTO LIVIANO Y C.G

Considerando un 5% de error, debido a equipamiento misceláneo de la embarcación se tienen los siguientes resultados:

|                                |           |         |          |        |              |               |              |
|--------------------------------|-----------|---------|----------|--------|--------------|---------------|--------------|
| MOMENTOS BARCAZA MAYOR [kg*mm] |           |         |          |        | 802465794,53 | 3873123298,75 | -16612354,38 |
| C.G BARCAZA MAYOR [mm]         |           | 3558,93 | 17177,27 | -73,68 |              |               |              |
| PESO BARCAZA MAYOR [kg]        | 225479,54 |         |          |        |              |               |              |

Tabla 4: Peso en rosca y su centro de gravedad

## 4.6 PESO MUERTO

Debido a que se trabaja rá con una nave de tran sporte de carga, se calculará todo lo concerniente a combustible, agua dulce, lastre , tripulación, pertrechos y víveres. La idea es tener una estimación aproximada de la c antidad de toneladas de carga que se po drían transportar en la embarcación. El resultado se presenta a continuación:

| Sección Combustible - Agua Dulce - Lastre - Tripulación - Pertrechos y Víveres        |                  |                |                 |             |                       |                           |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Combustible - Agua Dulce - Lastre - Tripulación - Pertrechos y Víveres (valores app.) | Peso             | VCG            | LCG             | TCG         | M <sub>VERTICAL</sub> | M <sub>LONGITUDINAL</sub> | M <sub>TRANSVERSAL</sub> |
|                                                                                       | [Kg]             | [mm]           | [mm]            | [mm]        | [Kg*mm]               | [Kg*mm]                   | [Kg*mm]                  |
| Tks de Combustible                                                                    | 18000            | 412            | 15599           | 0,00        | 7416000,00            | 280782000,00              | 0,00                     |
| Tks de Agua Dulce                                                                     | 21418            | 412            | 10709           | 0,00        | 8824216,00            | 229365362,00              | 0,00                     |
| Tks de Lastre Central                                                                 | 44000            | 412            | 21445           | 0,00        | 18128000,00           | 943580000,00              | 0,00                     |
| Tks de Lastre a Proa                                                                  | 14724            | 483            | 32664           | 0,00        | 7111692,00            | 480944736,00              | 0,00                     |
| Tks de Lastre a Popa Bb                                                               | 46664            | 2812           | 2958            | -2356       | 131219168,00          | 138032112,00              | -109940384,00            |
| Tks de Lastre a Popa Eb                                                               | 46664            | 2812           | 2958            | 2356        | 131219168,00          | 138032112,00              | 109940384,00             |
| Tripulación                                                                           | 700,00           | 4550           | 7586,03         | 0,00        | 3185000,00            | 5310222,89                | 0,00                     |
| Pertrechos y víveres (para autonomía de 5 días)                                       | 200,00           | 4353,19        | 7911,91         | 2615,78     | 870638,28             | 1582381,08                | 523155,54                |
| <b>TOTALES</b>                                                                        | <b>192370,00</b> | <b>1600,95</b> | <b>11527,94</b> | <b>2,72</b> | <b>307973882,28</b>   | <b>2217628925,97</b>      | <b>523155,54</b>         |

Tabla 5: Peso y centro de gravedad de peso muerto (sin carga)

Por lo tanto, la nave tendría las siguientes características (sin considerar la carga de alimento):

|                          |        |      |       |       |
|--------------------------|--------|------|-------|-------|
| C.G BARCAZA MAYOR [m]    |        | 2,60 | 14,25 | -0,04 |
| PESO BARCAZA MAYOR [ton] | 427,47 |      |       |       |

Tabla 6: Peso y centro de gravedad de la nave, son considerar la carga

Debido a que la embarcación posee un d esplazamiento máximo de 564,6 [ ton] para el calado de diseño, ésta dispondrá de la siguiente capacidad de carga:

Cap. de carga<sub>APP</sub> = 137,13 [ton] (Este peso será considerado en el centro de la bodega de carga).

## 5. CONCLUSIONES

El peso y centro de gravedad estimados del buque en rosca serán los siguientes:

- Peso en rosca = 225,48 [ton]
- Centro de gravedad:
  - VCG = 3,56 [m], medido desde la línea base
  - LCG = 17,18 [m], medido desde el espejo
  - TCG = -0,007 [m], medido desde la línea de crujía

La capacidad de carga que podrá transportar la embarcación será de aproximadamente 137,13 [ton].

## 6. REFERENCIAS

[1] Apuntes electrónicos del curso “Proyecto & Diseño de la Nave I”

*El desplazamiento del buque, ICNA215*

*Universidad Austral de Chile, 2014*

*Richard Luco Salman*

[2] Software Maxsurf Enterprise V8i v.20.0

*Maxsurf Modeler*

*Windows Version 20*

[3] Software AutoCAD

*Autodesk, Inc.*

*Windows Version 2014*

[4] Software Rhinoceros

*Robert McNeel & Associates*

*Windows Versión 5.0*



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 11

“Estudio de Estabilidad Transversal”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

**Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile**

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                                          | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                                     | <b>3</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                                                 | <b>3</b>  |
| <b>4. Situaciones de Carga .....</b>                                                 | <b>4</b>  |
| 4.1 Criterios IMO utilizados para evaluar la estabilidad transversal de la nave..... | 4         |
| 4.1.1 Peso en rosca.....                                                             | 5         |
| 4.1.2 0% carga – 10% consumibles .....                                               | 7         |
| 4.1.3 0% carga – 100% consumibles .....                                              | 9         |
| 4.1.4 100% carga – 10% consumibles .....                                             | 11        |
| 4.1.5 100% carga – 100% consumibles .....                                            | 13        |
| 4.2 Tabla resumen de resultados para cada condición de carga.....                    | 15        |
| 4.3 Comentarios finales .....                                                        | 15        |
| <b>5. Conclusiones.....</b>                                                          | <b>16</b> |
| <b>6. Referencias .....</b>                                                          | <b>16</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se presenta el cumplimiento de los criterios de estabilidad IMO para todo tipo de buques. Estos criterios son exigible para todas las embarcaciones mayores a 24 [metros], según el Código de Estabilidad sin Avería para Todos los Tipos de Buques Regidos por los Instrumentos de la OMI (TM-063) de la Autoridad Marítima Nacional, DIRECTEMAR.

Las condiciones de carga a estudiar se encuentran en la Resolución A.749 (18), correspondiente al capítulo 3 para estabilidad a grandes ángulos.

Se analizarán las siguientes condiciones de carga:

- Peso en rosca
- 0% carga y 10% consumibles
- 0% carga y 100% consumibles
- 100% carga y 10% consumibles
- 100% carga y 10% consumibles.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Cumplir la reglamentación exigida por la Organización Marítima Internacional y la Dirección General del Territorio Marítimo & De Marina Mercante en su código de estabilidad sin avería para todos los tipos de buques regidos por los instrumentos de la OMI.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cumplir con los 6 criterios de estabilidad para cada una de las condiciones de carga.
- Obtener los calados de proa y popa para cada condición de carga, para así poder analizar el trimado de la nave y junto con ello establecer puntos para distribuir la carga de manera que se cuente con un trimado parejo.

## 4. SITUACIONES DE CARGA

El siguiente estudio ilustra la evaluación de cada uno de los criterios IMO para cada condición de carga exigida reglamentariamente.

### 4.1 Criterios IMO utilizados para evaluar la estabilidad transversal de la nave:

Los criterios IMO a utilizar corresponden a la resolución A.749 (18) “Código de Estabilidad Intacta Sin Avería” en su capítulo 3. Este código es aplicable a todo tipo de nav es con esloras mayores a 24 [metros].

#### **A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships:**

- 3.1.2.1: Area 0 to 30  
*[El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 3,151 m.deg para ángulos de escora de 0 a 30°]*
- 3.1.2.1: Area 0 to 40  
*[El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 5,157 m.deg para ángulos de escora de 0 a 40°]*
- 3.1.2.1: Area 30 to 40  
*[El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 1,719 m.deg para ángulos de escora de 30 a 40° y  $\theta_f$  si éste es inferior a 40°]*
- 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater  
*[El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m a un ángulo de escora igual o superior a 30°]*
- 3.1.2.3: Angle of maximum GZ  
*[El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 25°]*
- 3.1.2.4: Initial GMt  
*[La altura metacéntrica inicial  $GMO$  no será inferior a 0,15 m]*

Para analizar la estabilidad transversal en función de la curva de brazos adrizantes y el equilibrio de la nave se utilizó el software Maxsurf Stability Advanced v20.0.



**4.1.1: PESO EN ROSCA:**

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

| Item Name                | Quantity | Unit Mass<br>tonne | Total Mass<br>tonne | Unit Volume<br>m <sup>3</sup> | Total Volume<br>m <sup>3</sup> | Long. Arm<br>m | Trans. Arm<br>m | Vert. Arm<br>m | Total FSM<br>tonne.m | FSM Type       |
|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------|
| Peso en Rosca            | 1        | 225,480            | 225,480             |                               |                                | 17,180         | -0,007          | 3,560          | 0,000                | User Specified |
| Tripulación              | 0        | 0,100              | 0,000               |                               |                                | 7,586          | 0,000           | 4,550          | 0,000                | User Specified |
| Pertrechos y viveres     | 0        | 0,200              | 0,000               |                               |                                | 7,912          | 2,616           | 4,353          | 0,000                | User Specified |
| Carga en bodega          | 0        | 137,130            | 0,000               |                               |                                | 24,375         | 0,000           | 2,000          | 0,000                | User Specified |
| Tks de Combustible Bb    | 0%       | 9,001              | 0,000               | 10,715                        | 0,000                          | 15,600         | 1,570           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Combustible Eb    | 0%       | 9,001              | 0,000               | 10,715                        | 0,000                          | 15,600         | -1,570          | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Cofferdam                | 0%       | 10,681             | 0,000               | 10,681                        | 0,000                          | 18,525         | 0,000           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Bb     | 0%       | 10,709             | 0,000               | 10,709                        | 0,000                          | 21,450         | 1,570           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Eb     | 0%       | 10,709             | 0,000               | 10,709                        | 0,000                          | 21,450         | -1,570          | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Bb | 0%       | 22,009             | 0,000               | 21,473                        | 0,000                          | 27,295         | 1,570           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Eb | 0%       | 21,981             | 0,000               | 21,445                        | 0,000                          | 27,300         | -1,570          | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Bb  | 0%       | 7,362              | 0,000               | 7,183                         | 0,000                          | 31,816         | 1,570           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Eb  | 0%       | 7,362              | 0,000               | 7,183                         | 0,000                          | 31,816         | -1,570          | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Bb  | 0%       | 23,332             | 0,000               | 22,763                        | 0,000                          | 3,885          | 1,570           | 1,149          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Eb  | 0%       | 23,332             | 0,000               | 22,763                        | 0,000                          | 3,885          | -1,570          | 1,149          | 0,000                | Maximum        |
| Tk de Aguas Grises       | 0%       | 1,276              | 0,000               | 1,398                         | 0,000                          | 12,675         | 0,000           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tk de Aceite             | 0%       | 2,456              | 0,000               | 2,670                         | 0,000                          | 13,348         | 0,000           | 0,300          | 0,000                | Maximum        |
| Total Loadcase           |          |                    | 225,480             | 160,407                       | 0,000                          | 17,180         | -0,007          | 3,560          | 0,000                |                |
| FS correction            |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 0,000          |                      |                |
| VCG fluid                |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 3,560          |                      |                |

Fig.1: Consideraciones iniciales – Peso en rosca

| Heel to Starboard deg                    | 0,0     | 10,0    | 20,0    | 30,0    | 40,0    | 50,0    | 60,0    | 70,0    | 80,0    | 90,0     |
|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| GZ m                                     | 0,007   | 0,541   | 1,311   | 1,592   | 1,556   | 1,268   | 0,810   | 0,266   | -0,318  | -0,913   |
| Area under GZ curve from zero heel m.deg | 0,0000  | 2,5065  | 11,8755 | 26,8130 | 42,7507 | 57,0541 | 67,5446 | 72,9778 | 72,7384 | 66,5846  |
| Displacement t                           | 225,5   | 225,5   | 225,5   | 225,5   | 225,5   | 225,5   | 225,5   | 225,5   | 225,5   | 225,5    |
| Draft at FP m                            | 0,462   | 0,499   | 0,263   | -0,285  | -1,123  | -2,376  | -4,342  | -8,088  | -18,944 | n/a      |
| Draft at AP m                            | 1,624   | 1,471   | 1,184   | 0,731   | 0,037   | -0,897  | -2,306  | -4,930  | -12,453 | n/a      |
| WL Length m                              | 32,119  | 36,101  | 36,758  | 37,116  | 37,301  | 37,834  | 38,357  | 38,842  | 39,020  | 39,021   |
| Beam max extents on WL m                 | 8,614   | 9,429   | 9,036   | 7,636   | 6,223   | 5,222   | 4,619   | 4,257   | 4,062   | 4,000    |
| Wetted Area m <sup>2</sup>               | 283,230 | 291,672 | 294,113 | 274,339 | 268,269 | 268,937 | 271,419 | 273,554 | 274,322 | 273,555  |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>             | 249,286 | 263,975 | 259,371 | 229,564 | 206,032 | 176,162 | 158,338 | 147,435 | 139,389 | 132,689  |
| Prismatic coeff. (Cp)                    | 0,631   | 0,585   | 0,611   | 0,637   | 0,661   | 0,673   | 0,678   | 0,680   | 0,686   | 0,693    |
| Block coeff. (Cb)                        | 0,546   | 0,348   | 0,321   | 0,374   | 0,494   | 0,512   | 0,505   | 0,497   | 0,494   | 0,492    |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m            | 17,082  | 17,100  | 17,103  | 17,097  | 17,087  | 17,075  | 17,062  | 17,051  | 17,046  | 17,045   |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m            | 18,184  | 17,942  | 17,905  | 18,181  | 18,554  | 18,787  | 19,043  | 19,227  | 19,076  | 18,728   |
| Max deck inclination deg                 | 1,8667  | 10,1167 | 20,0464 | 30,0302 | 40,0212 | 50,0171 | 60,0135 | 70,0096 | 80,0051 | 90,0000  |
| Trim angle (+ve by stern) deg            | 1,8667  | 1,5639  | 1,4811  | 1,6336  | 1,8654  | 2,3781  | 3,2712  | 5,0658  | 10,3255 | -1, #IND |

Fig.2: Brazos adrizantes para distintos ángulos de escora – Peso en rosca

| Code                                                    | Criteria                         | Value  | Units | Actual  | Status | Margin % |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|-------|---------|--------|----------|
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 30            | 3,1513 | m.deg | 26,8130 | Pass   | +750,86  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 40            | 5,1566 | m.deg | 42,7507 | Pass   | +729,05  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 30 to 40           | 1,7189 | m.deg | 15,9377 | Pass   | +827,20  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0,200  | m     | 1,606   | Pass   | +703,00  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.3: Angle of maximum GZ     | 25,0   | deg   | 33,6    | Pass   | +34,54   |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.4: Initial GMt             | 0,150  | m     | 2,830   | Pass   | +1786,67 |

Fig.3: Aprobación de criterios IMO – Peso en rosca

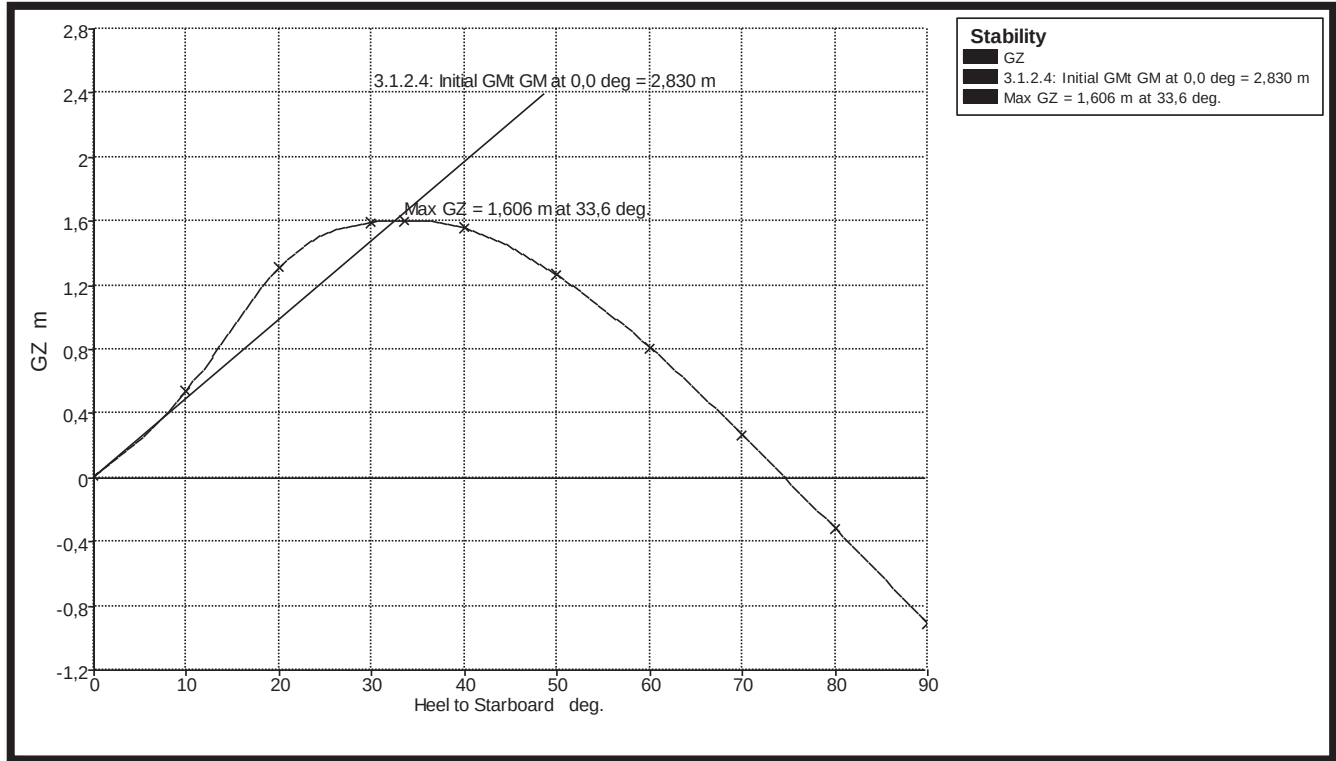
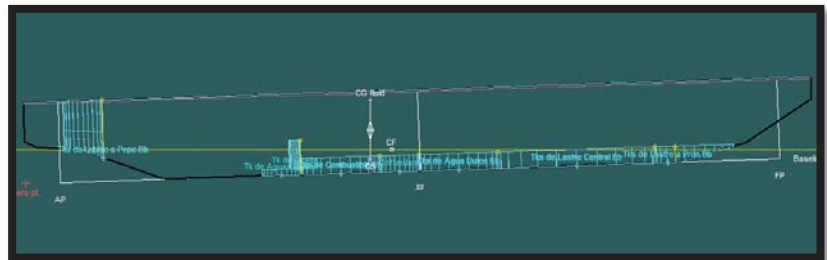


Fig.4: Gráfica de brazos adrizantes v/s ángulos de escora – Peso en rosca

| Equilibrium Calculation              |         |
|--------------------------------------|---------|
| Draft Amidships m                    | 1,043   |
| Displacement t                       | 225,5   |
| Heel deg                             | -0,1    |
| Draft at FP m                        | 0,461   |
| Draft at AP m                        | 1,624   |
| Draft at LCF m                       | 1,088   |
| Trim (+ve by stern) m                | 1,163   |
| WL Length m                          | 32,245  |
| Beam max extents on WL m             | 8,615   |
| Wetted Area m <sup>2</sup>           | 283,946 |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>         | 250,044 |
| Prismatic coeff. (Cp)                | 0,629   |
| Block coeff. (Cb)                    | 0,541   |
| Max Sect. area coeff. (Cm)           | 0,861   |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)           | 0,900   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m        | 17,082  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m        | 18,150  |
| KB m                                 | 0,588   |
| KG fluid m                           | 3,560   |
| BMt m                                | 5,813   |
| BML m                                | 94,732  |
| GMt corrected m                      | 2,839   |
| GML m                                | 91,758  |
| KMt m                                | 6,397   |
| KML m                                | 95,269  |
| Immersion (TPc) tonne/cm             | 2,563   |
| MTc tonne.m                          | 5,807   |
| RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 11,172  |
| Max deck inclination deg             | 1,8726  |
| Trim angle (+ve by stern) deg        | 1,8693  |

Fig.5: Equilibrio  
Peso en rosca



Para la condición de peso en rosca la nave tendría un trimado con asiento de 1,163 [m], es decir, un calado a proa menor que el de popa, ello debido que al no llevar carga, consumos, tripulación, etc. todo el peso se concentra en la sección de maquinaria y la superestructura, por lo tanto, la embarcación navegaría sentada.

**4.1.2: 0% CARGA – 10% CONSUMIBLES:**

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

| Item Name                | Quantity | Unit Mass<br>tonne | Total Mass<br>tonne | Unit Volume<br>m <sup>3</sup> | Total Volume<br>m <sup>3</sup> | Long. Arm<br>m | Trans. Arm<br>m | Vert. Arm<br>m | Total FSM<br>tonne.m | FSM Type       |
|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------|
| Peso en Rosca            | 1        | 225,480            | 225,480             |                               |                                | 17,180         | -0,007          | 3,560          | 0,000                | User Specified |
| Tripulación              | 7        | 0,100              | 0,700               |                               |                                | 7,586          | 0,000           | 4,550          | 0,000                | User Specified |
| Pertrechos y víveres     | 1        | 0,200              | 0,200               |                               |                                | 7,912          | 2,616           | 4,353          | 0,000                | User Specified |
| Carga en bodega          | 0        | 137,130            | 0,000               |                               |                                | 24,375         | 0,000           | 2,000          | 0,000                | User Specified |
| Tks de Combustible Bb    | 10%      | 9,001              | 0,900               | 10,715                        | 1,072                          | 15,600         | 1,586           | 0,044          | 14,243               | Maximum        |
| Tks de Combustible Eb    | 10%      | 9,001              | 0,900               | 10,715                        | 1,072                          | 15,600         | -1,586          | 0,044          | 14,243               | Maximum        |
| Cofferdam                | 0%       | 10,681             | 0,000               | 10,681                        | 0,000                          | 18,525         | 0,000           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Bb     | 10%      | 10,709             | 1,071               | 10,709                        | 1,071                          | 21,450         | 1,586           | 0,044          | 16,838               | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Eb     | 10%      | 10,709             | 1,071               | 10,709                        | 1,071                          | 21,450         | -1,586          | 0,044          | 16,838               | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Bb | 10%      | 22,009             | 2,201               | 21,473                        | 2,147                          | 27,295         | 1,586           | 0,044          | 34,607               | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Eb | 10%      | 21,981             | 2,198               | 21,445                        | 2,145                          | 27,300         | -1,586          | 0,044          | 34,563               | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Bb  | 100%     | 7,362              | 7,362               | 7,183                         | 7,183                          | 32,664         | 1,696           | 0,483          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Eb  | 100%     | 7,362              | 7,362               | 7,183                         | 7,183                          | 32,664         | -1,696          | 0,483          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Bb  | 10%      | 23,332             | 2,333               | 22,763                        | 2,276                          | 3,166          | 1,697           | 1,612          | 21,303               | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Eb  | 10%      | 23,332             | 2,333               | 22,763                        | 2,276                          | 3,166          | -1,697          | 1,612          | 21,303               | Maximum        |
| Tk de Aguas Grises       | 10%      | 1,276              | 0,128               | 1,398                         | 0,140                          | 12,675         | 0,000           | 0,015          | 2,041                | Maximum        |
| Tk de Aceite             | 10%      | 2,456              | 0,246               | 2,670                         | 0,267                          | 13,348         | 0,000           | 0,370          | 1,497                | Maximum        |
| Total Loadcase           |          |                    | 254,485             | 160,407                       | 27,902                         | 17,979         | -0,004          | 3,229          | 177,477              |                |
| FS correction            |          |                    |                     |                               |                                |                |                 |                | 0,697                |                |
| VCG fluid                |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 3,927          |                      |                |

Fig.6: Consideraciones iniciales – 0% carga – 10% consumibles

| Heel to Starboard deg                    | 0,0     | 10,0    | 20,0    | 30,0    | 40,0    | 50,0    | 60,0    | 70,0    | 80,0    | 90,0     |
|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| GZ m                                     | 0,004   | 0,444   | 1,150   | 1,384   | 1,295   | 0,938   | 0,434   | -0,141  | -0,742  | -1,332   |
| Area under GZ curve from zero heel m.deg | 0,0000  | 1,9944  | 10,0504 | 23,1389 | 36,7498 | 48,0972 | 55,0396 | 56,5420 | 52,1279 | 41,7488  |
| Displacement t                           | 254,5   | 254,5   | 254,5   | 254,5   | 254,5   | 254,5   | 254,5   | 254,5   | 254,5   | 254,5    |
| Draft at FP m                            | 0,665   | 0,754   | 0,523   | 0,022   | -0,756  | -1,895  | -3,681  | -7,062  | -16,810 | n/a      |
| Draft at AP m                            | 1,633   | 1,449   | 1,170   | 0,724   | 0,040   | -0,874  | -2,255  | -4,837  | -12,271 | n/a      |
| WL Length m                              | 32,993  | 36,469  | 37,212  | 37,718  | 38,138  | 38,784  | 39,008  | 39,009  | 39,010  | 39,010   |
| Beam max extents on WL m                 | 8,674   | 9,442   | 9,109   | 7,713   | 6,223   | 5,222   | 4,619   | 4,257   | 4,062   | 4,000    |
| Wetted Area m <sup>2</sup>               | 299,289 | 309,590 | 313,923 | 288,057 | 284,031 | 286,450 | 288,933 | 291,048 | 292,858 | 293,797  |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>             | 260,519 | 278,068 | 276,040 | 239,519 | 210,916 | 180,038 | 161,140 | 149,134 | 142,414 | 139,028  |
| Prismatic coeff. (Cp)                    | 0,673   | 0,643   | 0,667   | 0,689   | 0,709   | 0,716   | 0,725   | 0,735   | 0,745   | 0,753    |
| Block coeff. (Cb)                        | 0,581   | 0,385   | 0,351   | 0,405   | 0,533   | 0,549   | 0,545   | 0,543   | 0,542   | 0,541    |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m            | 17,892  | 17,915  | 17,921  | 17,913  | 17,913  | 17,903  | 17,895  | 17,888  | 17,886  | 17,890   |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m            | 18,510  | 18,365  | 18,549  | 18,472  | 18,897  | 19,176  | 19,377  | 19,445  | 19,448  | 19,314   |
| Max deck inclination deg                 | 1,5577  | 10,0598 | 20,0229 | 30,0145 | 40,0100 | 50,0082 | 60,0066 | 70,0048 | 80,0025 | 90,0000  |
| Trim angle (+ve by stern) deg            | 1,5577  | 1,1182  | 1,0401  | 1,1296  | 1,2795  | 1,6412  | 2,2928  | 3,5735  | 7,2612  | -1, #IND |

Fig.7: Brazos adrizantes para distintos ángulos de escora – 0% carga – 10% consumibles

| Code                                                    | Criteria                         | Value  | Units | Actual  | Status | Margin % |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|-------|---------|--------|----------|
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 30            | 3,1513 | m.deg | 23,1389 | Pass   | +634,27  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 40            | 5,1566 | m.deg | 36,7498 | Pass   | +612,67  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 30 to 40           | 1,7189 | m.deg | 13,6109 | Pass   | +691,84  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0,200  | m     | 1,387   | Pass   | +593,50  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.3: Angle of maximum GZ     | 25,0   | deg   | 31,8    | Pass   | +27,27   |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.4: Initial GMT             | 0,150  | m     | 2,249   | Pass   | +1399,33 |

Fig.8: Aprobación de criterios IMO – 0% carga – 10% consumibles

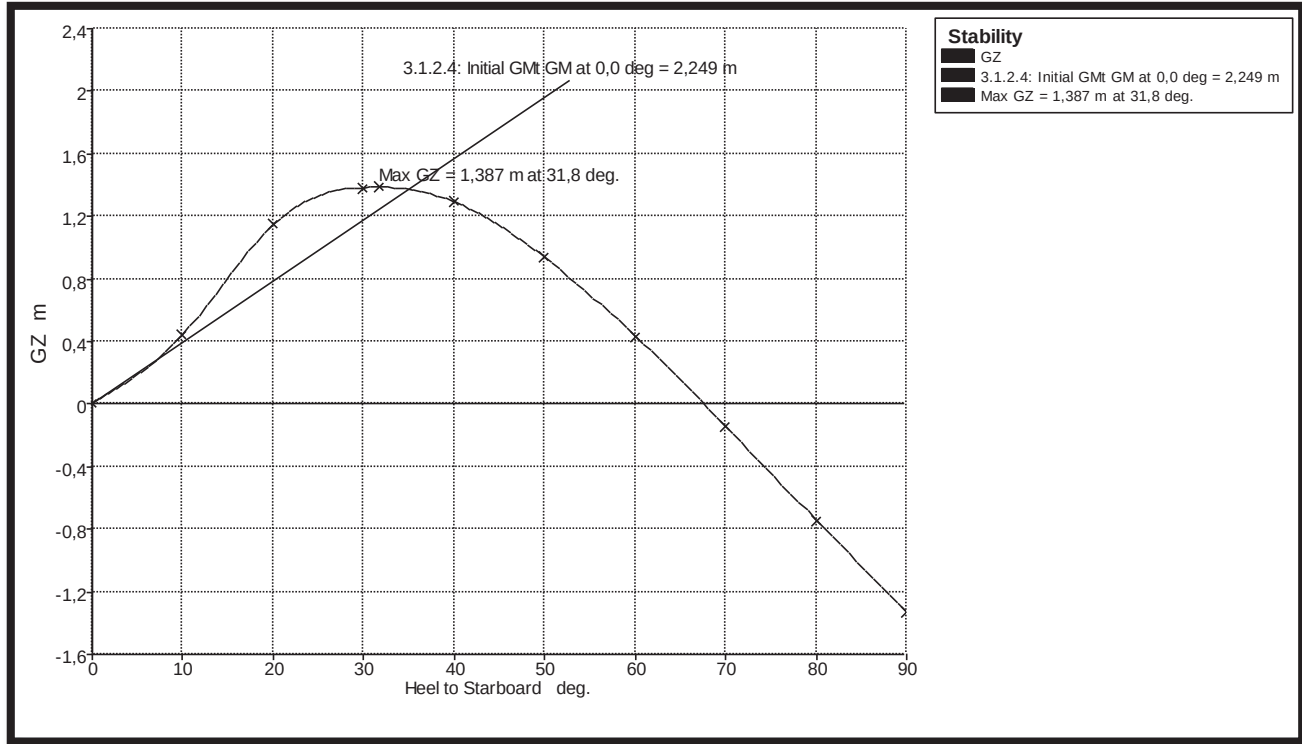
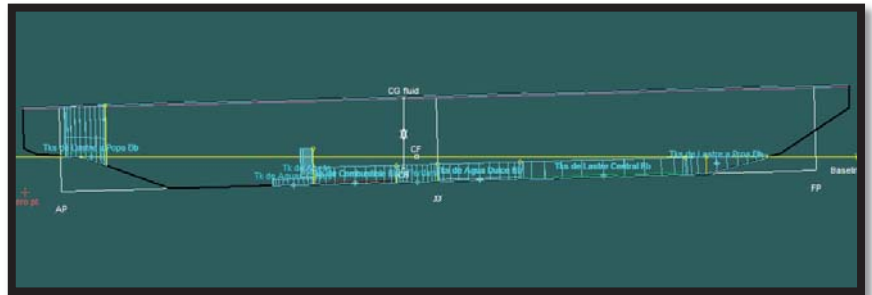


Fig.9: Gráfica de brazos adrizantes v/s ángulos de escora – 0% carga – 10% consumibles

| Equilibrium Calculation              |         |
|--------------------------------------|---------|
| Draft Amidships m                    | 1,149   |
| Displacement t                       | 254,5   |
| Heel deg                             | -0,1    |
| Draft at FP m                        | 0,664   |
| Draft at AP m                        | 1,634   |
| Draft at LCF m                       | 1,177   |
| Trim (+ve by stern) m                | 0,970   |
| WL Length m                          | 33,070  |
| Beam max extents on WL m             | 8,675   |
| Wetted Area m <sup>2</sup>           | 299,716 |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>         | 260,980 |
| Prismatic coeff. (Cp)                | 0,672   |
| Block coeff. (Cb)                    | 0,578   |
| Max Sect. area coeff. (Cm)           | 0,860   |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)           | 0,910   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m        | 17,891  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m        | 18,490  |
| KB m                                 | 0,626   |
| KG fluid m                           | 3,927   |
| BMT m                                | 5,556   |
| BML m                                | 92,126  |
| GMt corrected m                      | 2,253   |
| GML m                                | 88,823  |
| KMt m                                | 6,179   |
| KML m                                | 92,717  |
| Immersion (TPc) tonne/cm             | 2,675   |
| MTc tonne.m                          | 6,345   |
| RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 10,007  |
| Max deck inclination deg             | 1,5615  |
| Trim angle (+ve by stern) deg        | 1,5598  |

Fig.10: Equilibrio  
0% carga – 10% consumibles



Para la condición de peso 0% carga – 10% consumibles la nave tendría un trimado con asiento de 0,970 [m], lo cual implicaría una navegación sentada de la embarcación, la cual podría ser corregida utilizando los estanques de lastre centrales.

**4.1.3: 0% CARGA – 100% CONSUMIBLES:**

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

| Item Name                | Quantity | Unit Mass<br>tonne | Total Mass<br>tonne | Unit Volume<br>m <sup>3</sup> | Total Volume<br>m <sup>3</sup> | Long. Arm<br>m | Trans. Arm<br>m | Vert. Arm<br>m | Total FSM<br>tonne.m | FSM Type       |
|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------|
| Peso en Rosca            | 1        | 225,480            | 225,480             |                               |                                | 17,180         | -0,007          | 3,560          | 0,000                | User Specified |
| Tripulación              | 7        | 0,100              | 0,700               |                               |                                | 7,586          | 0,000           | 4,550          | 0,000                | User Specified |
| Pertrechos y viveres     | 1        | 0,200              | 0,200               |                               |                                | 7,912          | 2,616           | 4,353          | 0,000                | User Specified |
| Carga en bodega          | 0        | 137,130            | 0,000               |                               |                                | 24,375         | 0,000           | 2,000          | 0,000                | User Specified |
| Tks de Combustible Bb    | 95%      | 9,001              | 8,551               | 10,715                        | 10,180                         | 15,599         | 1,718           | 0,392          | 14,243               | Maximum        |
| Tks de Combustible Eb    | 95%      | 9,001              | 8,551               | 10,715                        | 10,180                         | 15,599         | -1,718          | 0,392          | 14,243               | Maximum        |
| Cofferdam                | 0%       | 10,681             | 0,000               | 10,681                        | 0,000                          | 18,525         | 0,000           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Bb     | 100%     | 10,709             | 10,709              | 10,709                        | 10,709                         | 21,450         | 1,725           | 0,412          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Eb     | 100%     | 10,709             | 10,709              | 10,709                        | 10,709                         | 21,450         | -1,725          | 0,412          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Bb | 100%     | 22,009             | 22,009              | 21,473                        | 21,473                         | 27,295         | 1,725           | 0,412          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Eb | 100%     | 21,981             | 21,981              | 21,445                        | 21,445                         | 27,300         | -1,725          | 0,412          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Bb  | 100%     | 7,362              | 7,362               | 7,183                         | 7,183                          | 32,664         | 1,696           | 0,483          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Eb  | 100%     | 7,362              | 7,362               | 7,183                         | 7,183                          | 32,664         | -1,696          | 0,483          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Bb  | 10%      | 23,332             | 2,333               | 22,763                        | 2,276                          | 3,166          | 1,697           | 1,612          | 21,303               | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Eb  | 10%      | 23,332             | 2,333               | 22,763                        | 2,276                          | 3,166          | -1,697          | 1,612          | 21,303               | Maximum        |
| Tk de Aguas Grises       | 50%      | 1,276              | 0,638               | 1,398                         | 0,699                          | 12,675         | 0,000           | 0,075          | 2,041                | Maximum        |
| Tk de Aceite             | 95%      | 2,456              | 2,334               | 2,670                         | 2,537                          | 13,348         | 0,000           | 0,965          | 1,497                | Maximum        |
| Total Loadcase           |          |                    | 331,253             | 160,407                       | 106,848                        | 19,147         | -0,003          | 2,588          | 74,630               |                |
| FS correction            |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 0,225          |                      |                |
| VCG fluid                |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 2,813          |                      |                |

Fig.11: Consideraciones iniciales – 0% carga – 100% consumibles

| Heel to Starboard deg                    | 0,0     | 10,0    | 20,0    | 30,0    | 40,0    | 50,0    | 60,0    | 70,0    | 80,0    | 90,0    |
|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| GZ m                                     | 0,003   | 0,655   | 1,422   | 1,875   | 1,908   | 1,653   | 1,249   | 0,759   | 0,223   | -0,329  |
| Area under GZ curve from zero heel m.deg | 0,0000  | 3,1768  | 13,6245 | 30,4708 | 49,6880 | 67,6655 | 82,2646 | 92,3570 | 97,2921 | 96,7666 |
| Displacement t                           | 331,3   | 331,3   | 331,3   | 331,2   | 331,2   | 331,3   | 331,3   | 331,3   | 331,3   | 331,3   |
| Draft at FP m                            | 1,290   | 1,233   | 1,035   | 0,639   | 0,025   | -0,837  | -2,168  | -4,668  | -11,868 | n/a     |
| Draft at AP m                            | 1,632   | 1,496   | 1,225   | 0,806   | 0,184   | -0,647  | -1,913  | -4,296  | -11,154 | n/a     |
| WL Length m                              | 34,282  | 37,282  | 38,146  | 38,993  | 39,000  | 39,000  | 39,000  | 39,000  | 39,000  | 39,000  |
| Beam max extents on WL m                 | 8,816   | 9,519   | 9,337   | 8,000   | 6,223   | 5,222   | 4,619   | 4,257   | 4,062   | 4,000   |
| Wetted Area m <sup>2</sup>               | 326,772 | 352,738 | 352,043 | 325,732 | 326,618 | 329,613 | 332,045 | 334,020 | 335,757 | 337,388 |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>             | 282,861 | 311,102 | 305,563 | 267,171 | 216,735 | 183,042 | 161,973 | 149,275 | 142,436 | 140,272 |
| Prismatic coeff. (Cp)                    | 0,789   | 0,747   | 0,766   | 0,779   | 0,804   | 0,821   | 0,833   | 0,843   | 0,852   | 0,861   |
| Block coeff. (Cb)                        | 0,676   | 0,460   | 0,413   | 0,461   | 0,622   | 0,646   | 0,644   | 0,643   | 0,641   | 0,640   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m            | 19,131  | 19,132  | 19,135  | 19,137  | 19,138  | 19,137  | 19,135  | 19,135  | 19,134  | 19,135  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m            | 19,177  | 19,462  | 19,170  | 19,179  | 19,372  | 19,491  | 19,497  | 19,495  | 19,494  | 19,493  |
| Max deck inclination deg                 | 0,5499  | 10,0086 | 20,0020 | 30,0008 | 40,0004 | 50,0003 | 60,0002 | 70,0001 | 80,0001 | 90,0000 |
| Trim angle (+ve by stern) deg            | 0,5499  | 0,4228  | 0,3048  | 0,2688  | 0,2546  | 0,3057  | 0,4090  | 0,5979  | 1,1491  | -1,1491 |

Fig.12: Brazos adrizantes para distintos ángulos de escora – 0% carga – 100% consumibles

| Code                                                    | Criteria                         | Value  | Units | Actual  | Status | Margin % |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|-------|---------|--------|----------|
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 30            | 3,1513 | m.deg | 30,4708 | Pass   | +866,93  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 40            | 5,1566 | m.deg | 49,6880 | Pass   | +863,58  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 30 to 40           | 1,7189 | m.deg | 19,2172 | Pass   | +1017,99 |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0,200  | m     | 1,938   | Pass   | +869,00  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.3: Angle of maximum GZ     | 25,0   | deg   | 35,5    | Pass   | +41,82   |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.4: Initial GMT             | 0,150  | m     | 3,036   | Pass   | +1924,00 |

Fig.13: Aprobación de criterios IMO – 0% carga – 100% consumibles

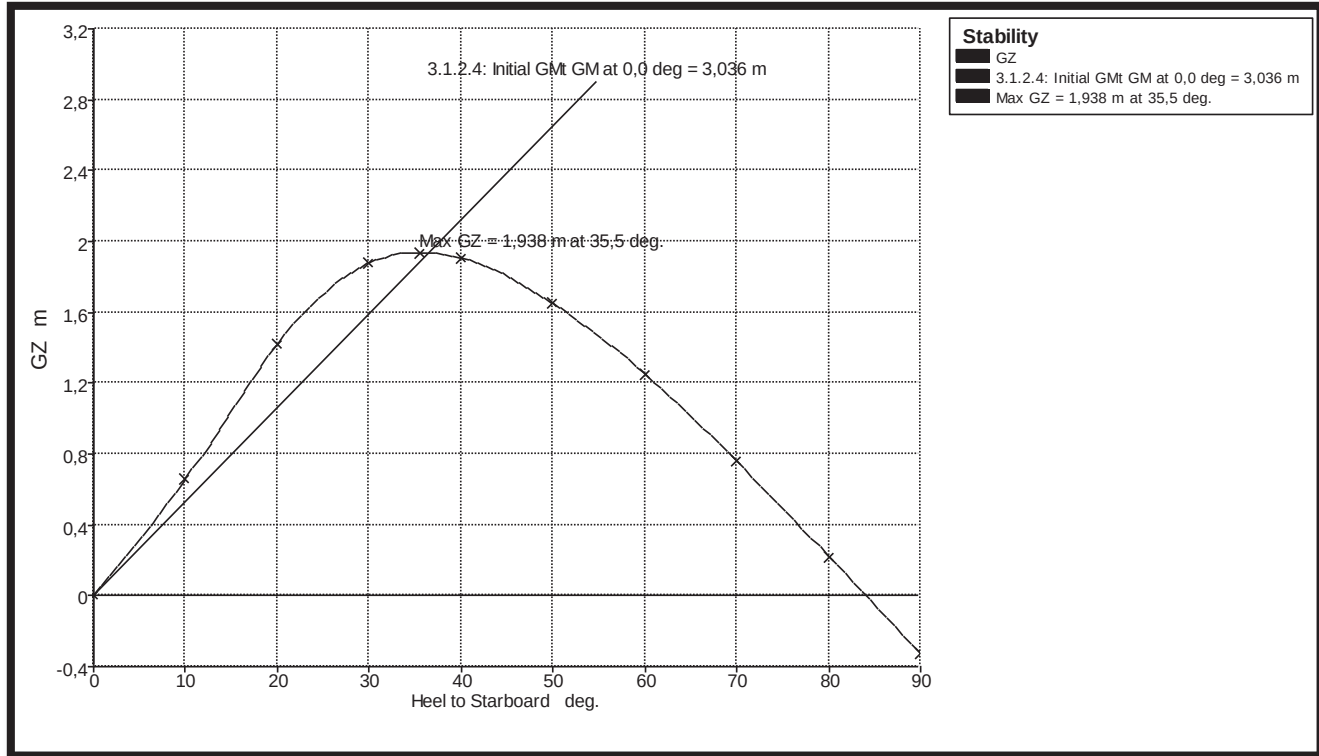
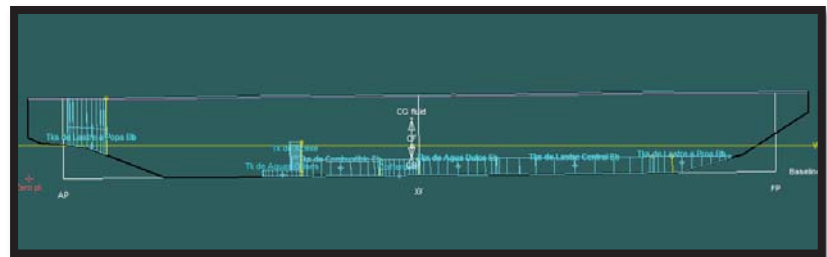


Fig.14: Gráfica de brazos adrizantes v/s ángulos de escora – 0% carga – 100% consumibles

| Equilibrium Calculation              |         |
|--------------------------------------|---------|
| Draft Amidships m                    | 1,461   |
| Displacement t                       | 331,3   |
| Heel deg                             | 0,0     |
| Draft at FP m                        | 1,290   |
| Draft at AP m                        | 1,632   |
| Draft at LCF m                       | 1,464   |
| Trim (+ve by stern) m                | 0,342   |
| WL Length m                          | 34,282  |
| Beam max extents on WL m             | 8,816   |
| Wetted Area m <sup>2</sup>           | 326,772 |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>         | 282,861 |
| Prismatic coeff. (Cp)                | 0,789   |
| Block coeff. (Cb)                    | 0,676   |
| Max Sect. area coeff. (Cm)           | 0,856   |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)           | 0,936   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m        | 19,131  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m        | 19,177  |
| KB m                                 | 0,780   |
| KG fluid m                           | 2,813   |
| BMt m                                | 5,069   |
| BML m                                | 81,089  |
| GMt corrected m                      | 3,036   |
| GML m                                | 79,055  |
| KMt m                                | 5,849   |
| KML m                                | 81,865  |
| Immersion (TPc) tonne/cm             | 2,899   |
| MTc tonne.m                          | 7,351   |
| RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 17,551  |
| Max deck inclination deg             | 0,5499  |
| Trim angle (+ve by stern) deg        | 0,5499  |



Para la condición de peso 0% carga – 100% consumibles la nave tendría un trimado con asiento de 0,342 [m], el cual es un valor bastante cercano a la condición de trimado parejo, aún así la nave tendría un pequeño asiento por popa.

Fig.15: Equilibrio  
0% carga – 100% consumibles



**4.1.4: 100% CARGA – 10% CONSUMIBLES:**

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

| Item Name                | Quantity | Unit Mass<br>tonne | Total Mass<br>tonne | Unit Volume<br>m <sup>3</sup> | Total Volume<br>m <sup>3</sup> | Long. Arm<br>m | Trans. Arm<br>m | Vert. Arm<br>m | Total FSM<br>tonne.m | FSM Type       |
|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------|
| Peso en Rosca            | 1        | 225,480            | 225,480             |                               |                                | 17,180         | -0,007          | 3,560          | 0,000                | User Specified |
| Tripulación              | 7        | 0,100              | 0,700               |                               |                                | 7,586          | 0,000           | 4,550          | 0,000                | User Specified |
| Pertrechos y víveres     | 1        | 0,200              | 0,200               |                               |                                | 7,912          | 2,616           | 4,353          | 0,000                | User Specified |
| Carga en bodega          | 1        | 137,130            | 137,130             |                               |                                | 24,375         | 0,000           | 2,000          | 0,000                | User Specified |
| Tks de Combustible Bb    | 10%      | 9,001              | 0,900               | 10,715                        | 1,072                          | 15,600         | 1,586           | 0,044          | 14,243               | Maximum        |
| Tks de Combustible Eb    | 10%      | 9,001              | 0,900               | 10,715                        | 1,072                          | 15,600         | -1,586          | 0,044          | 14,243               | Maximum        |
| Cofferdam                | 0%       | 10,681             | 0,000               | 10,681                        | 0,000                          | 18,525         | 0,000           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Bb     | 10%      | 10,709             | 1,071               | 10,709                        | 1,071                          | 21,450         | 1,586           | 0,044          | 16,838               | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Eb     | 10%      | 10,709             | 1,071               | 10,709                        | 1,071                          | 21,450         | -1,586          | 0,044          | 16,838               | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Bb | 10%      | 22,009             | 2,201               | 21,473                        | 2,147                          | 27,295         | 1,586           | 0,044          | 34,607               | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Eb | 10%      | 21,981             | 2,198               | 21,445                        | 2,145                          | 27,300         | -1,586          | 0,044          | 34,563               | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Bb  | 100%     | 7,362              | 7,362               | 7,183                         | 7,183                          | 32,664         | 1,696           | 0,483          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Eb  | 100%     | 7,362              | 7,362               | 7,183                         | 7,183                          | 32,664         | -1,696          | 0,483          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Bb  | 10%      | 23,332             | 2,333               | 22,763                        | 2,276                          | 3,166          | 1,697           | 1,612          | 21,303               | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Eb  | 10%      | 23,332             | 2,333               | 22,763                        | 2,276                          | 3,166          | -1,697          | 1,612          | 21,303               | Maximum        |
| Tk de Aguas Grises       | 10%      | 1,276              | 0,128               | 1,398                         | 0,140                          | 12,675         | 0,000           | 0,015          | 2,041                | Maximum        |
| Tk de Aceite             | 10%      | 2,456              | 0,246               | 2,670                         | 0,267                          | 13,348         | 0,000           | 0,370          | 1,497                | Maximum        |
| Total Loadcase           |          |                    | 391,615             | 160,407                       | 27,902                         | 20,219         | -0,003          | 2,799          | 177,477              |                |
| FS correction            |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 0,453          |                      |                |
| VCG fluid                |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 3,252          |                      |                |

Fig.16: Consideraciones iniciales – 100% carga – 10% consumibles

| Heel to Starboard deg                    | 0,0     | 10,0    | 20,0    | 30,0    | 40,0    | 50,0    | 60,0    | 70,0    | 80,0    | 90,0     |
|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| GZ m                                     | 0,003   | 0,585   | 1,186   | 1,580   | 1,511   | 1,189   | 0,746   | 0,240   | -0,293  | -0,825   |
| Area under GZ curve from zero heel m.deg | 0,0000  | 2,9061  | 11,8040 | 25,9543 | 41,7347 | 55,3643 | 65,1104 | 70,0714 | 69,8104 | 64,2129  |
| Displacement t                           | 391,6   | 391,6   | 391,6   | 391,6   | 391,6   | 391,6   | 391,6   | 391,6   | 391,6   | 391,6    |
| Draft at FP m                            | 1,745   | 1,664   | 1,488   | 1,198   | 0,793   | 0,254   | -0,572  | -2,123  | -6,600  | n/a      |
| Draft at AP m                            | 1,578   | 1,442   | 1,173   | 0,750   | 0,124   | -0,736  | -2,054  | -4,531  | -11,656 | n/a      |
| WL Length m                              | 34,493  | 37,889  | 39,001  | 39,002  | 39,004  | 39,006  | 39,008  | 39,010  | 39,012  | 39,012   |
| Beam max extents on WL m                 | 8,872   | 9,603   | 9,490   | 8,000   | 6,223   | 5,222   | 4,619   | 4,257   | 4,062   | 4,000    |
| Wetted Area m <sup>2</sup>               | 346,497 | 368,237 | 371,845 | 356,895 | 359,862 | 363,113 | 365,514 | 367,486 | 369,224 | 370,860  |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>             | 294,532 | 317,527 | 316,656 | 274,906 | 218,212 | 183,122 | 161,973 | 149,263 | 142,409 | 140,228  |
| Prismatic coeff. (Cp)                    | 0,849   | 0,763   | 0,741   | 0,750   | 0,762   | 0,769   | 0,775   | 0,780   | 0,784   | 0,789    |
| Block coeff. (Cb)                        | 0,725   | 0,488   | 0,425   | 0,480   | 0,614   | 0,616   | 0,618   | 0,619   | 0,620   | 0,622    |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m            | 20,232  | 20,233  | 20,241  | 20,249  | 20,262  | 20,278  | 20,290  | 20,301  | 20,306  | 20,306   |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m            | 19,867  | 19,831  | 19,658  | 19,623  | 19,507  | 19,510  | 19,519  | 19,529  | 19,540  | 19,551   |
| Max deck inclination deg                 | 0,2683  | 10,0061 | 20,0054 | 30,0059 | 40,0071 | 50,0077 | 60,0072 | 70,0056 | 80,0031 | 90,0000  |
| Trim angle (+ve by stern) deg            | -0,2683 | -0,3566 | -0,5067 | -0,7191 | -1,0762 | -1,5910 | -2,3821 | -3,8668 | -8,0776 | -1, #IND |

Fig.17: Brazos adrizantes para distintos ángulos de escora – 100% carga – 10% consumibles

| Code                                                    | Criteria                         | Value  | Units | Actual  | Status | Margin % |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|-------|---------|--------|----------|
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 30            | 3,1513 | m.deg | 25,9543 | Pass   | +723,61  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 40            | 5,1566 | m.deg | 41,7347 | Pass   | +709,35  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 30 to 40           | 1,7189 | m.deg | 15,7804 | Pass   | +818,05  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0,200  | m     | 1,603   | Pass   | +701,50  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.3: Angle of maximum GZ     | 25,0   | deg   | 32,7    | Pass   | +30,91   |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.4: Initial Gmt             | 0,150  | m     | 2,426   | Pass   | +1517,33 |

Fig.18: Aprobación de criterios IMO – 100% carga – 10% consumibles



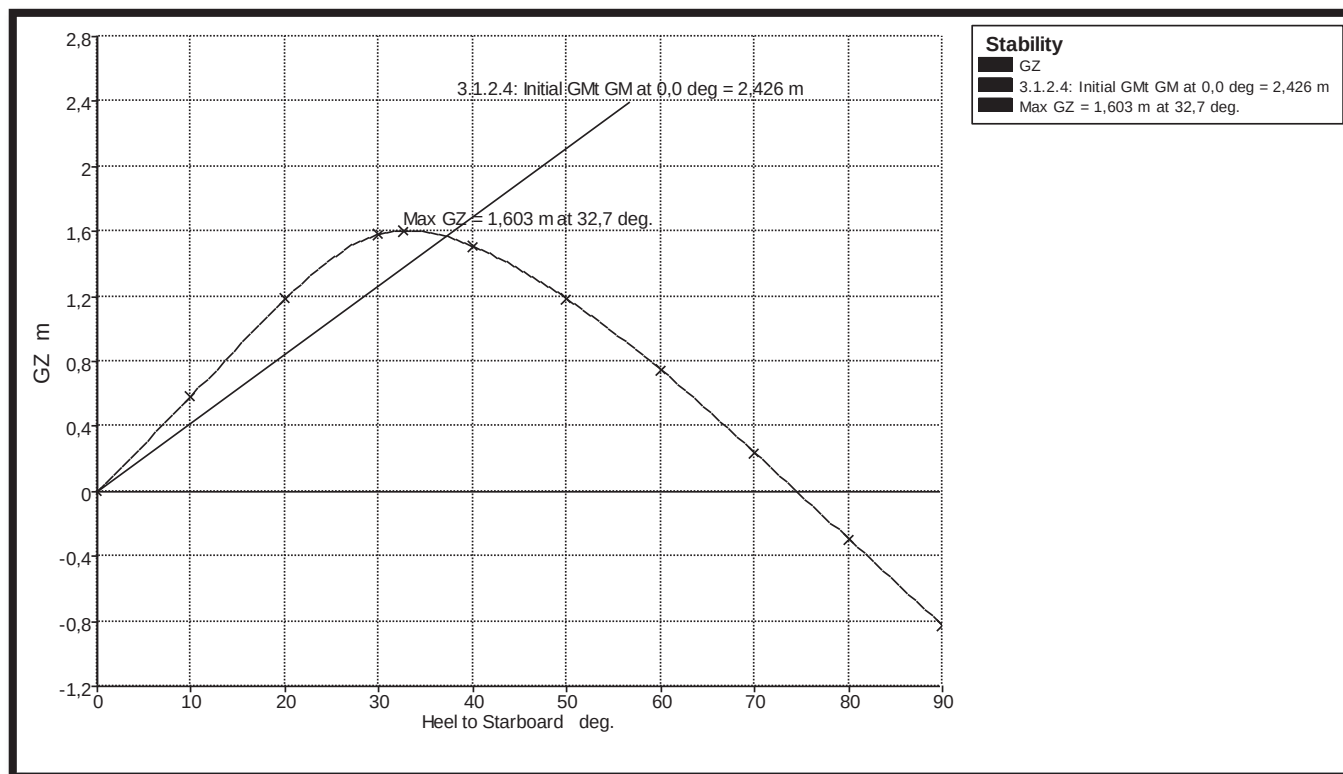
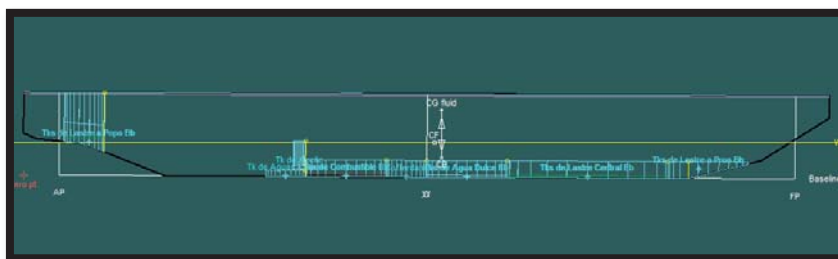


Fig.19: Gráfica de brazos adrizantes v/s ángulos de escora – 100% carga – 10% consumibles

| Equilibrium Calculation              |         |
|--------------------------------------|---------|
| Draft Amidships m                    | 1,662   |
| Displacement t                       | 391,6   |
| Heel deg                             | 0,0     |
| Draft at FP m                        | 1,745   |
| Draft at AP m                        | 1,578   |
| Draft at LCF m                       | 1,663   |
| Trim (+ve by stern) m                | -0,167  |
| WL Length m                          | 34,493  |
| Beam max extents on WL m             | 8,872   |
| Wetted Area m <sup>2</sup>           | 346,497 |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>         | 294,532 |
| Prismatic coeff. (Cp)                | 0,849   |
| Block coeff. (Cb)                    | 0,725   |
| Max Sect. area coeff. (Cm)           | 0,854   |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)           | 0,962   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m        | 20,232  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m        | 19,867  |
| KB m                                 | 0,897   |
| KG fluid m                           | 3,252   |
| BMt m                                | 4,782   |
| BML m                                | 72,098  |
| GMt corrected m                      | 2,426   |
| GML m                                | 69,743  |
| KMt m                                | 5,679   |
| KML m                                | 72,994  |
| Immersion (TPc) tonne/cm             | 3,019   |
| MTc tonne.m                          | 7,666   |
| RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 16,584  |
| Max deck inclination deg             | 0,2683  |
| Trim angle (+ve by stern) deg        | -0,2683 |



Para la condición de peso 100% carga – 10% consumibles la nave tendría un trimado con encabuzamiento de 0,167 [m], por lo tanto, la embarcación estaría navegando prácticamente en una línea pareja.

Fig.20: Equilibrio  
100% carga – 10% consumibles

**4.1.5: 100% CARGA – 100% CONSUMIBLES:**

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

| Item Name                | Quantity | Unit Mass<br>tonne | Total Mass<br>tonne | Unit Volume<br>m <sup>3</sup> | Total Volume<br>m <sup>3</sup> | Long. Arm<br>m | Trans. Arm<br>m | Vert. Arm<br>m | Total FSM<br>tonne.m | FSM Type       |
|--------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------|
| Peso en Rosca            | 1        | 225,480            | 225,480             |                               |                                | 17,180         | -0,007          | 3,560          | 0,000                | User Specified |
| Tripulación              | 7        | 0,100              | 0,700               |                               |                                | 7,586          | 0,000           | 4,550          | 0,000                | User Specified |
| Pertrechos y viveres     | 1        | 0,200              | 0,200               |                               |                                | 7,912          | 2,616           | 4,353          | 0,000                | User Specified |
| Carga en bodega          | 1        | 137,130            | 137,130             |                               |                                | 24,375         | 0,000           | 2,000          | 0,000                | User Specified |
| Tks de Combustible Bb    | 95%      | 9,001              | 8,551               | 10,715                        | 10,180                         | 15,599         | 1,718           | 0,392          | 14,243               | Maximum        |
| Tks de Combustible Eb    | 95%      | 9,001              | 8,551               | 10,715                        | 10,180                         | 15,599         | -1,718          | 0,392          | 14,243               | Maximum        |
| Cofferdam                | 0%       | 10,681             | 0,000               | 10,681                        | 0,000                          | 18,525         | 0,000           | 0,000          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Bb     | 100%     | 10,709             | 10,709              | 10,709                        | 10,709                         | 21,450         | 1,725           | 0,412          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Agua Dulce Eb     | 100%     | 10,709             | 10,709              | 10,709                        | 10,709                         | 21,450         | -1,725          | 0,412          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Bb | 100%     | 22,009             | 22,009              | 21,473                        | 21,473                         | 27,295         | 1,725           | 0,412          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre Central Eb | 100%     | 21,981             | 21,981              | 21,445                        | 21,445                         | 27,300         | -1,725          | 0,412          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Bb  | 100%     | 7,362              | 7,362               | 7,183                         | 7,183                          | 32,664         | 1,696           | 0,483          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Proa Eb  | 100%     | 7,362              | 7,362               | 7,183                         | 7,183                          | 32,664         | -1,696          | 0,483          | 0,000                | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Bb  | 10%      | 23,332             | 2,333               | 22,763                        | 2,276                          | 3,166          | 1,697           | 1,612          | 21,303               | Maximum        |
| Tks de Lastre a Popa Eb  | 10%      | 23,332             | 2,333               | 22,763                        | 2,276                          | 3,166          | -1,697          | 1,612          | 21,303               | Maximum        |
| Tk de Aguas Grises       | 50%      | 1,276              | 0,638               | 1,398                         | 0,699                          | 12,675         | 0,000           | 0,075          | 2,041                | Maximum        |
| Tk de Aceite             | 95%      | 2,456              | 2,334               | 2,670                         | 2,537                          | 13,348         | 0,000           | 0,965          | 1,497                | Maximum        |
| Total Loadcase           |          |                    | 468,383             | 160,407                       | 106,848                        | 20,678         | -0,002          | 2,416          | 74,630               |                |
| FS correction            |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 0,159          |                      |                |
| VCG fluid                |          |                    |                     |                               |                                |                |                 | 2,575          |                      |                |

Fig.21: Consideraciones iniciales – 100% carga – 100% consumibles

| Heel to Starboard deg                    | 0,0     | 10,0    | 20,0    | 30,0    | 40,0    | 50,0    | 60,0    | 70,0    | 80,0     | 90,0     |
|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| GZ m                                     | 0,002   | 0,715   | 1,342   | 1,788   | 1,778   | 1,537   | 1,178   | 0,750   | 0,283    | -0,199   |
| Area under GZ curve from zero heel m.deg | 0,0000  | 3,6302  | 13,9943 | 29,9345 | 48,0859 | 64,7773 | 78,4283 | 88,1091 | 93,2939  | 93,7164  |
| Displacement t                           | 468,4   | 468,4   | 468,4   | 468,4   | 468,4   | 468,4   | 468,4   | 468,4   | 468,4    | 468,4    |
| Draft at FP m                            | 2,122   | 2,029   | 1,879   | 1,695   | 1,517   | 1,288   | 0,943   | 0,295   | -1,584   | n/a      |
| Draft at AP m                            | 1,674   | 1,539   | 1,272   | 0,875   | 0,297   | -0,497  | -1,718  | -4,015  | -10,614  | n/a      |
| WL Length m                              | 36,074  | 38,669  | 39,005  | 39,008  | 39,013  | 39,020  | 39,027  | 39,033  | 39,038   | 39,040   |
| Beam max extents on WL m                 | 11,200  | 9,823   | 9,710   | 8,000   | 6,223   | 5,222   | 4,619   | 4,257   | 4,062    | 4,000    |
| Wetted Area m <sup>2</sup>               | 397,877 | 393,866 | 395,481 | 398,746 | 402,760 | 406,011 | 408,420 | 410,360 | 412,097  | 413,737  |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>             | 343,069 | 332,313 | 328,274 | 277,984 | 218,266 | 183,141 | 161,973 | 149,235 | 142,347  | 140,131  |
| Prismatic coeff. (Cp)                    | 0,773   | 0,723   | 0,716   | 0,726   | 0,735   | 0,740   | 0,743   | 0,746   | 0,749    | 0,752    |
| Block coeff. (Cb)                        | 0,549   | 0,486   | 0,437   | 0,499   | 0,616   | 0,617   | 0,618   | 0,618   | 0,619    | 0,620    |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m            | 20,699  | 20,700  | 20,706  | 20,722  | 20,740  | 20,762  | 20,785  | 20,804  | 20,817   | 20,820   |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m            | 20,407  | 19,992  | 19,901  | 19,665  | 19,506  | 19,514  | 19,524  | 19,538  | 19,553   | 19,566   |
| Max deck inclination deg                 | 0,7208  | 10,0297 | 20,0202 | 30,0197 | 40,0235 | 50,0249 | 60,0231 | 70,0178 | 80,0098  | 90,0000  |
| Trim angle (+ve by stern) deg            | -0,7208 | -0,7878 | -0,9761 | -1,3191 | -1,9622 | -2,8679 | -4,2725 | -6,8984 | -14,2232 | -1, #IND |

Fig.22: Brazos adrizantes para distintos ángulos de escora – 100% carga – 100% consumibles

| Code                                                    | Criteria                         | Value  | Units | Actual  | Status | Margin % |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|-------|---------|--------|----------|
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 30            | 3,1513 | m.deg | 29,9345 | Pass   | +849,91  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 0 to 40            | 5,1566 | m.deg | 48,0859 | Pass   | +832,51  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.1: Area 30 to 40           | 1,7189 | m.deg | 18,1514 | Pass   | +955,99  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0,200  | m     | 1,833   | Pass   | +816,50  |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.3: Angle of maximum GZ     | 25,0   | deg   | 34,5    | Pass   | +38,18   |
| A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships | 3.1.2.4: Initial GMt             | 0,150  | m     | 4,418   | Pass   | +2845,33 |

Fig.23: Aprobación de criterios IMO – 100% carga – 100% consumibles

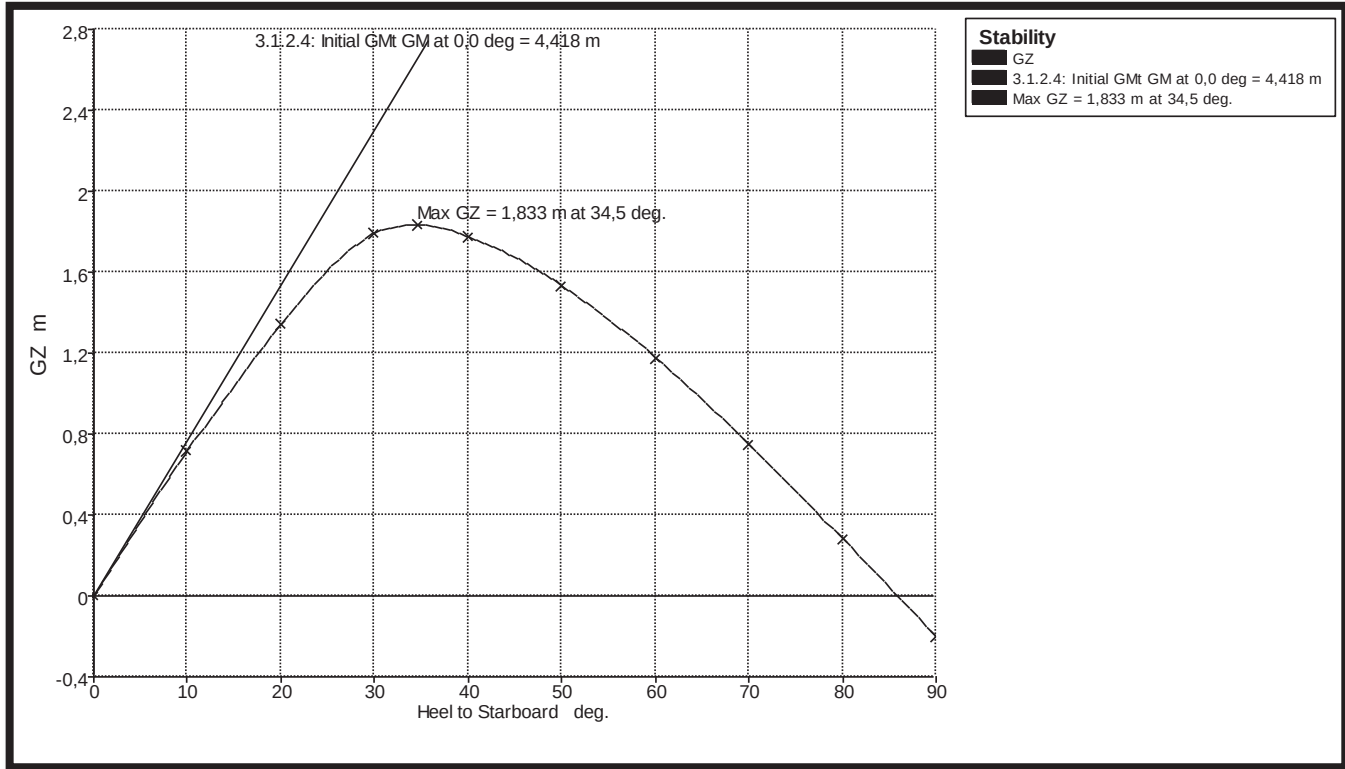
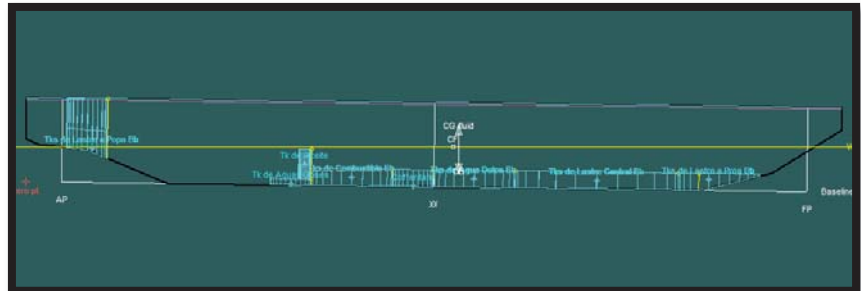


Fig.24: Gráfica de brazos adrizantes v/s ángulos de escora – 100% carga – 100% consumibles

| Equilibrium Calculation              |         |
|--------------------------------------|---------|
| Draft Amidships m                    | 1,898   |
| Displacement t                       | 468,4   |
| Heel deg                             | 0,0     |
| Draft at FP m                        | 2,122   |
| Draft at AP m                        | 1,674   |
| Draft at LCF m                       | 1,909   |
| Trim (+ve by stern) m                | -0,448  |
| WL Length m                          | 36,074  |
| Beam max extents on WL m             | 11,200  |
| Wetted Area m <sup>2</sup>           | 397,877 |
| Waterpl. Area m <sup>2</sup>         | 343,069 |
| Prismatic coeff. (Cp)                | 0,773   |
| Block coeff. (Cb)                    | 0,549   |
| Max Sect. area coeff. (Cm)           | 0,711   |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)           | 0,849   |
| LCB from zero pt. (+ve fwd) m        | 20,699  |
| LCF from zero pt. (+ve fwd) m        | 20,407  |
| KB m                                 | 1,048   |
| KG fluid m                           | 2,575   |
| BMt m                                | 5,946   |
| BML m                                | 75,087  |
| GMt corrected m                      | 4,418   |
| GML m                                | 73,560  |
| KMt m                                | 6,993   |
| KML m                                | 76,129  |
| Immersion (TPc) tonne/cm             | 3,516   |
| MTc tonne.m                          | 9,671   |
| RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 36,118  |
| Max deck inclination deg             | 0,7208  |
| Trim angle (+ve by stern) deg        | -0,7208 |



Para la condición de peso 100% carga – 100% consumibles la nave tendría un trimado con encabuzamiento de 0,448 [m], muy parecido a la condición anterior. Para corregir el trimado basta distribuir la carga un poco más a popa.

Fig.25: Equilibrio  
100% carga – 100% consumibles

#### 4.2 Tabla resumen de resultados para cada condición de carga:

En la figura 26, a continuación se presenta una tabla resumen con las principales características de cada condición de carga:

| Condición de Carga (Criterios de Est. IMO) | Desplazamiento [ton] | Calado en Popa [m] | Calado en Proa [m] | KG [m] | LCG [m] |
|--------------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------|---------|
| Peso en rosca                              | 225,48               | 1,624              | 0,461              | 3,56   | 17,18   |
| 0% carga - 10% consumibles                 | 254,485              | 1,634              | 0,664              | 3,927  | 17,979  |
| 0% carga - 100% consumibles                | 331,253              | 1,632              | 1,29               | 2,813  | 19,147  |
| 100% carga - 10% consumibles               | 391,615              | 1,578              | 1,745              | 3,252  | 20,219  |
| 100% carga - 100% consumibles              | 468,383              | 1,674              | 2,122              | 2,575  | 20,678  |

Fig.26: Tabla de resultados para cada condición de carga

#### 4.3 Comentarios finales:

Para cada una de las condiciones de carga estudiadas se cumple con los criterios de estabilidad transversal de la Organización Marítima Internacional.

El trimado con asiento para la condición de desplazamiento liviano es muy común debido a que la mayoría de los pesos se concentran en la sala de máquinas y la superestructura, por lo tanto, con estos valores nos ayudará a determinar la cantidad de lastre necesario a utilizar en los estanques centrales y de proa, buscando así tener un trimado cercano a 0 [metros].

Para el resto de las condiciones de carga se debe trabajar en distribuir la carga homogéneamente en bodega, tal que permita una diferencia mínima de calados en proa y popa, otra opción es utilizar los estanques de lastre.

Para la condición de 100% carga – 100% consumibles se consideró un 10% de lastre en los estanques popa buscando un trimado parejo, es por ello la diferencia entre el desplazamiento máximo de la nave y el peso total obtenido para tal condición.

Para cada una de las condiciones se cumple con el francobordo mínimo establecido por el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966 presentado en el cuadernillo 05.

## 5. CONCLUSIONES

Cada una de las condiciones de carga fue aprobada de acuerdo a los criterios de evaluación de la OMI para todos los tipos de buques.

La entrega de los calados de proa y popa para cada condición de carga, ayudará a los encargados de generar el plan de estiba de la nave en poder distribuir la carga acorde a un trimado parejo mejorando así las condiciones de navegabilidad y la seguridad de la carga.

## 6. REFERENCIAS

[1] Code of intact stability for all types of ships covered by IMO instruments

*Resolution A.749 (18)*

*Adopted on 4 November 1993*

*Agenda item 11*

[2] Código de estabilidad sin avería para todos los tipos de buques regidos por los instrumentos de la OMI, Segunda Edición, 1999

*Dirección General del Territorio Marítimo & De Marina Mercante*

*Armada de Chile*

*TM-063*

[3] Teoría de la Nave

*Apuntes para la carrera de Ingeniería Naval*

*Profesor: Sr. Rodrigo Ortega*

*Universidad Austral de Chile, UACH*

[4] Software Maxsurf Enterprise V8i v.20.0

*Maxsurf Stability Advanced*

*Windows Version 20*



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 12

“Equipamiento de los Cargos de Cubierta & Sistemas  
Auxiliares Principales”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## Proyecto de Titulación:

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                               | <b>4</b>  |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                          | <b>4</b>  |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>4. Equipamiento de los Cargos de Cubierta.....</b>                     | <b>5</b>  |
| 4.1 Numeral de equipos .....                                              | 5         |
| 4.1.1 Equipo de fondeo, remolque y amarre .....                           | 6         |
| 4.1.1.1 Anclas de fondeo .....                                            | 8         |
| 4.1.1.2 Cadenas para anclas de fondeo .....                               | 9         |
| 4.1.1.3 Cables de remolque, amarras, bitas y cornamusas .....             | 11        |
| 4.1.2 Winches cabrestante y grúas de carga .....                          | 11        |
| 4.1.2.1 Winches cabrestante.....                                          | 11        |
| 4.1.2.2 Grúas de carga.....                                               | 13        |
| 4.1.3 Resumen del equipamiento de los cargos de cubierta.....             | 15        |
| <b>5. Sistemas de Accionamiento de Gobierno .....</b>                     | <b>16</b> |
| 5.1 Sistema de accionamiento RAM .....                                    | 16        |
| 5.2 Estimación de potencia del servo motor.....                           | 18        |
| <b>6. Sistemas de Achique, Lastre e Incendio .....</b>                    | <b>19</b> |
| 6.1 Cantidad de bombas .....                                              | 19        |
| 6.2 Diámetro de la cañería de succión principal .....                     | 19        |
| 6.3 Capacidad de las bombas.....                                          | 20        |
| 6.3.1 Método en base a la tabla de relaciones Q-d propuesta por DNV ..... | 20        |
| 6.3.2 Método 203 propuesto por DNV .....                                  | 20        |
| 6.4 Diámetro interno de las cañerías secundarias.....                     | 21        |
| 6.5 Espesor mínimo de pared de las cañerías .....                         | 22        |



|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.6 Mangueras de incendio.....                                     | 23        |
| 6.7 Caudal y presión de las bombas de incendio .....               | 24        |
| 6.8 Resumen de sistema de achique, lastre e incendio .....         | 24        |
| PLANO UNILINEAL DE ACHIQUE, LASTRE E INCENDIO & LAVADO .....       | 25        |
| <b>7. Sistema &amp; Equipamiento de Seguridad.....</b>             | <b>26</b> |
| 7.1 Equipo de prevención, detección y extinción de incendios ..... | 26        |
| 7.1.1 Señales y alarmas contra incendio .....                      | 26        |
| 7.1.2 Equipamiento contra incendio.....                            | 27        |
| 7.2 Equipo de prevención, detección y extinción de incendios ..... | 28        |
| 7.2.1 Equipamiento de salvataje.....                               | 28        |
| 7.2.2 Salidas de emergencia, puertas y otros .....                 | 28        |
| PLANO DE SEGURIDAD .....                                           | 29        |
| <b>8. Conclusiones.....</b>                                        | <b>30</b> |
| <b>9. Referencias .....</b>                                        | <b>30</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se calculará el numeral de equipos destinado a recomendar, tanto la cantidad mínima como las principales características del equipo de fondeo (anclas, cadenas de eslabones con contrrete, bitas y cornamusas, amarras y cables de remolque). Además de ello se calcularán las características de los winches de remolque y se seleccionarán las grúas de carga dispuestas en la cubierta principal.

Cabe mencionar que para cada uno de los elementos calculados se realizó una propuesta de compra, ajustándose a las reglamentaciones exigidas por la casa clasificadora y a la oferta del mercado.

Dentro de los principales sistemas auxiliares principales de la nave, se presenta el cálculo y selección del sistema de gobierno de la nave, destinado a controlar la correcta maniobrabilidad de esta.

Se presentan todos los cálculos de selección de equipos referidos a los sistemas de achique, lastre e incendio y lavado en base a las reglamentaciones mínimas exigidas por la casa clasificadora de la nave.

Finalmente se presenta el principal equipamiento de lucha contra incendio, junto a los medios y dispositivos de salvataje exigidos por el Convenio Internacional SOLAS, en su edición refundida del año 2002.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Fundamentar todos los cálculos realizados para designar de manera correcta el equipamiento de los principales sistemas auxiliares de la nave.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Trabajar con reglamentación nacional e internacional en base a los estándares mínimos exigidos.
- Calcular con una base fundamentada el equipamiento componente de la nave.
- Seleccionar equipos y elementos en base a los correctos cálculos realizados.
- Cumplir las reglamentaciones obligatorias para cada tipo de sistema en estudio.

## 4. EQUIPAMIENTO DE LOS CARGOS DE CUBIERTA

La determinación de los equipos de cubierta se realizó en base a las “Normas para la Clasificación de Buques” DET NORSKE VERITAS AS Pt.3 Ch.3 and Ch.5; acordes a los distintos tipos de equipos.

Por tratarse de una nave nacional se apoyó del “Reglamento para el Equipamiento de los Cargos de Cubierta de las Naves y Artefactos Navales Nacionales” (TM-038) de la Dirección General del Territorio Marítimo & de Marina Mercante.

Dentro del equipamiento de cubierta se incluye el equipo de fondeo, remolque y amarras, donde se consideran las anclas de fondeo, cadenas de eslabones con contrete, cables de remolque, winches cabrestantes, etc. Además de ello se indica la cantidad de bitas y cornamusas, junto a las grúas de carga dispuestas en la cubierta principal.

Cabe destacar que para cada uno de los equipos mencionados se realizó una propuesta de compra acorde a los productos comerciales y en relación a las especificaciones determinadas según el reglamento sobre el cual se basa este proyecto, Det Norske Veritas AS.

### 4.1 NUMERAL DE EQUIPOS

La determinación de equipos se realiza en base a una fórmula (numeral de equipos) otorgada por las normas de clasificación y en conjunto a la disposición general de la nave, presentada en el plano de arreglo general

Las características principales de la embarcación son las siguientes:

| Tipo de nave: Barcaza Mayor de Acero |       |      |
|--------------------------------------|-------|------|
| <b>Eslora total:</b>                 | 39,00 | [m]  |
| <b>Eslora PP.:</b>                   | 35,63 | [m]  |
| <b>Manga:</b>                        | 11,20 | [m]  |
| <b>Puntal:</b>                       | 4,00  | [m]  |
| <b>Calado de diseño:</b>             | 2,15  | [m]  |
| <b>Altura de bodega:</b>             | 3,20  | [m]  |
| <b>Velocidad máxima:</b>             | 10    | [kn] |

*Fig.1: Principales características de la barcaza en proyecto*

Para comenzar se trabajará con la tercera sección dispuesta por DNV Pt.3 Ch.3, la cual se aplica a los equipos y a la instalación de anclaje y amarre.

Cabe mencionar que los equipos dispuestos a continuación, son de una cantidad mínima para un buque en condiciones de mar moderadas cuando la embarcación se encuentre en espera de atraque.

**4.1.1 Equipo de fondeo, remolque y amarre:**

Este equipo se determina según el numeral de equipos (NE), válido para corrientes de 2,5 [ m/s] y vientos de 25 [m/s]. Para obtener su valor se utilizaron las siguientes reglamentaciones:

- Normas para la clasificación de buques de la Sociedad Det Norske Veritas, DNV AS. (*Apartado 3 – Capítulo 3 – Sección 3 - Anchoring and Mooring Equipment*)
- Reglamento para el equipamiento de los carg os de cubierta de las nav es y artefactos navales nacionales de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (*DGTM & MM – TM-038*)

Para establecer el equipo de fondeo y la cantidad mínima de maniobra de amarre que debe tener una nave, se debe establecer el numeral de equipo que le corresponde, conforme a la fórmula que se señala a continuación:

[DNV, July 2012 Pt.3 Ch.3 Sec.3 – Page 42]; [TM – 038, DGTM & MM, Junio 2003 – Páginas 15 a 16]

$$NE = \Delta^{2/3} + 2B(a + \sum hi) + 0.1A$$

Donde los datos de entrada son los siguientes:

- $\Delta$  = Desplazamiento moldeado en toneladas métricas, correspondiente a la máxima flotación del proyecto, elevado a 2/3.
- $a$  = Distancia en metros desde la máxima flotación de proyecto al centro superior de la cubierta continua más alta, medida en el centro de la eslora en el costado del buque.
- $\sum hi$  = Sumatoria de las alturas en metros, medidas en el eje longitudinal, de las casetas y superestructuras cuyas mangas excedan de  $B/4$ . Para la caseta o superestructura se medirá  $hi$  en el eje longitudinal, desde la cubierta superior o desde una línea teórica de cubierta cuando la cubierta superior no sea continua. Al calcular  $hi$  no se tendrán en cuenta el arrufo ni el asiento.
- $A$  = Área en  $m^2$  de la proyección lateral del casco, medida entre perpendiculares y sobre la línea de flotación de verano, incluidas las superestructuras y casetas cuya manga exceda de  $B/4$ .

El área proyectada lateral del casco “A”, se presenta en la figura 2, a continuación:

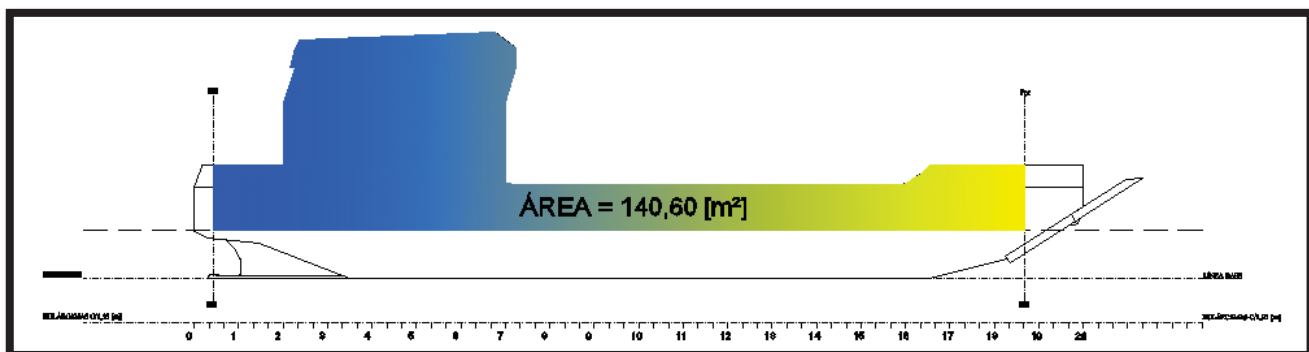


Fig.2: Área de proyección lateral del casco medida entre perpendiculares sobre el calado de diseño

En el área “A” se incluyó la superestructura debido a que esta tiene una manga superior a  $B/4$  (2,8 metros), la manga de la superestructura es de 7,0 metros.

De esta manera, los datos de entrada para calcular el NE son los siguientes:

$$\Delta = 564,6 \text{ [ton]}$$

$$B = 11,20 \text{ [m]}$$

$$a = 1,85 \text{ [m]}$$

$$\sum hi = 6,77 \text{ [m]}$$

$$A = 140,60 \text{ [m}^2\text{]}$$

Tabla 1: Datos de entrada para calcular NE

Calculando se tiene que:

$$NE = \Delta^{2/3} + 2B(a + \sum hi) + 0,1A$$

$$NE = 564,6^{2/3} + 2 * 11,2 * (1,85 + 6,77) + 0.1 * 140,60$$

$$NE = 276$$

De esta manera nos adentramos a la Tabla 2: “Table C1: Equipment, general”, ubicada en DNV, July 2013 Pt.3 Ch.3 Sec.3 – Page 44, y ubicamos el NE, tal cual se presenta a continuación:

| Table C1 Equipment, general |                  |                         |                    |                        |                          |       |       |                      |                              |                                        |                  |                              |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|----------------------------------------|------------------|------------------------------|
| Equipment number            | Equipment letter | Stockless bower anchors |                    | Stud-link chain cables |                          |       |       | Towline (guidance)   |                              | Mooring lines <sup>1)</sup> (guidance) |                  |                              |
|                             |                  | Number                  | Mass per anchor kg | Total length m         | Diameter and steel grade |       |       | Steel or fibre ropes |                              | Steel or fibre ropes                   |                  |                              |
|                             |                  |                         |                    |                        | NV K1                    | NV K2 | NV K3 | Minimum m length m   | Minimum breaking strength kN | Number                                 | Length of each m | Minimum breaking strength kN |
| 30 to 49                    | a <sub>0</sub>   | 2                       | 120                | 192.5                  | 12.5                     |       |       | 170                  | 88.5                         | 2                                      | 80               | 32                           |
| 50 to 69                    | a                | 2                       | 180                | 220                    | 14                       | 12.5  |       | 180                  | 98.0                         | 3                                      | 80               | 34                           |
| 70 to 89                    | b                | 2                       | 240                | 220                    | 16                       | 14    |       | 180                  | 98.0                         | 3                                      | 100              | 37                           |
| 90 to 109                   | c                | 2                       | 300                | 247.5                  | 17.5                     | 16    |       | 180                  | 98.0                         | 3                                      | 110              | 39                           |
| 110 to 129                  | d                | 2                       | 360                | 247.5                  | 19                       | 17.5  |       | 180                  | 98                           | 3                                      | 110              | 44                           |
| 130 to 149                  | e                | 2                       | 420                | 275                    | 20.5                     | 17.5  |       | 180                  | 98                           | 3                                      | 120              | 49                           |
| 150 to 174                  | f                | 2                       | 480                | 275                    | 22                       | 19    |       | 180                  | 98                           | 3                                      | 120              | 54                           |
| 175 to 204                  | g                | 2                       | 570                | 302.5                  | 24                       | 20.5  |       | 180                  | 112                          | 3                                      | 120              | 59                           |
| 205 to 239                  | h                | 2                       | 660                | 302.5                  | 26                       | 22    | 20.5  | 180                  | 129                          | 4                                      | 120              | 64                           |
| 240 to 279                  | i                | 2                       | 780                | 330                    | 28                       | 24    | 22    | 180                  | 150                          | 4                                      | 120              | 69                           |
| 280 to 319                  | j                | 2                       | 900                | 357.5                  | 30                       | 26    | 24    | 180                  | 174                          | 4                                      | 140              | 74                           |
| 320 to 359                  | k                | 2                       | 1020               | 357.5                  | 32                       | 28    | 24    | 180                  | 207                          | 4                                      | 140              | 78                           |
| 360 to 399                  | l                | 2                       | 1140               | 385                    | 34                       | 30    | 26    | 180                  | 224                          | 4                                      | 140              | 88                           |
| 400 to 449                  | m                | 2                       | 1290               | 385                    | 36                       | 32    | 28    | 180                  | 250                          | 4                                      | 140              | 98                           |
| 450 to 499                  | n                | 2                       | 1440               | 412.5                  | 38                       | 34    | 30    | 180                  | 277                          | 4                                      | 140              | 108                          |
| 500 to 549                  | o                | 2                       | 1590               | 412.5                  | 40                       | 34    | 30    | 190                  | 306                          | 4                                      | 160              | 123                          |

Tabla 2: Tabla C1, para determinar el equipamiento de fondeo y amarre según NE (DNV Pt.3 Ch.3 Sec.3 – Page 44)

## 4.1.1.1 Anclas de fondeo:

|                                                            |
|------------------------------------------------------------|
| Cantidad <sup>*1</sup> = 2, (+ 1 de respeto) <sup>*2</sup> |
| Peso por ancla = 780 [kg]                                  |

Tabla 3: Anclas de leva sin cepo

<sup>\*1</sup>La cantidad de anclas de leva determinadas son las mínimas necesarias que debe tener la nave. Cabe mencionar que este equipo de fondeo considera solamente las anclas de pro a ubicadas en sus respectivos escobenes, dejando fuera del numeral a anclas de remolque normalmente ubicadas a popa con sus correspondientes winches.

<sup>\*2</sup>Según el NE, por razones de seguridad se debe tener, además una ancla de respeto de iguales características que las de leva, estibada a bordo de tal manera que en caso de pérdida pueda ser instalada y utilizada en reemplazo de una estas.

Un ancla comercial que cumpla con las características especificadas por el NE, es un ancla “Hall Anchor” en sus distintos tipos (A, B y C). Esta ancla es distribuida por la empresa HI-SEA y se encuentra certificada y aprobada por la sociedad de clasificación DNV.

**the details:**

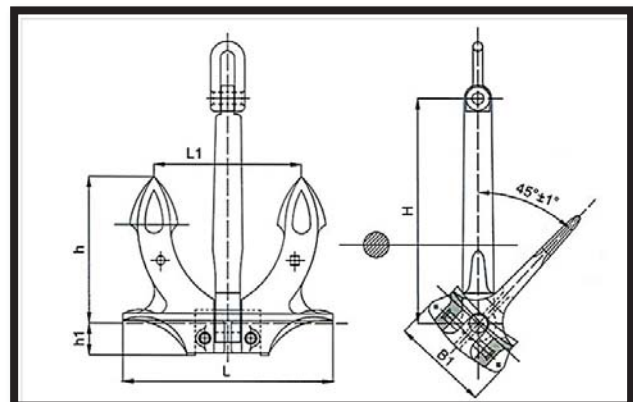
1. Material: casting steel ZG200-400, forged steel U2
2. Process: casting steel
3. Holding efficiency 9:1 to 16:1
4. Weight: 50kg-20000kg
5. Surface treatment: Black bitumen paint, anti-rusting paint or customized
6. Mainly used: cargo ship, container ship, ore carrier or other large ships ,mainly used as bower-anchor
7. Certificate: CCS, ABS, LR, GL, NK, RS, DNV, KR, BV, RINA
8. Delivery: 25-60 days or earlier after confirm order
9. Port of loading: Qingdao, Shanghai or according to the quantity.
10. Packing details: In bulk
11. Trade terms: FOB, CFR, CIF
12. Minimum order quantity: One piece

Fig.3: Detalles de ancla modelo: Hall Anchor distribuida por HI-SEA

Dentro de sus distintos tipos se prefiere la tipo B, debido a su mayor “ángulo de caída” el cual es de  $45^\circ \pm 1^\circ$  permitiendo de esta manera un mayor agarre.

Las dimensiones del ancla se presentan en la figura 5 en la siguiente página.

Fig.4: Detalles de ancla modelo: Hall Anchor de HI-SEA



El tamaño y dimensiones de las anclas de proa en base a la norma, se ajustan a las especificaciones del ancla a utilizar, eligiendo así anclas de peso nominal 780 [Kg], tal cual lo detalla la figura 5, a continuación:

| Nominal Weight (KGS) | Size(mm) |      |      |      |      |      |      |     |  |
|----------------------|----------|------|------|------|------|------|------|-----|--|
|                      | H        |      |      | h    | h1   | L    | L1   | B1  |  |
|                      | A        | B    | C    |      |      |      |      |     |  |
| 570                  | 1355     | 1355 | 1042 | 732  | 161  | 1042 | 732  | 481 |  |
| 660                  | 1422     | 1422 | 1093 | 769  | 169  | 1096 | 769  | 506 |  |
| 780                  | 1506     | 1506 | 1170 | 820  | 180  | 1170 | 820  | 540 |  |
| 900                  | 1580     | 1580 | 1215 | 855  | 188  | 1220 | 855  | 560 |  |
| 1020                 | 1645     | 1645 | 1268 | 885  | 194  | 1260 | 885  | 580 |  |
| 1140                 | 1705     | 1705 | 1316 | 926  | 2063 | 1319 | 916  | 605 |  |
| 1290                 | 1778     | 1778 | 1378 | 965  | 211  | 1374 | 965  | 630 |  |
| 1440                 | 1844     | 1844 | 1448 | 1001 | 219  | 1430 | 1001 | 655 |  |
| 1590                 | 1906     | 1906 | 1511 | 1035 | 226  | 1475 | 1035 | 677 |  |
| 1740                 | 1966     | 1966 | 1571 | 1070 | 234  | 1520 | 1070 | 700 |  |
| 1920                 | 2031     | 2031 | 1602 | 1104 | 241  | 1560 | 1104 | 722 |  |
| 2100                 | 2093     | 2093 | 1651 | 1120 | 245  | 1560 | 1120 | 732 |  |

Fig.5: Tabla de peso y dimensiones de "Hall Anchor"

#### 4.1.1.2 Cadenas para anclas de fondeo:

Basándonos en el NE calculado anteriormente, los resultados obtenidos para cadenas de eslabones con concreto para anclas de leva, son los siguientes:

|                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|
| Longitud total = 330 [m] (165 metros para cada cadena)            |
| Diámetro (Acero grado NV K1 = Acero dulce) = 28 [mm]              |
| Diámetro (para acero grado NV K2 = Acero cal. especial) = 24 [mm] |
| Diámetro (Acero grado NV K3 = Acero cal. especial) = 22 [mm]      |

Tabla 4: Cadenas de eslabones con concreto para anclas de leva

La tabla 3 nos muestra que la longitud total de cadena es de 330 [m] (7 paños de cadena para cada ancla), sin embargo, el diámetro de los eslabones con concreto varía en función del grado de acero a utilizar. En esta embarcación el grado de acero para cadenas será NV K2, por lo tanto, el diámetro a considerar es de 24 [mm].

Las cadenas deben ser sometidas a cargas de prueba según su diámetro y conformado según el tipo de acero, de tal manera de comprobar la calidad de la soldadura sobre las cuales fueron unidos los eslabones en su unión a una cadena. Con los datos entregados en la figura 6 a continuación se pueden cotizar las cadenas a comprar de acuerdo a los requerimientos de la norma.



| Table E2 Proof and breaking loads for stud link chain cables and accessories |               |                  |               |                  |               |                  |                           |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------------------|
| Diameter of chain mm                                                         | Grade NV K1   |                  | Grade NV K2   |                  | Grade NV K3   |                  | Guidance                  |
|                                                                              | Proof load kN | Breaking load kN | Proof load kN | Breaking load kN | Proof load kN | Breaking load kN | Approximate mass per m kg |
| 11                                                                           | 36            | 51               | 51            | 72               | 72            | 102              |                           |
| 12.5                                                                         | 46            | 66               | 66            | 92               | 92            | 132              | 3.7                       |
| 14                                                                           | 58            | 82               | 82            | 116              | 116           | 165              | 4.4                       |
| 16                                                                           | 76            | 107              | 107           | 150              | 150           | 216              | 5.6                       |
| 17.5                                                                         | 89            | 127              | 127           | 179              | 179           | 256              | 6.8                       |
| 19                                                                           | 105           | 150              | 150           | 211              | 211           | 301              | 8.0                       |
| 20.5                                                                         | 123           | 175              | 175           | 244              | 244           | 349              | 9.3                       |
| 22                                                                           | 140           | 200              | 200           | 280              | 280           | 401              | 10.6                      |
| 24                                                                           | 167           | 237              | 237           | 332              | 332           | 476              | 12.6                      |
| 26                                                                           | 194           | 278              | 278           | 389              | 389           | 556              | 14.8                      |
| 28                                                                           | 225           | 321              | 321           | 449              | 449           | 642              | 17.1                      |
| 30                                                                           | 257           | 368              | 368           | 514              | 514           | 735              | 19.6                      |
| 32                                                                           | 291           | 417              | 417           | 583              | 583           | 833              | 22.3                      |
| 34                                                                           | 328           | 468              | 468           | 655              | 655           | 937              | 25.1                      |
| 36                                                                           | 366           | 523              | 523           | 732              | 732           | 1050             | 28.1                      |
| 38                                                                           | 406           | 581              | 581           | 812              | 812           | 1160             | 31.3                      |
| 40                                                                           | 448           | 640              | 640           | 896              | 896           | 1280             | 34.7                      |
| 42                                                                           | 492           | 703              | 703           | 981              | 981           | 1400             | 38.2                      |
| 44                                                                           | 538           | 769              | 769           | 1080             | 1080          | 1540             | 41.9                      |

Fig.6: Tabla E2 para prueba y cargas de rotura de cables de cadena eslabón y accesorios (DNV Pt.3 Ch.3 Sec.3 – Page 54)

Como se mencionó se trabajará con a cero grado NV K2, es por ello las cargas de prueba y rotura son las siguientes:

Carga de prueba = 237 [kN]

Carga de rotura = 332 [kN]

Masa aproximada por [m] = 12,6 [kg]

Tabla 5: Cargas para cadenas de acero grado NV K2

Las cadenas comerciales a comprar de a cuerdo a los valores sugeridos por la norma, se ajustan al siguiente modelo de venta, distribuido por empresa HI-SEA.

Cada paño de cadena de 27,5 [metros] tiene una masa aproximada de 370 [kg].

Fig.7: Tabla para cadenas comerciales distribuidas por la empresa HI-SEA

| Stud link anchor chain specification: |                 |               |                    |               |                    |               |         |
|---------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|---------|
| Diameter                              | CHAIN LINK SIZE |               | AM2                |               | AM3                |               | APPROX. |
|                                       |                 |               | U2 STUD LINK CHAIN |               | U3 STUD LINK CHAIN |               | WEIGHT  |
|                                       | OUTSIDE LENGTH  | OUTSIDE WIDTH | PROOF LOAD         | BREAKING LOAD | PROOF LOAD         | BREAKING LOAD | 27.5M   |
| MM                                    | MM              | MM            | KN                 | KN            | KN                 | KN            | KG      |
| 12.5                                  | 75              | 45            | 66                 | 92            | 92                 | 132           | 98      |
| 14                                    | 84              | 50.4          | 82                 | 116           | 116                | 165           | 119     |
| 16                                    | 96              | 57.6          | 107                | 150           | 150                | 216           | 156     |
| 17.5                                  | 105             | 63            | 127                | 179           | 179                | 256           | 186     |
| 19                                    | 114             | 68.4          | 150                | 211           | 211                | 301           | 230     |
| 20.5                                  | 123             | 73.8          | 175                | 244           | 244                | 349           | 260     |
| 22                                    | 132             | 79.2          | 200                | 280           | 280                | 401           | 300     |
| 24                                    | 144             | 86.4          | 237                | 332           | 332                | 476           | 370     |
| 26                                    | 156             | 93.6          | 278                | 389           | 389                | 556           | 431     |
| 28                                    | 168             | 100.8         | 321                | 449           | 449                | 642           | 496     |



La fuerza de elevación de los winches cabrestante se encuentra en función del diámetro de las cadenas de fondeo, no así la velocidad de operación media, la cual debe ser como mínimo de 9 [m/min].

| Table F1 Lifting power                                     |                                  |                                  |                                  |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Lifting force and speed                                    | Grade of chain                   |                                  |                                  |
|                                                            | K1                               | K2                               | K3                               |
| Normal lifting force for 30 min in N                       | 36.8 d <sub>c</sub> <sup>2</sup> | 41.7 d <sub>c</sub> <sup>2</sup> | 46.6 d <sub>c</sub> <sup>2</sup> |
| Mean hoisting speed                                        | 9 m/min.                         |                                  |                                  |
| Maximum lifting force for 2 minutes (no speed requirement) | 1.5 × normal lifting force       |                                  |                                  |
| d <sub>c</sub> = diameter of chain in mm.                  |                                  |                                  |                                  |

Fig.9: Tabla F1 para velocidad de operación media y fuerza de elevación de winches cabrestante (DNV Pt.3 Ch.3 Sec.3 – Page 59)

▪ Velocidad de operación:

Esta será como mínimo de 9 [metros/minuto]

▪ Fuerza de elevación:

Según el reglamento se determinan la “fuerza de elevación normal durante 30 minutos” y la “fuerza de elevación máxima durante 2 minutos”, las cuales se presentan a continuación:

$dc$  = Diámetro de la cadena = 24 [mm]

Grado de acero para cadena de anclas de fondeo = NV K2

Por lo tanto, se tiene que:

---

**Fuerza de elevación normal durante 30 [min] es de 24 [kN]**

Explicación:

$$\text{Fuerza de elevación durante 30 [min]} = 41.7 * dc^2 \text{ [N]}$$

$$\text{Fuerza de elevación durante 30 [min]} = 24 \text{ [kN]}$$

$$\text{Fuerza de elevación durante 30 [min]} = 2450 \text{ [kgf]}, \text{ para } g = 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

---

Tabla 6: Cálculo de fuerza de elevación normal durante 30 minutos en winche cabrestante

---

**Fuerza de elevación máxima durante 2 [min] = 36 [kN]; (despreciando la velocidad)**

Explicación:

$$\text{Fuerza de elevación máx. durante 2 [min]} = 1.5 * \text{Fuerza de elevación normal}$$

$$\text{Fuerza de elevación máx. durante 2 [min]} = 36 \text{ [kN]}$$

$$\text{Fuerza de elevación máx. durante 2 [min]} = 3670 \text{ [kgf]}, \text{ para } g = 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

---

Tabla 7: Cálculo de fuerza de elevación máxima durante 2 minutos en winche cabrestante

De manera de ajustarnos a un winche comercial y de acuerdo a la reglamentación sobre fuerza de elevación y velocidad, una opción de compra es la siguiente:

| Hydraulic Type: |                    |                  |                 |
|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Rated Pull(kN)  | Rated Speed(m/min) | Drum Capacity(m) | Motor Power(kW) |
| 10              | ≥12                | Φ10x150          | 5.5             |
| 20              | ≥12                | Φ15x150          | 11              |
| 30              | ≥15                | Φ17x150          | 15              |
| 40              | ≥15                | Φ18x150          | 22              |
| 50              | ≥15                | Φ20.5x150        | 30              |
| 75              | ≥15                | Φ26x200          | 45              |
| 80              | ≥15                | Φ26x200          | 45              |
| 100             | ≥15                | Φ30x200          | 45              |
| 125             | ≥15                | Φ30x200          | 75              |

Fig.10: Hydraulic Type - Hydraulic Towing Winch (HI-SEA)

Por lo tanto, el winche cumpliría con las disposiciones mínimas establecidas por reglamento. La figura 11 muestra el tipo de equipo:

#### Características del winche cabrestante:

- Tracción nominal = 75 [kN]
- Velocidad nominal  $\geq 15$  [m/min]
- Capacidad de recibo de cable = 200 [metros] de cadena de 26 [mm] de diámetro.
- Potencia = 45 [kW]

Fig.11: Hydraulic Towing Winch distribuido por HI-SEA



#### 4.1.2.2 Grúas de carga:

Se dispondrá de 2 grúas convencionales ubicadas una a cada banda de la barcaza. El levante de cada una de ellas será de 8 [tonf].

Se sugiere optar por una “Hydraulic Telescopic Crane” la cual es un tipo de grúa marina diseñada para diversos buques de carga que puede ser instalada en el centro del buque o en los costados, en nuestro caso, las grúas serán instaladas una a cada banda. La grúa marina a babor se encontrará próxima a la bulárcama 8, y la grúa marina a estribor se encontrará próxima a la bulárcama 17.

El tipo de grúa sugerido es el siguiente:

| Type  | Safety Load (kN) | Max Working Radius(m) | Min Working Radius (m) | Hoisting Speed (m/min) | Slewing Speed (r/min) | Luffing Time (s) | Slewing Angle(°) | Permission List/Trim (°) | Hoisting Height (m) | Power (kW) |
|-------|------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------|------------------|--------------------------|---------------------|------------|
| YQ1   | 10               | 6-12                  | 1.3-2.6                | 15                     | 1                     | 60               | 360              | 2°/5°                    | 30                  | 7.5        |
| YQ1.5 | 15               | 8-14                  | 1.7-3                  | 15                     | 1                     | 60               | 360              | 2°/5°                    | 30                  | 11         |
| YQ2   | 20               | 5-15                  | 1.1-3.2                | 15                     | 1                     | 60               | 360              | 2°/5°                    | 30                  | 15         |
| YQ3   | 30               | 8-18                  | 1.7-3.8                | 15                     | 0.9                   | 70               | 360              | 2°/5°                    | 30                  | 22         |
| YQ5   | 50               | 12-20                 | 2.5-4.2                | 15                     | 0.75                  | 80               | 360              | 2°/5°                    | 30                  | 37         |
| YQ8   | 80               | 12-20                 | 2.5-4.2                | 15                     | 0.75                  | 100              | 360              | 2°/5°                    | 30                  | 55         |
| YQ10  | 100              | 12-20                 | 2.5-4.2                | 15                     | 0.75                  | 110              | 360              | 2°/5°                    | 30                  | 75         |
| YQ15  | 150              | 12-20                 | 2.5-4.2                | 15                     | 0.6                   | 110              | 360              | 2°/5°                    | 30                  | 90         |
| YQ20  | 200              | 16-25                 | 3.2-5.3                | 15                     | 0.6                   | 120              | 360              | 2°/5°                    | 35                  | 75*2       |

Fig.12: Type - Hydraulic Telescopic Crane (HI-SEA)

Las características de la grúa se presentan a continuación:

- Grúa Marina: Hydraulic Telescopic Crane; Tipo: YQ8
- Carga de seguridad = 80 [kN] = 8,15 [ton<sub>r</sub>]
- Radio de trabajo máximo = 12 a 20 [m]
- Radio de trabajo mínimo = 2,5 a 4,2 [m]
- Velocidad de elevación = 15 [m/min]
- Velocidad de giro = 0,75 [rpm]
- Tiempo de mecanismo de angulación variable (Luffing Time) = 100 [s]
- Escora = 2°; Trimado = 5°
- Ángulo de giro = 360°
- Altura de elevación = 30 [m]
- Potencia = 55 [kW]



Fig.13: Hydraulic Telescopic Crane distribuida por HI-SEA

#### **4.1.3 Resumen del equipamiento de los cargos de cubierta:**

De acuerdo al numeral de equipo se dispondrá de:

- 2 anclas de fondeo (+ 1 de respeto) modelos Hall Anchor de 780 [kg] de peso.
- Se dispondrá de dos cadenas de eslabones con contrete de 165 [metros] de longitud cada una, equivalente a 3,5 paños de cadena. Estas cadenas tendrán un diámetro de 24 [mm].
- Los cables de remolque serán de fibra de acero y tendrán una longitud mínima de 180 [metros].
- Se dispondrá de 4 amarras de 120 [metros] cada una.
- La embarcación estará dispuesta de 12 bitas dobles localizadas en distintas zonas de la cubierta principal.
- Se contará con 2 winches cabrestante de 75 [kN] de tracción nominal, los cuales tienen una velocidad de recibo de cadena mayor a 15 [metros/minuto]. Estos winches tienen una potencia de 45 [kW] y están diseñados para cadenas de 26 [mm] de diámetro.
- Se dispondrá de dos grúas de carga en la cubierta principal, las cuales tendrán una capacidad de levante 8,15 [tonf] (carga de seguridad) con una velocidad de giro de 0,75 [rpm]. Estas grúas “crane marine” tienen una altura de elevación de 30 [metros], un radio máximo de trabajo de 12 a 20 [metros], un radio mínimo de trabajo de 2,5 a 4,2 [metros] y una potencia de 55 [kW].



## 5. SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE GOBIERNO

En este apartado se decidirá el sistema de accionamiento de gobierno que tendrá la nave, y se estimará la potencia requerida por los servo motores.

Generalmente los timones son accionados por dos tipos de sistemas, estos son:

- Sistema RAM (accionados por pistones hidráulicos)
- Sistema Rotary Vane (accionados por una bomba hidráulica circular)

De los sistemas mencionados se opta por el sistema RAM, el cual mediante dos pistones hidráulicos empujan un brazo de accionamiento llamado Tyller que se encargará de vencer el momento de torsión del timón y de esta manera mantener la pala en un determinado ángulo.

### 5.1 Sistema de accionamiento RAM:

Los sistemas RAM son diseñados en función del ángulo máximo del timón establecido, en nuestro caso este valor es de  $35^\circ$  (ver cuadernillo 08).

El modelo del sistema RAM debe ser capaz de aplicar al eje del timón un momento de torsión mayor al que genera la fuerza normal de la pala ( $F_N$ ) por su respectivo brazo ( $b$ ). Este momento tiene un valor de aproximadamente 1757 [kgf m]. (Momento de torsión total  $M_T$  en la tabla 8).

| Ángulo de Timón                | [grados] | 35    |
|--------------------------------|----------|-------|
| Coef. de Lift $C_L$            | -        | 1,64  |
| Coef. de Drag $C_D$            | -        | 0,65  |
| Fza. Lift $F_L$                | kgf      | 8459  |
| Fza. Drag $F_D$                | kgf      | 3339  |
| Fza. Resultante $F_R$          | kgf      | 9094  |
| Fza. Normal $F_N$              | kgf      | 8844  |
| Centro de Presión $CP_C$       | mts      | 0,257 |
| Mom. Torsión estático $M_o$    | kgf m    | 1405  |
| Mom. Torsión total $M_T$       | kgf m    | 1757  |
| Carga unif. distribuida $q$    | kgf      | 6784  |
| Mom máx. de Flexión $M_{Fmax}$ | kgf m    | 1524  |

Tabla 8: Datos del timón para un ángulo de  $35^\circ$



Por lo tanto, de acuerdo a los modelos comerciales se elige un sistema RAM diseñado para un ángulo máximo de timón de 35°, distribuido por la empresa Canadiense Kobelt.

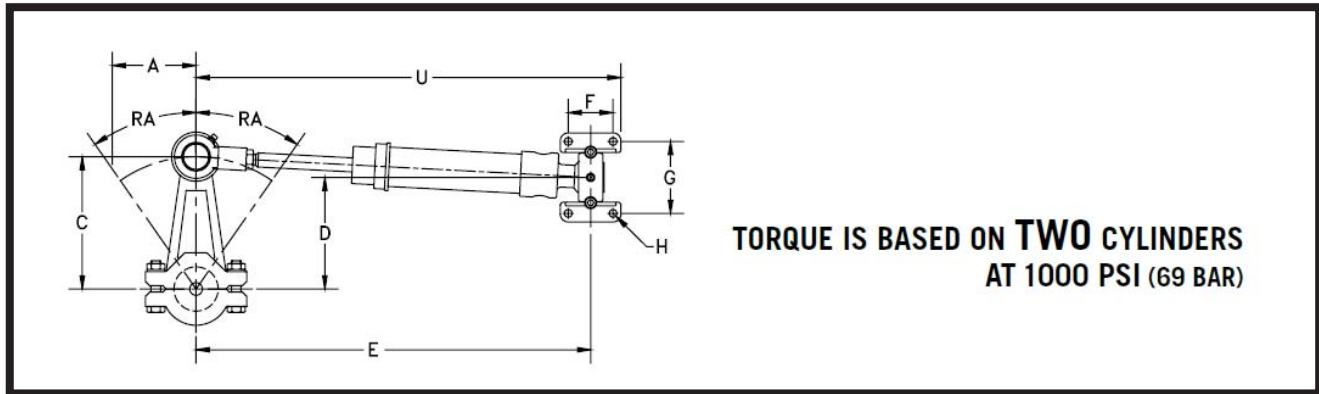


Fig.14: Imagen representativa de distancias de un Sistema RAM para ángulo de timón de 35°

El modelo seleccionado debe vencer el momento torsor total de aproximadamente:

$$M_T = 1757 [kg_f * m] = 12680 [lb_f * ft]$$

Los distintos tipos de modelo se presentan en la figura 15, a continuación:

| UNBALANCED CYLINDERS – RUDDER ANGLE (RA) 35° |          |      |        |     |                 |                 |      |     |       |      |       |     |       |     |       |      |
|----------------------------------------------|----------|------|--------|-----|-----------------|-----------------|------|-----|-------|------|-------|-----|-------|-----|-------|------|
| MODEL                                        | TORQUE   |      | STROKE |     | DISPLACEMENT    |                 | A    |     | U     |      | C     |     | D     |     | E     |      |
|                                              | lbs. ft. | kgm  | in     | mm  | in <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | in   | mm  | in    | mm   | in    | mm  | in    | mm  | in    | mm   |
| 7040                                         | 1056     | 146  | 5.5    | 140 | 17.8            | 292             | 2.75 | 70  | 17.85 | 453  | 4.8   | 122 | 4.36  | 111 | 16.5  | 419  |
|                                              | 1441     | 200  | 7.5    | 191 | 24.2            | 397             | 3.75 | 95  | 20.85 | 530  | 6.54  | 166 | 5.95  | 151 | 19.50 | 495  |
|                                              | 1921     | 266  | 10     | 254 | 32.3            | 529             | 5    | 127 | 24.60 | 625  | 8.72  | 221 | 7.93  | 201 | 23.25 | 591  |
| 7050                                         | 2608     | 361  | 7.5    | 191 | 43.8            | 718             | 3.75 | 95  | 22.48 | 571  | 6.54  | 166 | 5.95  | 151 | 20.85 | 530  |
|                                              | 3477     | 481  | 10     | 254 | 58.4            | 957             | 5    | 127 | 26.23 | 666  | 8.72  | 221 | 7.93  | 201 | 24.60 | 625  |
|                                              | 4171     | 578  | 12     | 305 | 70.1            | 1149            | 6    | 152 | 29.23 | 742  | 10.46 | 266 | 9.51  | 242 | 27.60 | 701  |
| 7065                                         | 5375     | 744  | 10     | 254 | 90              | 1475            | 5    | 127 | 30.17 | 766  | 8.72  | 221 | 7.93  | 201 | 28.11 | 714  |
|                                              | 6450     | 893  | 12     | 305 | 108             | 1770            | 6    | 152 | 33.17 | 843  | 10.46 | 266 | 9.51  | 242 | 31.11 | 790  |
|                                              | 8599     | 1190 | 16     | 406 | 144             | 2360            | 8    | 203 | 39.17 | 995  | 13.95 | 354 | 12.69 | 322 | 37.11 | 943  |
| 7080                                         | 5763     | 798  | 7.5    | 191 | 96.8            | 1586            | 3.75 | 95  | 28.87 | 733  | 6.54  | 166 | 5.95  | 151 | 26.25 | 667  |
|                                              | 7676     | 1061 | 10     | 254 | 129             | 2114            | 5    | 127 | 32.62 | 829  | 8.72  | 221 | 7.93  | 201 | 30.00 | 762  |
|                                              | 9217     | 1276 | 12     | 305 | 154.9           | 2538            | 6    | 152 | 35.62 | 905  | 10.46 | 266 | 9.51  | 242 | 33.00 | 838  |
|                                              | 12292    | 1702 | 16     | 406 | 206.6           | 3386            | 8    | 203 | 41.62 | 1057 | 13.95 | 354 | 12.69 | 322 | 39.00 | 991  |
| 7085                                         | 10800    | 1493 | 10     | 254 | 174             | 2851            | 5    | 127 | 39.07 | 992  | 8.72  | 221 | 7.93  | 201 | 36.19 | 919  |
|                                              | 12360    | 1709 | 12     | 305 | 209             | 3425            | 6    | 152 | 42.07 | 1069 | 10.46 | 266 | 9.51  | 242 | 39.19 | 995  |
|                                              | 16430    | 2272 | 16     | 406 | 279             | 4572            | 8    | 203 | 48.07 | 1221 | 13.95 | 354 | 12.69 | 322 | 45.19 | 1148 |
| 7093                                         | 16229    | 2246 | 12     | 305 | 272             | 4457            | 6    | 152 | 41.90 | 1064 | 10.46 | 266 | 9.51  | 242 | 38.59 | 980  |
|                                              | 21639    | 2994 | 16     | 406 | 363             | 5949            | 8    | 203 | 47.90 | 1217 | 13.95 | 354 | 12.69 | 322 | 44.59 | 1133 |
|                                              | 27048    | 3743 | 20     | 508 | 454             | 7440            | 10   | 254 | 53.90 | 1369 | 17.43 | 443 | 15.85 | 403 | 50.59 | 1285 |
|                                              | 32458    | 4492 | 24     | 610 | 546             | 8947            | 12   | 305 | 59.90 | 1521 | 20.92 | 531 | 19.03 | 483 | 56.59 | 1437 |

Fig.15: Modelos de sistemas RAM distribuidos por la empresa Kobelt

Por lo tanto, se elige el siguiente modelo:

- Tipo de accionamiento de gobierno: Sistema RAM
- Ángulo de timón máximo =  $35^\circ$
- Modelo: 7093
- Torque = 16229 [lb<sub>s</sub> ft]
- Carrera de los pistones = 305 [mm]
- Volumen utilizado por el sistema = 4457 [cm<sup>3</sup>]

## 5.2 Estimación de potencia del servo motor:

Es posible estimar la potencia del equipo de accionamiento de los motores eléctricos, considerando un rendimiento hidráulico de 70% y un rendimiento eléctrico de 80%, así se tiene que:

$$\text{Potencia del servo motor} = M_t * \omega_{ac} / (0,7 * 0,8)$$

Donde:

- $\omega_{ac}$  representa la velocidad de accionamiento de los timones, la cual debe tener un valor mínimo de 2,5 [°/seg] según recomendaciones de casas clasificadoras y el convenio SOLAS, ello debido a que el timón debe ser capaz de ir desde  $35^\circ$  de una banda, hasta  $30^\circ$  a la banda contraria en no más de 28 [seg].
- $M_t$  corresponde al momento de torsión estimado para el ángulo máximo de timón (1757 kg<sub>f</sub> m)

Así se tiene que:

$$\text{Potencia del servo motor} = 4393 \text{ [kg}_f * \text{m/s]}$$

Por lo tanto, cada equipo servomotor requeriría 58 [hp] de potencia (aproximadamente 43 kW).

## 6. SISTEMA DE ACHIQUE, LASTRE E INCENDIO

Estos sistemas se diseñaron de acuerdo a lo especificado por la casa de clasificación Det Norske Veritas AS, en los siguientes apartados:

- DNV AS, Part 4, Chapter 6, Section 4  
Machinery and Systems – Piping Systems
- DNV AS, Part 6, Chapter 4, Section 2 and 3  
Special Equipment and Systems – Additional Fire Protection (F-AMC)

### 6.1 Cantidad de bombas:

La cantidad de bombas destinadas a operaciones de achique y lastre serán mínimo 2, en embarcaciones menores a 90 [metros] de eslora.

Todas las conexiones de las bombas de achique a la línea principal estarán provistas por válvulas de cierre.

### 6.2 Diámetro (d) de la cañería de succión principal (acero galvanizado):

Este diámetro no deberá ser inferior al propuesto por la siguiente expresión:

**401** The internal diameter of the main bilge suction line shall not be less than given by the following formula, to the nearest 5 mm:

$$d = 1.68\sqrt{L(B + D)} + 25 \text{ (mm)}$$

L = length of ship (m)

B = breadth of ship (m)

D = depth of ship to bulkhead deck (m).

as defined in Pt.3 Ch.1.

Fig.16: Formulación para determinar el tamaño de las succiones

Por lo tanto, se tiene que:

| Main Dimensions (DNV) |       |     |
|-----------------------|-------|-----|
| Lpp                   | 35,63 | [m] |
| B                     | 11,2  | [m] |
| D                     | 4,0   | [m] |

| Method 401 |       |      |
|------------|-------|------|
| d          | 64,10 | [mm] |

De acuerdo al método 401, el diámetro de la matriz principal deberá ser superior a 64,1 [mm].

### 6.3 Capacidad de las bombas (Q):

Esta puede ser obtenida de acuerdo dos métodos:

#### 6.3.1 Método en base a la tabla (Table H1) de relaciones Q-d propuesta por DNV:

Debido a que el tamaño de la matriz principal es próxima a 65 [mm] de diámetro, la capacidad de las bombas deber ser de 25 [m<sup>3</sup>/h], de acuerdo a la figura 17, a continuación:

| Table H1 Pipe diameter and corresponding bilge pump capacity |                                              |                         |                                              |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
| Bore of bilge pipe (mm)                                      | Capacity of each pump (m <sup>3</sup> /hour) | Bore of bilge pipe (mm) | Capacity of each pump (m <sup>3</sup> /hour) |
| 50                                                           | 15                                           | 130                     | 97                                           |
| 55                                                           | 18                                           | 135                     | 105                                          |
| 60                                                           | 21                                           | 140                     | 113                                          |
| 65                                                           | 25                                           | 145                     | 121                                          |
| 70                                                           | 29                                           | 150                     | 130                                          |
| 75                                                           | 33                                           | 155                     | 138                                          |
| 80                                                           | 37                                           | 160                     | 147                                          |
| 85                                                           | 42                                           | 165                     | 157                                          |
| 90                                                           | 47                                           | 170                     | 166                                          |
| 95                                                           | 52                                           | 175                     | 176                                          |
| 100                                                          | 58                                           | 180                     | 186                                          |
| 105                                                          | 64                                           | 185                     | 197                                          |
| 110                                                          | 70                                           | 190                     | 208                                          |
| 115                                                          | 76                                           | 195                     | 219                                          |
| 120                                                          | 83                                           | 200                     | 230                                          |
| 125                                                          | 90                                           | 205                     | 246                                          |
|                                                              |                                              | 210                     | 254                                          |

Fig.17: Table H1 Pipe diameter and corresponding bilge pump capacity

#### 6.3.2 Método 203 propuesto por DNV:

Se utilizará el mayor de los diámetros calculados, es decir, 65 [mm] para la matriz principal:

The pump capacity Q in m<sup>3</sup>/hour may also be determined from the formula:

$$Q = \frac{5.75d^2}{10^3}$$

d = bore of bilge pipe in mm according to 401 or 402.

Fig.18: Capacidad de bombas en función del tamaño de la matriz

Por lo tanto, se puede verificar la correcta indicación de la figura 17. La capacidad de las bombas será superior a 25 [m<sup>3</sup>/h].

| Method 203 |      |                        |
|------------|------|------------------------|
| Q          | 24,3 | [m <sup>3</sup> /hora] |

**6.4 Diámetro interno ( $d_1$ ) de las cañerías secundarias (acero galvanizado):**

Estos se calcularán en función de la longitud de las bodegas o espacios a achicar, de acuerdo a la formulación de la casa clasificadora:

**403** The internal diameter of branch bilge suction to cargo holds, machinery and boiler spaces shall not be less than stipulated by the following formula, to the nearest 5 mm:

$$d_1 = 2.15\sqrt{l(B+D)} + 25 \text{ (mm)}$$

$l$  = length of compartment (m).

B and D as given in 401.

The internal diameter of any branch suction shall not be less than 50 mm.

Fig.19: Cálculo del diámetro de los ramales (Part 4, Chapter 6, Section 4)

Donde:

- $d_1$  = Diámetro interno de las cañerías secundarias (ramales)
- $l$  = Longitud de los compartimentos a achicar
- B = Manga = 11,2 [metros]
- D = Puntal = 4,0 [metros]

Por lo tanto, se tiene que el diámetro interno de cada ramal en función de los espacios a achicar no deberán ser inferiores a los presentados a continuación:

| Internal Diameter, depending H403 Secc.4 - Chapter 6 - Part 4 |       |      |                                    |       |      |
|---------------------------------------------------------------|-------|------|------------------------------------|-------|------|
| <b>Sala de servo-motor</b>                                    |       |      | <b>Sala de máquinas</b>            |       |      |
| l                                                             | 1,95  | [m]  | l                                  | 9,74  | [m]  |
| $d_1$                                                         | 36,71 | [mm] | $d_1$                              | 51,16 | [mm] |
| <b>Estanques de lastre de popa</b>                            |       |      | <b>Estanques de lastre de proa</b> |       |      |
| l                                                             | 1,94  | [m]  | l                                  | 3,89  | [m]  |
| $d_1$                                                         | 36,68 | [mm] | $d_1$                              | 41,53 | [mm] |
| <b>Estanques de lastre central</b>                            |       |      | <b>Pañol de cadenas</b>            |       |      |
| l                                                             | 5,84  | [m]  | l                                  | 3,89  | [m]  |
| $d_1$                                                         | 45,26 | [mm] | $d_1$                              | 41,53 | [mm] |
| <b>Bodega de carga de alimento</b>                            |       |      |                                    |       |      |
| l                                                             | 21,44 | [m]  |                                    |       |      |
| $d_1$                                                         | 63,81 | [mm] |                                    |       |      |

Fig.20: Diámetro interno mínimo de cañerías secundarias

**6.5 Espesor mínimo de pared de las cañerías (t):**

DNV en la sección 7 del capítulo 6, en su apartado 4 propone la siguiente normativa de trabajo para espesores mínimos de pared:

**203** Bilge and ballast pipes and fittings of nodular cast iron shall have minimum wall thickness not less than:

$$t = K (0.5 + 0.001 D_N) \text{ (mm)}$$

$D_N$  = nominal diameter in mm

K = 9 for pipes

= 12 for fittings other than tees

= 14 for tees.

Fig.21: Espesor de pared mínimo de las cañerías en función del diámetro nominal

Debido a que todas las cañerías serán de acero galvanizado, y con el objetivo de cumplir la reglamentación indicada se utilizarán cañerías con diámetros nominales ( $D_N$ ) de 65 [mm] y 80 [mm]. En caso de reducciones estas serán de 50 [mm].

De acuerdo a los diámetros nominales seleccionados se debe cumplir la siguiente normativa:

| <b>Table A3 Minimum wall thickness for stainless steel pipes</b>                                                                                                               |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <i>External diameter D (mm)</i>                                                                                                                                                | <i>Minimum wall thickness (mm)</i> |
| 10.2 to 17.2                                                                                                                                                                   | 1.0                                |
| 21.3 to 48.3                                                                                                                                                                   | 1.6                                |
| 60.3 to 88.9                                                                                                                                                                   | 2.0                                |
| 114.3 to 168.3                                                                                                                                                                 | 2.3                                |
| 219.1                                                                                                                                                                          | 2.6                                |
| 273.0                                                                                                                                                                          | 2.9                                |
| 323.9 to 406.4                                                                                                                                                                 | 3.6                                |
| over 406.4                                                                                                                                                                     | 4.0                                |
| <b>Note:</b><br>The external diameters and thickness have been selected from ISO-Standard 1127. For pipes covered by other standards, thickness slightly less may be accepted. |                                    |

Fig.22: Normativa DNV para espesores mínimos de pared

Por lo tanto, las dimensiones nominales para cada caso serán las siguientes:

- Cañería principal =  $D_N$  80 (80 mm)
- Cañerías secundarias de la bodega de carga de alimento =  $D_N$  80 (80 mm)
- Cañerías secundarias de sala de servo motores =  $D_N$  80 (80 mm)
- Cañerías secundarias de sala de máquinas =  $D_N$  65 (65 mm)
- Cañerías secundarias de estanques de lastre en popa =  $D_N$  65 (65 mm)
- Cañerías secundarias de estanques de lastre en proa =  $D_N$  65 (65 mm)
- Cañerías secundarias de estanque de lastre central =  $D_N$  65 (65 mm)
- Cañerías secundarias de pañol de cadenas =  $D_N$  65 (65 mm)



En base a la figura 21, el cálculo del cumplimiento de las normas descritas en la figura 22, se presenta a continuación:

| Ramal de sala de servo-motor |                  |            |
|------------------------------|------------------|------------|
| D <sub>N</sub>               | 65               | [mm]       |
| K                            | 9                | (tuberías) |
| t                            | 5,09             | [mm]       |
| Estado                       | CUMPLE NORMATIVA |            |

| Ramal de estanques de lastre de popa |                  |            |
|--------------------------------------|------------------|------------|
| D <sub>N</sub>                       | 65               | [mm]       |
| K                                    | 9                | (tuberías) |
| t                                    | 5,09             | [mm]       |
| Estado                               | CUMPLE NORMATIVA |            |

| Ramal de estanques de lastre central |                  |            |
|--------------------------------------|------------------|------------|
| D <sub>N</sub>                       | 65               | [mm]       |
| K                                    | 9                | (tuberías) |
| t                                    | 5,09             | [mm]       |
| Estado                               | CUMPLE NORMATIVA |            |

| Ramal de bodega de carga de alimento |                  |            |
|--------------------------------------|------------------|------------|
| D <sub>N</sub>                       | 80               | [mm]       |
| K                                    | 9                | (tuberías) |
| t                                    | 5,22             | [mm]       |
| Estado                               | CUMPLE NORMATIVA |            |

| Ramal de sala de máquinas |                  |            |
|---------------------------|------------------|------------|
| D <sub>N</sub>            | 65               | [mm]       |
| K                         | 9                | (tuberías) |
| t                         | 5,09             | [mm]       |
| Estado                    | CUMPLE NORMATIVA |            |

| Ramal de estanques de lastre de proa |                  |            |
|--------------------------------------|------------------|------------|
| D <sub>N</sub>                       | 65               | [mm]       |
| K                                    | 9                | (tuberías) |
| t                                    | 5,09             | [mm]       |
| Estado                               | CUMPLE NORMATIVA |            |

| Ramal del pañol de cadenas |                  |            |
|----------------------------|------------------|------------|
| D <sub>N</sub>             | 65               | [mm]       |
| K                          | 9                | (tuberías) |
| t                          | 5,09             | [mm]       |
| Estado                     | CUMPLE NORMATIVA |            |

| Matriz Principal |                  |            |
|------------------|------------------|------------|
| D <sub>N</sub>   | 80               | [mm]       |
| K                | 9                | (tuberías) |
| t                | 5,22             | [mm]       |
| Estado           | CUMPLE NORMATIVA |            |

Fig.23: Aprobación de normativa sobre cañerías principales y secundarias

De esta manera todas las cañerías tanto principales, como secundarias cumplirían con los espesores mínimos de pared, dispuestos en la 20 y 22 anteriormente.

## 6.6 Mangueras de incendio:

La casa clasificadora en su apartado 6, capítulo 4, sección 2 (F-AMC) establece la siguiente reglamentación sobre las mangueras de incendio:

- La longitud máxima por carrete de manguera será de 20 [metros]
- El diámetro interno de las mangueras en carretes deberá ser por lo menos de 19 [mm]
- Se recomienda normalmente mangueras de 38 [mm] de diámetro
- La presión en la boquilla de las mangueras no deberá ser inferior a 3 [bares]



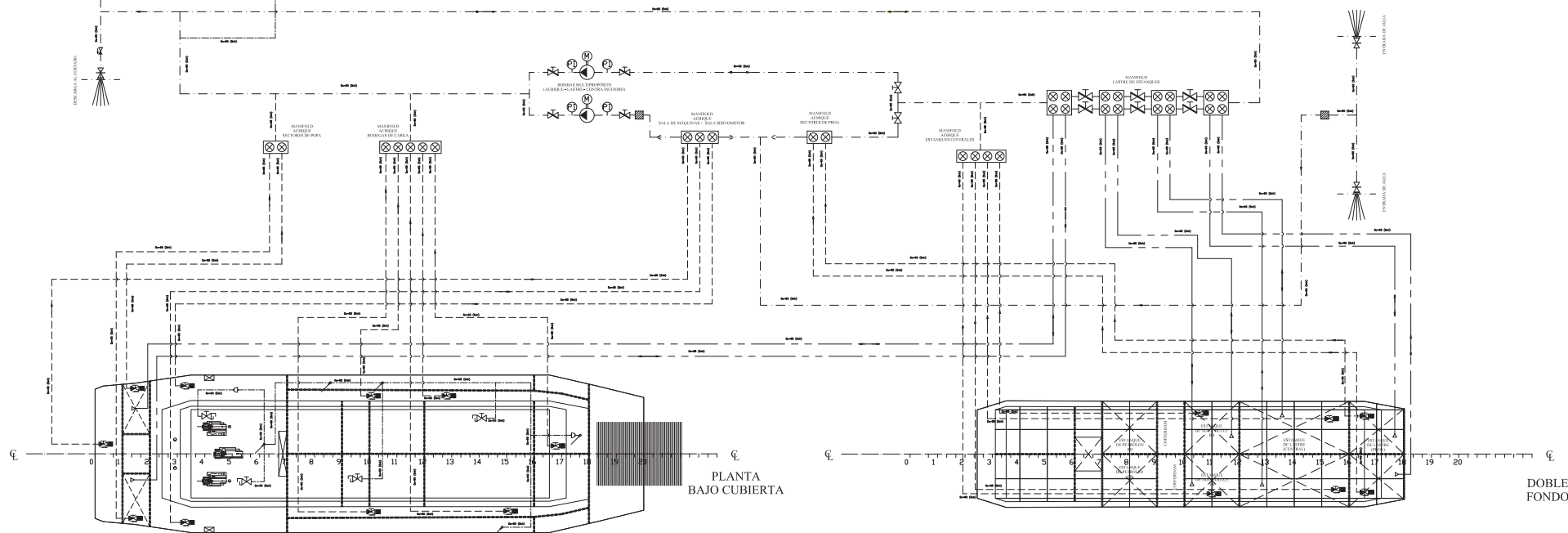
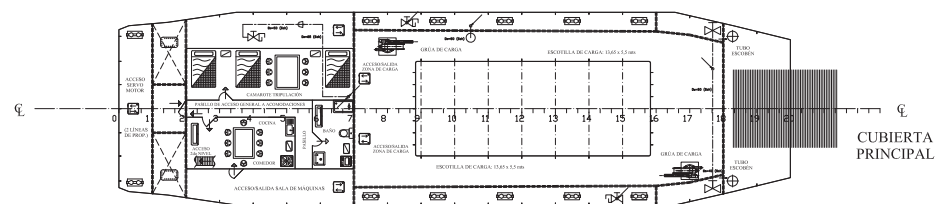
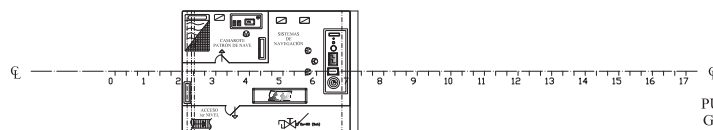
### **6.7 Caudal y presión de las bombas de incendio:**

Det Norske Veritas establece 2 condiciones sobre las bombas de incendio:

- El caudal mínimo de las bombas deberá ser de 72 [m<sup>3</sup>/h]
- La presión mínima de las bombas, con dos chorros de agua en funcionamiento deberá ser de 5 [bares].

### **6.8 Resumen de sistema de achique, lastre e incendio:**

- La cantidad de bombas será igual a 2, contando la bomba de respeto.
- Las bombas serán para operaciones multipropósito, es decir, estas se utilizarán para los sistemas de achique, lastre e incendio.
- Debido al punto anterior, la capacidad de las bombas a seleccionar (2) será de 100 [m<sup>3</sup>/h], con el objetivo de cumplir las reglamentaciones indicadas para los apartados de achique y lastre, como para el apartado de incendio.
- La presión de cada bomba será de 5 [bares].
- Todas las cañerías serán de acero galvanizado (schedule).
- Los diámetros nominales para cañerías serán de 65 y 80 [mm], en la caso de reducciones (sistema de incendio) estas serán de 50 [mm].
- Las mangueras de incendio tendrán una longitud máxima de 20 [metros] por carrete con diámetros de 38 [mm].

CAPACIDAD DE BOMBAS MULTIPROPÓSITO =  $2 \times 100 \text{ [m}^3/\text{h]}$ 

RED PRINCIPAL (COMÚN) ————  
CIRCUITO ACHIQUE —————  
CIRCUITO LASTRE ————  
CIRCUITO CONTRA INCENDIO & LAVADO

| SIMBOLOGÍA |                                 |
|------------|---------------------------------|
|            | FILTRO                          |
|            | VALVULA DE RETENCIÓN            |
|            | GRIFO DE INCENDIO               |
|            | REDUCTOR CONCENTRICO            |
|            | MANIFOLD DE DISTRIBUCIÓN        |
|            | BOMBA MULTIPROPÓSITO            |
|            | VALVULA DE COMPUERTA            |
|            | CONEXIÓN INTERNACIONAL A TIERRA |
|            | VALVULA DE CIERRE McCORMICK     |
|            | ASPIRACIÓN                      |
|            | MANÓMETRO                       |
|            | DIRECCIÓN DE FLUJO              |
|            | VALVULA DE MARIPOSA             |
|            | TUBERÍA HACIA ABAJO             |

| CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES |       |          |
|-----------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL                | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA                | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                      | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO            | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO              | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                   | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm   | 2x715 | [bhp]    |

NOTAS

|                                         |
|-----------------------------------------|
| TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE (SCHEDULE) |
| SOC. DE CLASIFICACIÓN: DNV AS           |



## 7. SISTEMA & EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD

El equipamiento de seguridad hace referencia a:

- Equipo de lucha contra incendio
- Dispositivos y medios de salvamento

Para ello se utilizó el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974, y su Protocolo de 1988, (SOLAS, edición refundida, 2002).

### 7.1 Equipo de prevención, detección y extinción de incendios

SOLAS en su capítulo II-2 establece un ámbito de aplicación para todos los buques construidos desde el 1 de julio de 2002 a la fecha.

En base a ello, el equipamiento será el siguiente:

#### 7.1.1 Señales y alarmas contra incendio:

- 1 panel de alarma contra incendio  
(Ubicado en el puente de gobierno)
- 1 pulsador de alarma general contra incendio  
(Ubicado en el puente de gobierno)
- 3 detectores de humo  
(Ubicados en la sala de máquina)
- 2 campanillas de alarma contra incendio  
(1 ubicada en sala de máquinas)  
(1 ubicada al exterior de habitabilidad)
- 1 alarma luminosa contra incendio  
(Ubicada en la sala de máquinas)
- 1 pito  
(Ubicado en el puente de gobierno)
- 1 campanilla exterior  
(Ubicada en el exterior del puente de gobierno)

## 7.1.2 Equipamiento contra incendio:

- 1 hacha contra incendio  
*(Ubicada en la cubierta principal)*
- 8 extintores portátiles de CO<sub>2</sub> de 5 [kg]  
*(2 ubicados en sala de máquinas)*  
*(3 ubicados en la cubierta principal)*  
*(2 ubicados en la bodega de carga)*  
*(1 ubicado en el puente de gobierno)*
- 1 lanza espuma portátil  
*(Ubicado en la sala de máquinas)*
- 1 batería (equipo) de CO<sub>2</sub>  
*(Ubicado en la sala de máquinas)*
- 8 cajas de manguera contra incendio con pitón  
*(2 ubicadas en sala de máquinas)*  
*(3 ubicadas en la cubierta principal)*  
*(2 ubicadas en la bodega de carga)*  
*(1 ubicada en el puente de gobierno)*
- 1 conexión internacional a tierra  
*(Ubicada en la cubierta principal)*
- 2 bombas contra incendio (multipropósito)  
*(Ubicadas en la sala de máquinas)*
- 1 equipo de bombero (2 sets)  
*(Ubicado en sector de acomodaciones en cubierta principal)*

El equipo de bombero (FE) estará compuesto por:

- ✓ 1 equipo de respiración autónomo con cilindro de 7 [litros]
- ✓ 1 traje anti flama, incluidos guantes, botas y casco
- ✓ 1 lámpara de seguridad
- ✓ 1 hacha de bombero
- ✓ 1 arnés
- ✓ 1 cabo de seguridad de 30 [metros]
- ✓ 1 cilindro de repuesto por equipo de bombero (FE)

## 7.2 Equipo de prevención, detección y extinción de incendios

SOLAS en su capítulo III establece un ámbito de aplicación para todos los buques construidos desde el 1 de julio de 1998 a la fecha.

En base a ello, el equipamiento será el siguiente:

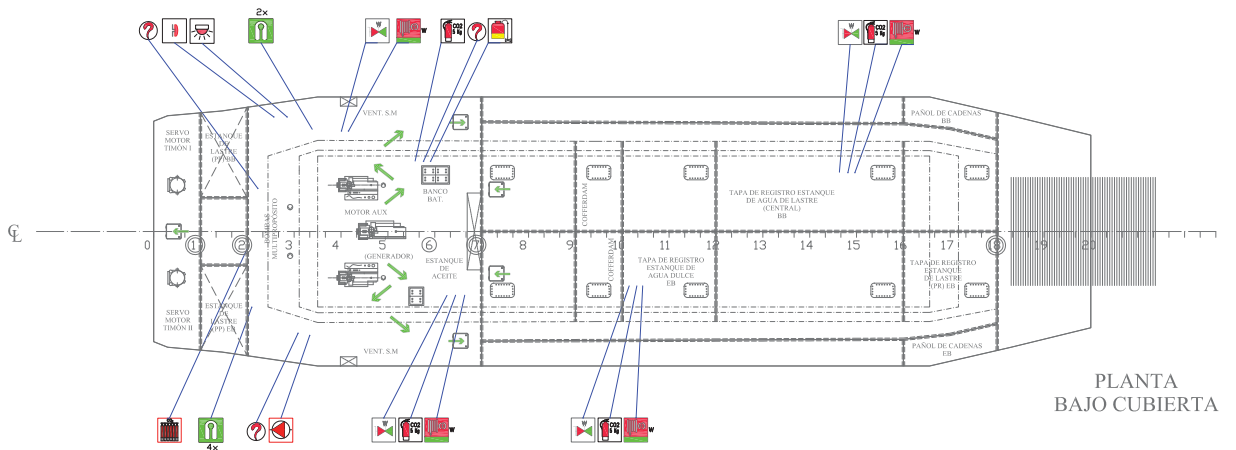
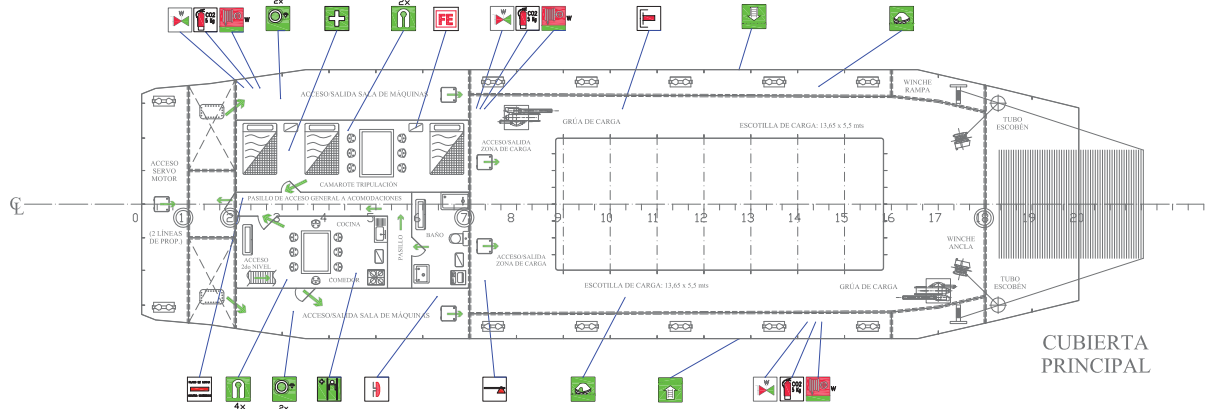
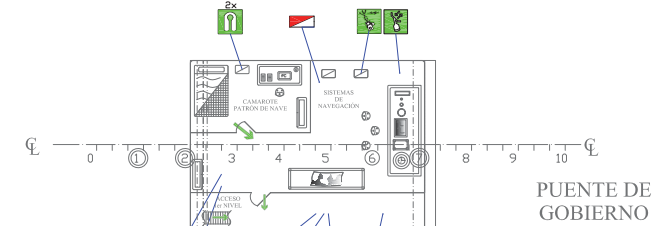
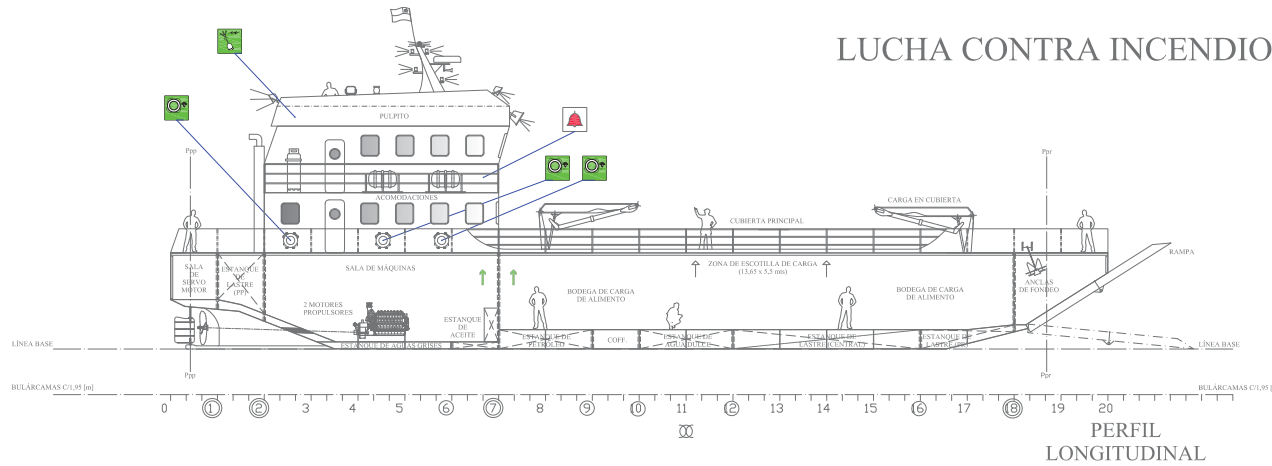
### 7.2.1 Equipamiento de salvataje:

- 13 chalecos salvavidas de adulto  
(6 ubicados en los camarotes)  
(2 ubicados en el puente de gobierno)  
(6 ubicados en la sala de máquinas)
- 8 aros salvavidas con luz  
(7 ubicados en la cubierta principal)  
(1 Ubicado en el exterior del puente de gobierno)
- 2 balsas inflables  
(Ubicadas en la cubierta principal)
- 2 escaleras de desembarco  
(Ubicadas en la cubierta principal)
- 1 botiquín  
(Ubicado en el sector de acomodaciones en la cubierta principal)
- 1 camilla  
(Ubicada en la entrada de habitabilidad en la cubierta principal)
- 1 plano de seguridad  
(Ubicada en la entrada a habitabilidad - pasillo)

### 7.2.2 Salidas de emergencia, puertas y otros:

- 1 EPIRB  
(Ubicada en el pulpito)
- 1 respondedor de radar  
(Ubicado en el puente de gobierno)
- 1 sets de radios portable VHF  
(Ubicados en el puente de gobierno)
- Todas las vías de escape principal serán indicadas por flechas

# PLANO DE SEGURIDAD LUCHA CONTRA INCENDIO / DISPOSITIVOS & MEDIOS DE SALVAMENTO



| Señales y alarmas contraincendio |                                        |                                                  |
|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1                                | Panel de alarma contraincendio         | Puente de Gobierno                               |
| 1                                | Pulsador alarma general contraincendio | Puente Gobierno                                  |
| 3                                | Detector de humo                       | 3x Sala de Máquinas                              |
| 2                                | Campanito alarma contraincendio        | 1x Sala de Máquinas<br>1x Exterior Habitabilidad |
| 1                                | Alarma luminosa contraincendio         | 1x Papa Sala de Máquinas                         |
| 1                                | Pila                                   | Puente de Gobierno                               |
| 1                                | Campana exterior barco                 | Exterior Puente de Gobierno                      |

| Equipamiento Contraincendio |                                       |                                                                     |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1                           | Hacha contraincendio                  | 1x Cubierta Principal                                               |
| 8                           | Extintor portátil CO2 5 kg            | 2x Sala Máquinas, 3x Cub. Ppt., 2x Bodegas de Carga, 1x Cub. Puente |
| 1                           | Lanzapuma portátil                    | 1x Sala de Máquinas                                                 |
| 1                           | Batería de CO2                        | 1x Sala de Máquinas                                                 |
| 8                           | Caja manguera contraincendio con pñon | 2x Sala Máquinas, 3x Cub. Ppt., 2x Bodegas de Carga, 1x Cub. Puente |
| 8                           | Grifo contraincendio                  | 2x Sala Máquinas, 3x Cub. Ppt., 2x Bodegas de Carga, 1x Cub. Puente |
| 1                           | Conexión internacional                | 1x Cubierta Principal                                               |
| 2                           | Bomba contraincendio principal        | 2x Sala Máquinas                                                    |
| 1                           | Equipo de Bombero                     | 1x Acomodaciones en Cubierta Ppt.                                   |

| FE | Equipo de Bombero                                |
|----|--------------------------------------------------|
| *  | Equipo de bombero : (2 set)                      |
| -  | Equipo respiración autónoma con cilindro 7 L     |
| -  | Traje anti llama incluido guantes, botas, casco. |
| -  | Lámpara de seguridad.                            |
| -  | Hacha bombero                                    |
| -  | Arnes                                            |
| -  | Cabo de seguridad 30 m                           |
| -  | (1 cilindro repuesto por FE)                     |

| Equipamiento salvataje (7 personas) |                          |                                                  |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|
| 13                                  | Chaleco salvataje adulto | 6x camarotes, 2x Pte. gobierno, 6x Sala Máquinas |
| 8                                   | Aro salvatajes con luz   | 7x Cubierta Ppt., 1x Exterior P. Gob.,           |
| 2                                   | Batas inflables          | 2x Cubierta Principal                            |
| 2                                   | Escalera de desembarco   | 2x Cubierta Principal                            |
| 1                                   | Boliquín                 | 1x Acomodaciones                                 |
| 1                                   | Comita                   | 1x Entrada Habitabilidad Cub. Ppt.               |
| 1                                   | Plano de seguridad       | 1x Entrada Habitabilidad Pasillo                 |

| Salidas de emergencia y puertas |                          |                    |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                 | Vías de escape principal |                    |
| 1                               | EPRB                     | Pulpito            |
| 1                               | Respondedor de radar     | Puente de Gobierno |
| 1                               | Radio portátil VHF       | Puente de Gobierno |

| CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES |       |          |
|-----------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL                | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA                | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                      | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO            | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO              | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                   | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm   | 2x715 | [bhp]    |

| NOTAS                           |  |
|---------------------------------|--|
| REF.: SOLAS (Edición ref. 2002) |  |
| SOC. DE CLASIFICACIÓN: DNV AS   |  |

| <div> <div>                     Universidad Austral de Chile<br/>                     Facultad de Ciencias de la Ingeniería<br/>                     Instituto de Ciencias Navales &amp; Marítimas<br/>                     Ingeniería Naval                 </div> </div> |                                             |       |            |       |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------|------------|-------|----------------------|
| Proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                   | PLANO DE SEGURIDAD (BARCAZA MAYOR DE ACERO) | Fecha | 22-12-2014 | Forma | RUT                  |
| Proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                   | Gabriel A. Para Vera                        | Fecha | 22-12-2014 | Forma | 17.450.465-2         |
| Revisó                                                                                                                                                                                                                                                                     | Richard L. Lucio Salman                     | Fecha | 22-12-2014 | Forma | 8.783.946-K          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                             |       |            |       | Escala 1:100 Fto: A1 |

## 8. CONCLUSIONES

Todo el equipamiento tanto de los cargos de cubierta, como de los sistemas auxiliares principales fue calculado y obtenido en base a distintas reglamentaciones requeridas para cada caso, siendo estas la casa de clasificación noruega Det Norske Veritas, reglamento TM-038 de la autoridad marítima chilena DIRECTEMAR y el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar.

En cada uno de los casos se cumple con la reglamentación mínima establecida y con las necesidades requeridas para cada tipo de sistema, habiendo fundamentado así cada cálculo realizado.

## 9. REFERENCIAS

[1] Rules for Classification of Ships, DET NORSKE VERITAS AS, January 2014

*Part 3, Chapter 3, Section 3: Anchoring and Mooring Equipment*

*Part 4, Chapter 6, Section 4: Machinery and Systems – Piping Systems*

*Part 6, Chapter 4, Section 2: Special Equipment and Systems*

*Part 6, Chapter 4, Section 3: Additional Fire Protection (F-AMC)*

[2] Reglamento para el Equipamiento de los Cargos de Cubierta de las Naves y Artefactos Navales Nacionales

*Reglamento TM-038 (2001)*

*Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante*

[3] Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974, y su Protocolo de 1988

*SOLAS, edición refundida, 2002*

*Capítulo II-2 (Construcción – Prevención, detección y extinción de incendios)*

*Capítulo III (Dispositivos y medios de salvamento)*

[4] HI-SEA Marine

*Marine Mooring Equipment*

*Marine Deck Equipment*

*Marine Crane*

[www.chinahisea.com](http://www.chinahisea.com)

[5] Hydraulic Steering & Accesories

*KOBELT*

*British Columbia, Canada V3W OA6*

[www.kobelt.com](http://www.kobelt.com)





UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 13

“Definición de la Planta Eléctrica”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                      |          |
|----------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                          | <b>4</b> |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                                     | <b>4</b> |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                                 | <b>4</b> |
| <b>4. Definición de la Planta Eléctrica.....</b>                     | <b>5</b> |
| 4.1 Definiciones básicas del proyecto .....                          | 5        |
| 4.2 Circuito eléctrico .....                                         | 6        |
| 4.2.1 Principales características de la nave.....                    | 6        |
| 4.2.2 Motores principales y auxiliares .....                         | 6        |
| 4.2.3 Principales equipos a alimentar.....                           | 6        |
| 4.3 Dimensionamiento eléctrico .....                                 | 7        |
| 4.3.1 Dimensionamiento eléctrico para corriente de 12 [volts] .....  | 7        |
| 4.3.2 Dimensionamiento eléctrico para corriente de 24 [volts] .....  | 8        |
| 4.3.2.1 Circuito de alumbrado en TDA “A” .....                       | 8        |
| 4.3.2.2 Circuito de alumbrado en TDA “B” .....                       | 9        |
| 4.3.3 Dimensionamiento eléctrico para corriente de 220 [volts] ..... | 10       |
| 4.3.3.1 Circuito de alumbrado en TDA “A” .....                       | 10       |
| 4.3.3.2 Circuito de alumbrado en TDA “B” .....                       | 11       |
| 4.3.3.3 Circuito de fuerzas en TDF.....                              | 12       |
| 4.4 Protecciones eléctricas.....                                     | 12       |
| 4.4.1 Circuito C1 (TDC).....                                         | 13       |
| 4.4.2 Circuito C2 (TDC).....                                         | 13       |
| 4.4.3 Circuito C3 (TDC).....                                         | 13       |
| 4.4.4 Circuito C4 (TDC).....                                         | 13       |
| 4.4.5 Circuito C5 (TDC).....                                         | 13       |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.6 Circuito A1 (TDA "A") .....                          | 14 |
| 4.4.7 Circuito A2 (TDA "A") .....                          | 14 |
| 4.4.8 Circuito A3 (TDA "A") .....                          | 14 |
| 4.4.9 Circuito A4 (TDA "A") .....                          | 14 |
| 4.4.10 Circuito A5 (TDA "A") .....                         | 14 |
| 4.4.11 Circuito A6 (TDA "A") .....                         | 15 |
| 4.4.12 Circuito B1 (TDA "B") .....                         | 15 |
| 4.4.13 Circuito B2 (TDA "B") .....                         | 15 |
| 4.4.14 Circuito B3 (TDA "B") .....                         | 15 |
| 4.4.15 Circuito B4 (TDA "B") .....                         | 15 |
| 4.4.16 Circuito F1 – F2 (TDF).....                         | 16 |
| 4.4.17 Circuito F3 – F4 – F5 – F6 (TDF).....               | 16 |
| 4.5 Dimensión AWG de cada conductor.....                   | 16 |
| 4.6 Diagramas unilineales.....                             | 18 |
| 4.6.1 Tablero de alumbrado TDA "A".....                    | 18 |
| 4.6.2 Tablero de alumbrado TDA "B".....                    | 18 |
| 4.6.3 Tablero de alumbrado TDC .....                       | 19 |
| 4.6.4 Tablero de alumbrado TDF.....                        | 19 |
| PLANO DE DISPOSICIÓN DE ENCHUFES.....                      | 20 |
| PLANO DE DISPOSICIÓN DE INST. DE NAV. & EQ. DE FUERZA..... | 21 |
| PLANO DE DISPOSICIÓN DE ALUMBRADO.....                     | 22 |
| PLANO UNILINEAL ELÉCTRICO .....                            | 23 |
| 5. Conclusiones.....                                       | 24 |
| 6. Referencias .....                                       | 24 |

# 1. INTRODUCCIÓN

Este cuaderno presenta la memoria de cálculo realizada para encontrar el dimensionamiento de los conductores y protecciones eléctricas que requerirá la embarcación en función de las necesidades de consumo.

La barcaza contará con un sistema generador de corriente alterna de 220 [volts] principalmente para los equipos de carga y enchufes. Además de ello contará con dos sistemas generadores de corriente continua de 12 y 24 [volts] para alimentar los circuitos de alumbrado e instrumento de navegación.

Cada una de las secciones nominales para cada conductor de un determinado circuito se obtuvo bajo la norma chilena 4/2003 (4/84) referida a instalaciones eléctricas de baja tensión.

Finalmente se pretende encontrar la potencia requerida por cada sistema generador de energía eléctrica, teniendo como base que la potencia necesaria de cada sistema, ya sea de 12, 24 o 220 [volts] será igual a la potencia de los consumos.

# 2. OBJETIVO GENERAL

Determinar la potencia requerida de cada sistema generador de energía eléctrica, con el fin de que la nave pueda satisfacer sus demandas operacionales y de consumo.

# 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Encontrar la sección nominal de cada conductor, respecto a un determinado circuito.
- Demostrar que cada circuito eléctrico funcionará, verificando que la potencia de pérdida en cada uno de ellos, sea mayor al 3% exigido reglamentariamente.
- Determinar las protecciones eléctricas requeridas por cada circuito en función de la intensidad de corriente que pasa por ellos.
- Representar la planta eléctrica mediante sus respectivos planos eléctricos.
- Encontrar la potencia necesaria de cada sistema generador, como función de la potencia de los consumos.

## 4. DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

Las reglamentaciones nacionales de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, referidas a proyectos eléctricos son las siguientes:

- Norma NCh 13. Of. 65
- Norma NCh ELEC. 2/84
- Norma NCh ELEC. 4/84

Normas encargadas de fijar la presentación de planos y documentos referidos a electricidad, elaboración y presentación de proyectos, como a las instalaciones interiores de baja tensión.

Para trabajar en el proyecto eléctrico de la barcaza se necesitan:

- Plano de arreglo general (principalmente vistas de planta de las distintas cubiertas)
- Requerimientos y necesidades eléctricas (a especificar en la memoria de cálculo)

### 4.1 DEFINICIONES BÁSICAS DEL PROYECTO

El sistema eléctrico mínimo en una embarcación está compuesto por un sistema generador, el cual puede ser de corriente continua (12 o 24 volts) o de corriente alterna (220 volts). En nuestro caso se contará con sistemas de 12 y 24 [volts] y con un generador de 220 [volts].

El sistema generador busca poder alimentar todos los requerimientos de la nave, entre estos tenemos los siguientes equipos y sistemas:

- Alumbrado
- Equipos motrices
- Equipos de fuerza
- Equipos de comunicación (radios VHF, HF, etc.)
- Equipos de ayuda a la navegación (radares, AIS, GPS, etc.)
- Sistemas de alarmas (inundación e incendios)

Además de ello, se debe poder alimentar a todos los equipos accesorios:

- Sistema de TV-DVD
- Termo (eléctrico)
- Refrigerador
- Extractores
- Procesador sanitario
- Sistemas desempañante
- Limpia parabrisas
- Sistemas de vista clara
- Sistema amplificador de voz

Dentro de las divisiones de voltaje se utilizará un sistema generador de 220 [volts] correspondiente a un equipo de baja tensión ( $V_{fn}$ ), debido a que estos son destinados a aplicaciones directas.

Los materiales encargados de transportar el flujo de corriente eléctrica serán conductores (los cuales presentan una impedancia finita u oposición al paso de la corriente acotada entre 0 y  $< \infty$ ) de cobre por su bajo costo, excelente conductividad, gran resistencia mecánica y a la corrosión.

Los conductores serán del tipo cable, es decir, formados por varias hebras o alambres retorcidos entre sí las cuales le permiten una gran flexibilidad a diferencia de los tipo alambre.

## 4.2 CIRCUITO ELÉCTRICO

Los principales componentes de un circuito eléctrico son la fuente de voltaje (elemento activo), el medio conductor (el cual, siempre será un camino cerrado) y la carga (elemento pasivo). De los distintos tipos de conexiones (en serie, en paralelo y mixtas), las embarcaciones utilizan generalmente conexiones en paralelo, ello debido a su mayor eficiencia, la cual permite aprovechar un voltaje constante.

A continuación se calculará la corriente eléctrica necesaria para cada tipo de instalación (enchufes, alumbrado, equipos de telecomunicaciones y cargas de fuerza), de las cuales se podrá determinar el conductor y la protección eléctrica, y junto con ello poder calcular la potencia eléctrica que deberá generar el alternador (producto del voltaje por las intensidades de la corriente).

### 4.2.1 Principales características de la nave:

- Eslora máxima = 39 [m]
- Manga máxima = 11,2 [m]
- Puntal = 4,0 [m]

### 4.2.2 Motores principales y auxiliares:

- 2 motores Cat Marine C18 ACERT, BHP = 533 kW a 2100 rpm, reductor 5:1
- 1 Generador de corriente continua de 24 [volts]
- 1 Generador de corriente continua de 12 [volts]
- 1 Generador de corriente alterna de 220 [volts]

### 4.2.3 Principales equipos a alimentar:

- |                                                                                      |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| ▪ 2 bombas multipropósito para achique, lastre e incendio de 100 [m <sup>3</sup> /h] | ▪ 1 radar de 100 [Watts]    |
| ▪ 2 winches cable stante para sistema de fondeo de 45 [kW]                           | ▪ 1 radio HF de 100 [Watts] |
| ▪ 2 winches para operaciones de la rampa de 45 [kW]                                  | ▪ 1 radio VHF de 30 [Watts] |
|                                                                                      | ▪ 1 GPS de 1,5 [Watts]      |
|                                                                                      | ▪ 1 AIS de 50 [Watts]       |

## 4.3 DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO

Este se divide en función de las salidas de corriente, es decir, para 12, 24 y 220 [volts].

El reglamento eléctrico nacional dice que la sección de los conductores será tal que la caída de tensión provocada por la corriente máxima que circula por ellos, no debe exceder el 3%, es lo que comúnmente llamamos voltaje de pérdida ( $V_p$ ).

### 4.3.1 Dimensionamiento eléctrico para corriente de 12 [volts]:

De acuerdo a la reglamentación nacional, se obtiene que el voltaje de pérdida para corriente de 12 [volts] es de aproximadamente:

$$V_p = 12 * 3\% = 0,36 \text{ [volts]}$$

La corriente de 12 [volts] será utilizada para los siguientes equipos de comunicaciones TDC:

- Radio HF = 100 [Watts] en puente de gobierno (C1)
- Radio VHF = 30 [Watts] en puente de gobierno (C2)
- Radar = 100 [Watts] en puente de gobierno (C3)
- GPS = 1,5 [Watts] en puente de gobierno (C4)
- AIS = 50 [Watts] en puente de gobierno (C5)

Tales equipos suman en total una potencia de consumo de 281,5 [Watts], las cuales se detallan en el cuadro de carga de comunicaciones (TDC):

Para obtener el área o sección mínima del conductor a utilizar, hacemos uso de la siguiente expresión matemática:

$$V_p = \frac{2\rho L}{A} \times I$$

Donde:

- $\rho$  = Representa la resistividad del cobre igual a  $\frac{1}{56} \left[ \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right]$
- $L$  = Representa la distancia entre el generador y la carga (TDC) = 9,66 [m]  
(Para todas las distancias se consideró un 15% adicional, debido a los quiebres y zonas curvas de la instalación eléctrica).

La intensidad de la corriente puede ser obtenida mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{V} = 23,5 \text{ [A]}$$

Donde “P” representa la carga de los consumos y “V” el voltaje de la corriente en uso.



Finalmente el área de sección mínima de los conductores sería de aproximadamente:

$$A = \frac{2\rho L}{V_p} \times I = 22,52 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Por lo tanto, de acuerdo a la intensidad de corriente admisible para conductores aislados con secciones AWG (según tabla 8.7a de la NCh 4/84), el área nominal del conductor más próximo al valor calculado es de 26,67 [mm<sup>2</sup>].

Verificando si se cumple con el voltaje de pérdida mínimo establecido, se tiene que:

$$V_p = \frac{2\rho L}{A} \times I = 0,30 \text{ [volts]}$$

Es así que se cumple con la normativa:

$$0,30 \text{ [volts]} < 0,36 \text{ [volts]}$$

#### **4.3.2 Dimensionamiento eléctrico para corriente de 24 [volts]:**

De acuerdo a la reglamentación nacional, se obtiene que el voltaje de pérdida para corriente de 24 [volts] es de aproximadamente:

$$V_p = 24 * 3\% = 0,72 \text{ [volts]}$$

La corriente de 24 [volts] será utilizada para los tableros de carga de alumbrado TDA “A” y “B”, los cuales se presentan en los planos correspondientes al término de este cuaderno.

##### 4.3.2.1 Circuito de alumbrado en TDA “A”: Comprende circuitos A2, A3, A4, A5, y A6

Los circuitos descritos se distribuirán de la siguiente manera:

- 2 tubos fluorescentes de 40 [Watts] c/u en sala de máquinas (A2)
- 4 tubos fluorescentes de 40 [Watts] c/u en bodega de carga (A2)
- 1 ampolleta de 60 [Watts] en la cocina/comedor (A3)
- 1 ampolleta de 40 [Watts] en el baño (A4)
- 2 ampolleta de 40 [Watts] c/u en el pasillo (A4 y A5)
- 2 ampolleta de 40 [Watts] en camarote de primer piso (A5)
- 1 luz de tope de 40 [Watts] en el pulpito (A6)
- 1 luz busca boya de 40 [Watts] en el pulpito (A6)
- 1 halógeno de 40 [Watts] en el pulpito (A6)
- 1 luz verde de 40 [Watts] en el pulpito (A6)
- 1 luz roja de 40 [Watts] en el pulpito (A6)
- 1 luz blanca de 40 [Watts] en el pulpito (A6)
- 1 luz de estela de 40 [Watts] en el pulpito (A6)

Con un total de 780 [Watts].

Para una distancia entre el generador y la carga (TDA “A”) de 0,55 [m], se tiene que la intensidad de la corriente es de aproximadamente:

$$I = \frac{P}{V} = 32,5 [A]$$

Finalmente el área de sección mínima de los conductores sería de aproximadamente:

$$A = \frac{2\rho L}{V_p} \times I = 0,89 [mm^2]$$

Por lo tanto, según tabla 8.7a de la NCh 4/84 para conductores aislados con secciones AWG, el área nominal del conductor más próximo al valor calculado es de 1,31 [mm<sup>2</sup>].

Verificando si se cumple con el voltaje de pérdida mínimo establecido, se tiene que:

$$V_p = \frac{2\rho L}{A} \times I = 0,49 [volts]$$

Es así que se cumple con la normativa:

$$0,49 [volts] < 0,72 [volts]$$

#### 4.3.2.2 Circuito de alumbrado en TDA “B”: Comprende circuitos B3 y B4

Los circuitos descritos se distribuirán de la siguiente manera:

- 1 ampollita de 40 [Watts] en camarote del patron de nave mayor (B4)
- 2 ampollitas de 40 [Watts] c/u en puente de gobierno y zona exterior (B3)

Con un total de 120 [Watts].

Para una distancia entre el generador y la carga (TDA “B”) de 4,30 [m], se tiene que la intensidad de la corriente es de aproximadamente:

$$I = \frac{P}{V} = 5,0 [A]$$

Finalmente el área de sección mínima de los conductores sería de aproximadamente:

$$A = \frac{2\rho L}{V_p} \times I = 1,07 [mm^2]$$

Por lo tanto, según tabla 8.7a de la NCh 4/84 para conductores aislados con secciones AWG, el área nominal del conductor más próximo al valor calculado es de 1,31 [mm<sup>2</sup>].

Verificando si se cumple con el voltaje de pérdida mínimo establecido, se tiene que:

$$V_p = \frac{2\rho L}{A} \times I = 0,59 \text{ [volts]}$$

Es así que se cumple con la normativa:

$$0,59 \text{ [volts]} < 0,72 \text{ [volts]}$$

#### 4.3.3 Dimensionamiento eléctrico para corriente de 220 [volts]:

De acuerdo a la reglamentación nacional, se obtiene que el voltaje de pérdida para corriente de 220 [volts] es de aproximadamente:

$$V_p = 220 * 3\% = 6,60 \text{ [volts]}$$

La corriente de 220 [volts] será utilizada para los tableros de carga de alumbrado TDA “A” y “B” y para el tablero de cargas de fuerzas TDF, los cuales se presentan en los planos correspondientes al término de este cuaderno.

##### 4.3.3.1 Circuito de alumbrado en TDA “A”: Comprende circuito A1

Este circuito corresponde a la disposición de enchufes en sala de máquinas y bodega de carga:

- 2 enchufes para 350 [Watts] c/u en sala de máquinas (A1)
- 1 enchufe para 150 [Watts] en sala de máquinas (A1)
- 4 enchufes para 150 [Watts] en bodega de carga (A1)

Con un total de 1450 [Watts].

Para una distancia entre el generador y la carga (TDA “A”) de 0,55 [m], se tiene que la intensidad de la corriente es de aproximadamente:

$$I = \frac{P}{V} = 6,59 \text{ [A]}$$

Finalmente el área de sección mínima de los conductores sería de aproximadamente:

$$A = \frac{2\rho L}{V_p} \times I = 0,02 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Por lo tanto, según tabla 8.7a de la NCh 4/84 para conductores aislados con secciones AWG, el área nominal del conductor más próximo al valor calculado es de 0,32 [mm<sup>2</sup>].

Verificando si se cumple con el voltaje de pérdida mínimo establecido, se tiene que:

$$V_p = \frac{2\rho L}{A} \times I = 0,40 \text{ [volts]}$$

Es así que se cumple con la normativa:

$$0,40 \text{ [volts]} < 6,60 \text{ [volts]}$$

#### 4.3.3.2 Circuito de alumbrado en TDA “B”: Comprende circuito B1 y B2

Este circuito corresponde a la disposición de enchufes en habitabilidad del primer y segundo piso:

- 2 enchufes para 350 [Watts] c/u en cocina/comedor (B1)
- 1 enchufe para 150 [Watts] en cocina/comedor (B1)
- 1 enchufe para 150 [Watts] en el baño (B1)
- 3 enchufes para 150 [Watts] c/u en el camarote del primer piso (B1)
- 2 enchufes para 150 [Watts] c/u en el puente de gobierno (B2)
- 1 enchufe para 350 [Watts] en el camarote del segundo piso (B2)

Con un total de 2100 [Watts].

Para una distancia entre el generador y la carga (TDA “A”) de 4,30 [m], se tiene que la intensidad de la corriente es de aproximadamente:

$$I = \frac{P}{V} = 9,55 \text{ [A]}$$

Finalmente el área de sección mínima de los conductores sería de aproximadamente:

$$A = \frac{2\rho L}{V_p} \times I = 0,22 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Por lo tanto, según tabla 8.7a de la NCh 4/84 para conductores aislados con secciones AWG, el área nominal del conductor más próximo al valor calculado es de 0,32 [mm<sup>2</sup>].

Verificando si se cumple con el voltaje de pérdida mínimo establecido, se tiene que:

$$V_p = \frac{2\rho L}{A} \times I = 4,58 \text{ [volts]}$$

Es así que se cumple con la normativa:

$$4,58 \text{ [volts]} < 6,60 \text{ [volts]}$$

#### 4.3.3.3 Circuito de fuerzas en TDF: Comprende circuito F1, F2, F3, F4, F5 y F6

Este circuito corresponde a las bombas multipropósito y winches cabrestante de sistema de fondeo y operación de la rampa de carga:

- 2 winches cabrestante (para anclas) de 45 [kW] c/u en cubierta principal (F2 y F3)
- 2 winches (para rampa) de 45 [kW] c/u en cubierta principal (F1 y F4)
- 2 bombas multipropósito de 1,465 [kW] c/u en sala de máquinas (F5 y F6)

Con un total de 182930 [Watts].

Para una distancia entre el generador y la carga (TDF) de 2,70 [m], se tiene que la intensidad de la corriente es de aproximadamente:

$$I = \frac{P}{V} = 831,5 [A]$$

Finalmente el área de sección mínima de los conductores sería de aproximadamente:

$$A = \frac{2\rho L}{V_p} \times I = 12,15 [mm^2]$$

Por lo tanto, según tabla 8.7a de la NCh 4/84 para conductores aislados con secciones AWG, el área nominal del conductor más próximo al valor calculado es de 13,3 [mm<sup>2</sup>].

Verificando si se cumple con el voltaje de pérdida mínimo establecido, se tiene que:

$$V_p = \frac{2\rho L}{A} \times I = 6,03 [volts]$$

Es así que se cumple con la normativa:

$$6,03 [volts] < 6,60 [volts]$$

## 4.4 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

A continuación se elegirán cada una de las protecciones termo magnéticas para cada tipo circuito, en función de la intensidad de corriente que pase por cada uno de ellos.

En embarcaciones siempre debe ir protección termo magnética.

La protección diferencial comúnmente queda a criterio del ingeniero a cargo del proyecto eléctrico y su correspondiente instalación, ya que la consideran poco práctica en naves pequeñas y medianas, no así en grandes transatlánticos donde los espacios están bastante más protegidos contra la humedad.

**4.4.1 Circuito C1 (TDC)**

Para la radio HF de 100 [Watts] de potencia ubicada en el puente de gobierno, se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{100}{12} = 8,33 \text{ [A]}$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x10 [A].

**4.4.2 Circuito C2 (TDC)**

Para la radio VHF de 30 [Watts] de potencia ubicada en el puente de gobierno, se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{30}{12} = 2,5 \text{ [A]}$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x6 [A].

**4.4.3 Circuito C3 (TDC)**

Para el radar de 100 [Watts] de potencia ubicado en el puente de gobierno, se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{100}{12} = 8,33 \text{ [A]}$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x10 [A].

**4.4.4 Circuito C4 (TDC)**

Para el GPS de 1,5 [Watts] de potencia ubicado en el puente de gobierno, se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{1,5}{12} = 0,125 \text{ [A]}$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x2 [A].

**4.4.5 Circuito C5 (TDC)**

Para el AIS de 50 [Watts] de potencia ubicado en el puente de gobierno, se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{50}{12} = 4,17 \text{ [A]}$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x6 [A].

**4.4.6 Circuito A1 (TDA “A”)**

Circuito de enchufes en sala de máquinas y bodega de carga, con una potencia total de 1450 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{1450}{220} = 6,59 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x10 [A].

**4.4.7 Circuito A2 (TDA “A”)**

Para todos los tubos fluorescentes con 240 [Watts] de potencias total ubicados en sala de máquinas y bodega de carga, se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{240}{24} = 10 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x10 [A].

**4.4.8 Circuito A3 (TDA “A”)**

Circuito que lleva iluminación a la zona de cocina/comedor con un total de 60 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{60}{24} = 2,5 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x6 [A].

**4.4.9 Circuito A4 (TDA “A”)**

Circuito que lleva iluminación a las zonas del baño y pasillo de habitabilidad del primer piso, con un total de 80 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{80}{24} = 3,33 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x6 [A].

**4.4.10 Circuito A5 (TDA “A”)**

Circuito que lleva iluminación al camarote de tripulación y pasillo, con un total de 120 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{120}{24} = 5 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x10 [A].



**4.4.11 Circuito A6 (TDA “A”)**

Este circuito comprende a todas las luces de navegación, ubicadas en el mástil. Con un total de 280 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{280}{24} = 11,67 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x16 [A].

**4.4.12 Circuito B1 (TDA “B”)**

Circuito de enchufes de toda la habitabilidad del primer piso, con un total de 1450 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{1450}{220} = 6,59 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x10 [A].

**4.4.13 Circuito B2 (TDA “B”)**

Circuito de enchufes de habitabilidad del segundo piso, con un total de potencia de 650 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{650}{220} = 2,95 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x6 [A].

**4.4.14 Circuito B3 (TDA “B”)**

Circuito que ilumina el puente de gobierno y su zona exterior, con una potencia total de 80 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{80}{24} = 3,33 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x6 [A].

**4.4.15 Circuito B4 (TDA “B”)**

Circuito que ilumina el camarote del patrón de la nave, ubicado en el puente de gobierno con una potencia total de 40 [Watts], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{40}{24} = 1,67 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x6 [A].

**4.4.16 Circuito F1 – F2 (TDF)**

Circuito de bombas multipropósito (2) de igual potencia 1,465 [kW], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{1465}{220} = 6,65 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x10 [A].

**4.4.17 Circuito F3 – F4 – F5 – F6 (TDF)**

Circuito de winches cabrestante para anclas y rampa de carga (4) de igual potencia 45 [kW], se tiene que:

$$I = \frac{P}{V}, \text{ entonces: } I = \frac{45000}{220} = 205 [A]$$

Por lo tanto, se utilizará protección termo magnética 1x210 [A].

**4.5 DIMENSIÓN AWG DE CADA CONDUCTOR**

Como cada conductor componente de un determinado circuito tiene una longitud cableada distinta, el valor de las secciones nominales AWG de cada uno de ellos también lo será. La ecuación que rige el valor de cada conductor es la siguiente:

$$A = \frac{2\rho L}{V_p} \times I$$

Para determinar cada una de las secciones nominales se deben tener en cuenta las siguientes exigencias de la norma chilena de electricidad.

- De acuerdo a la NCh 4/84 sobre instalaciones interiores de baja tensión:

La sección mínima para circuitos de alumbrado deberá ser de 2,08 [mm<sup>2</sup>] en el caso de secciones AWG, es por ello que las secciones inferiores a tal valor para los tableros TDA “A” y TDA “B”, según corresponda se cambiará el diámetro nominal por el establecido por la reglamentación nacional.

- De acuerdo a la NCh 4/84 sobre instalaciones interiores de baja tensión:

La sección mínima para líneas de distribución de fuerza deberá ser de 3,31 [mm<sup>2</sup>] en el caso de secciones AWG, es por ello que las secciones inferiores a tal valor para el tablero TDF se cambiará el diámetro nominal por el establecido por la reglamentación nacional.

Por lo tanto, la sección de cada conductor queda determinada según la siguiente tabla de trabajo:

| Circuito | Intensidad de corriente [A] | Cable más largo del circuito [m] | Área real [mm <sup>2</sup> ] | Área nominal (AWG) [mm <sup>2</sup> ] | Voltaje de pérdida [volts] |
|----------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| A1       | 6,59                        | 7,16                             | 0,26                         | 2,08                                  | 0,81                       |
| A2       | 10                          | 13,13                            | 6,51                         | 8,37                                  | 0,56                       |
| A3       | 2,5                         | 5,33                             | 0,66                         | 2,08                                  | 0,23                       |
| A4       | 3,33                        | 1,93                             | 0,32                         | 2,08                                  | 0,11                       |
| A5       | 5                           | 4,20                             | 1,04                         | 2,08                                  | 0,36                       |
| A6       | 11,67                       | 4,03                             | 2,33                         | 3,31                                  | 0,51                       |
| B1       | 6,59                        | 7,45                             | 0,27                         | 2,08                                  | 0,84                       |
| B2       | 2,95                        | 6,36                             | 0,10                         | 2,08                                  | 0,32                       |
| B3       | 3,33                        | 5,91                             | 0,98                         | 2,08                                  | 0,34                       |
| B4       | 1,67                        | 2,80                             | 0,23                         | 2,08                                  | 0,08                       |
| C1       | 8,33                        | 1,60                             | 1,32                         | 2,08                                  | 0,23                       |
| C2       | 2,5                         | 1,16                             | 0,29                         | 0,32                                  | 0,32                       |
| C3       | 8,33                        | 4,06                             | 3,35                         | 3,31                                  | 0,36                       |
| C4       | 0,125                       | 3,24                             | 0,04                         | 0,32                                  | 0,05                       |
| C5       | 4,17                        | 2,32                             | 0,96                         | 1,31                                  | 0,26                       |
| F1       | 6,65                        | 4,26                             | 0,15                         | 3,31                                  | 0,31                       |
| F2       | 6,65                        | 1,67                             | 0,06                         | 3,31                                  | 0,12                       |
| F3       | 205                         | 1,67                             | 1,85                         | 3,31                                  | 3,69                       |
| F4       | 205                         | 4,26                             | 4,72                         | 5,26                                  | 5,93                       |
| F5       | 205                         | 4,48                             | 4,97                         | 5,26                                  | 6,23                       |
| F6       | 205                         | 2,11                             | 2,34                         | 3,31                                  | 4,66                       |

Fig.1: Dimensionamiento de cada conductor de los circuitos

## 4.6 DIAGRAMAS UNILINEALES

### 4.6.1 Tablero de alumbrado TDA "A":

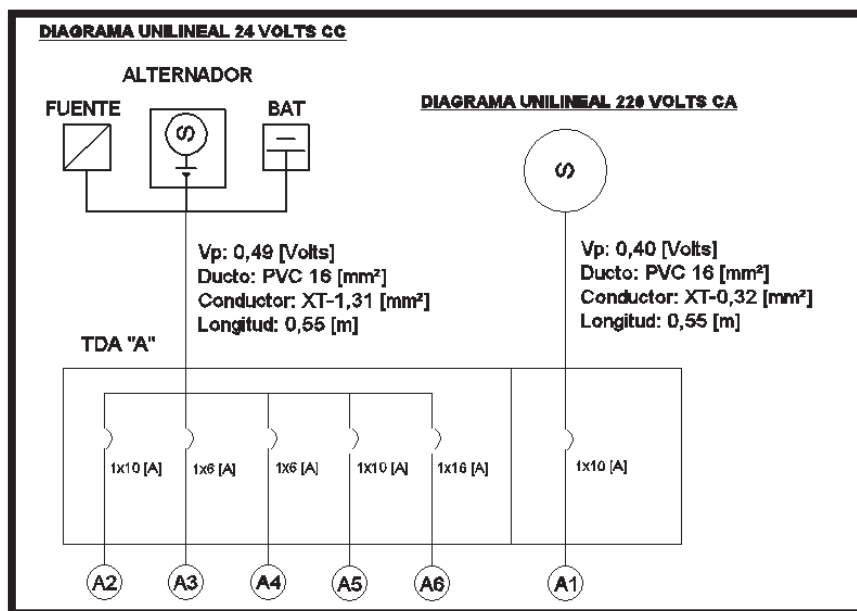


Fig.2: Tablero de alumbrado TDA "A"

### 4.6.2 Tablero de alumbrado TDA "B":

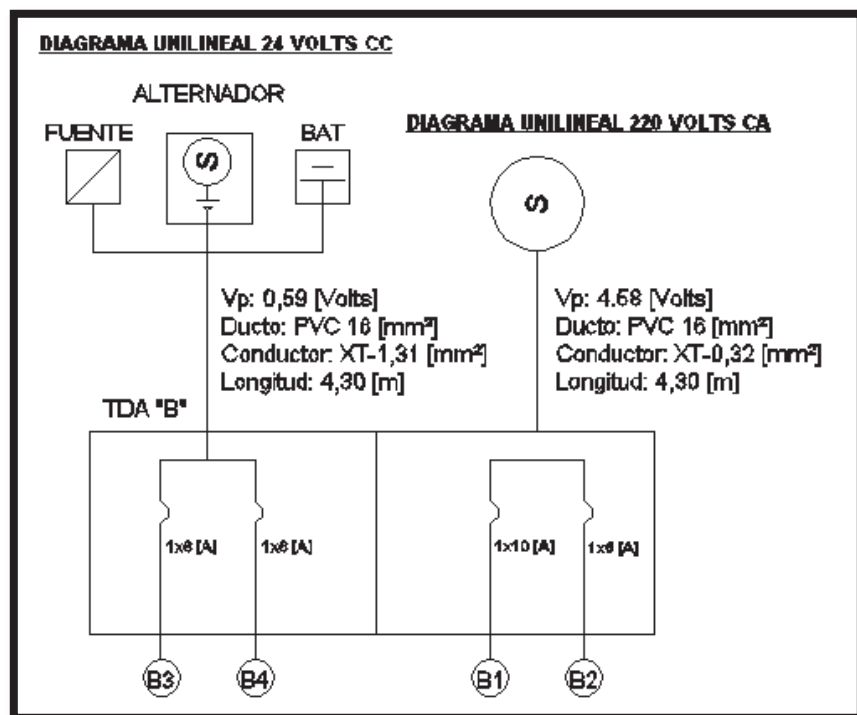


Fig.3: Tablero de alumbrado TDA "B"

#### 4.6.3 Tablero de comunicaciones TDC:

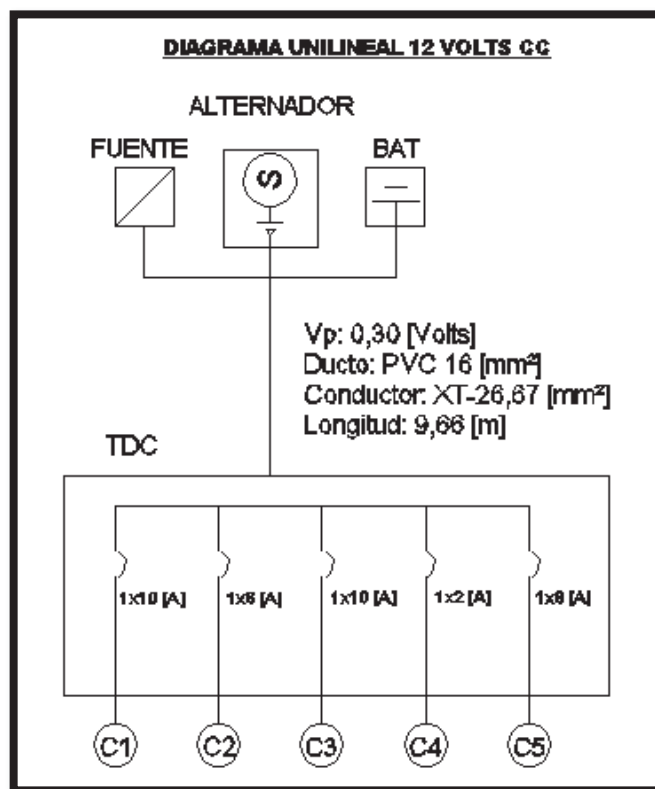


Fig.4: Tablero de comunicaciones TDC

#### 4.6.4 Tablero de fuerza TDF:

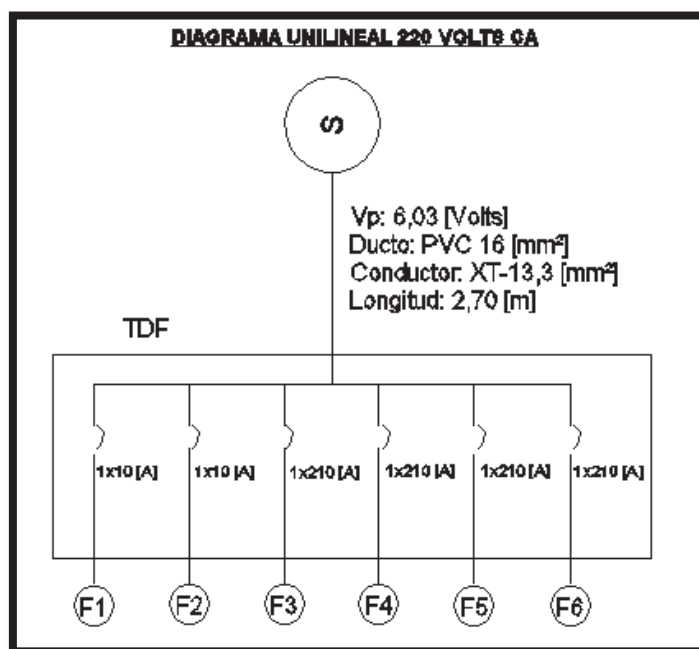
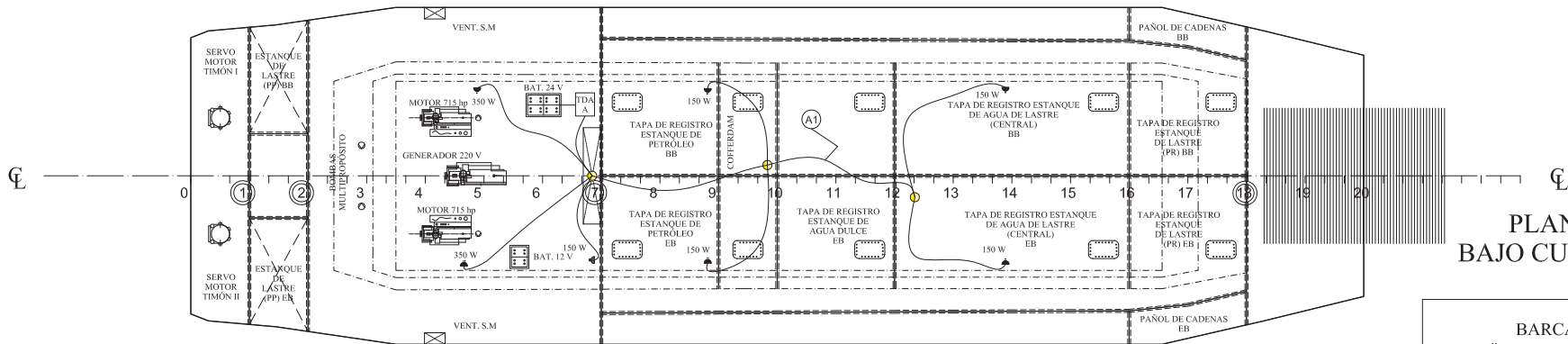
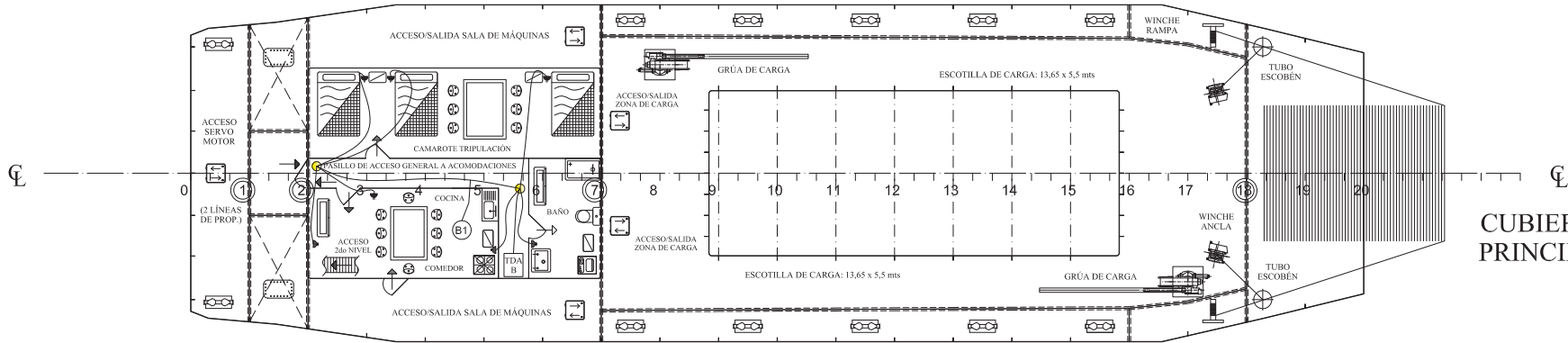
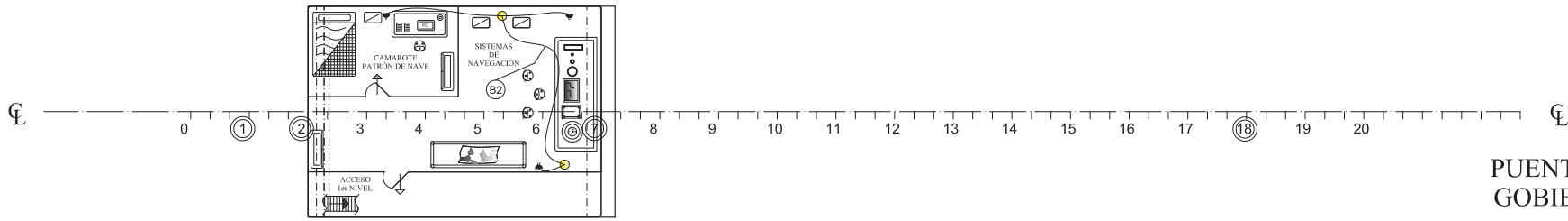


Fig.5: Tablero de fuerzas TDF



### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

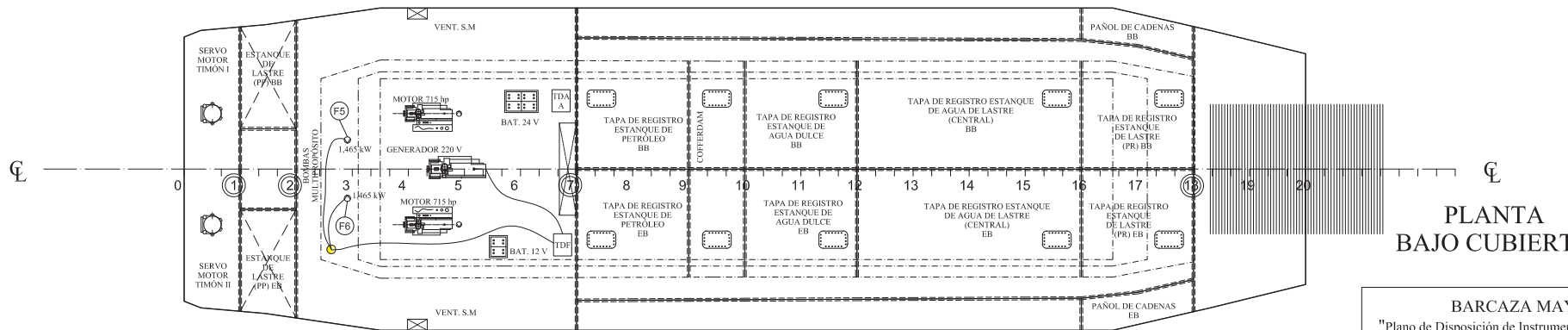
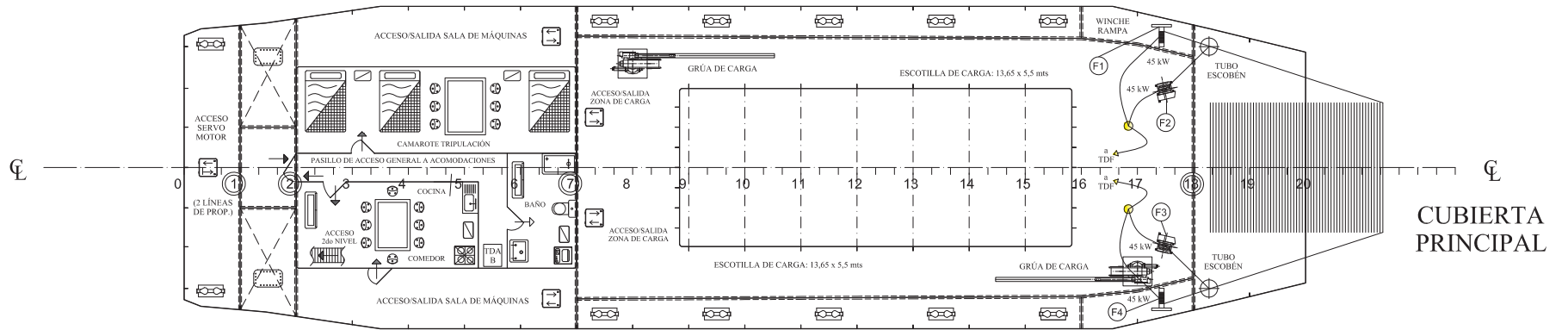
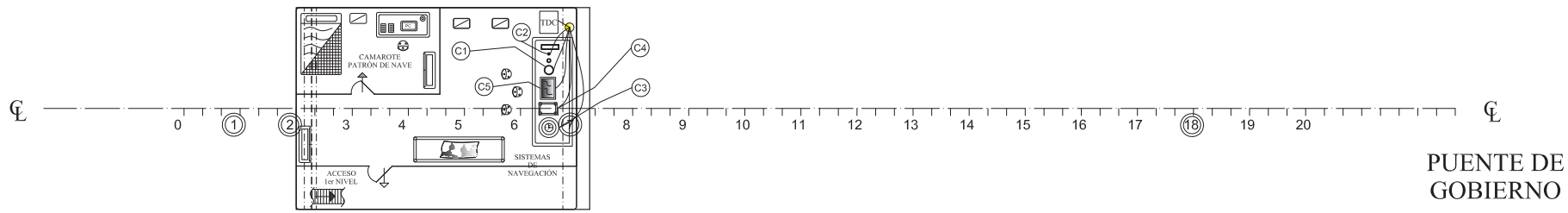
PUENTE DE GOBIERNO

CUBIERTA PRINCIPAL

PLANTA BAJO CUBIERTA

### BARCAZA MAYOR "Plano de Disposición de Enchufes"

|                        |                                                               |                   |
|------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|
| NOMBRE EMB: ICNA299    | LAMINA: 1                                                     | DE: 4             |
| MATRICULA: VALDIVIA    | ESCALA: 1:100                                                 | FECHA: 22/12/2014 |
| ACEPTACIÓN PROPIETARIO | FORMATO: A2                                                   |                   |
| FIRMA<br>R.U.T.        | INSTALADOR                                                    |                   |
|                        | FIRMA<br>LICENCIA O TÍTULO<br>DOMICILIO COMERCIAL<br>TELÉFONO |                   |

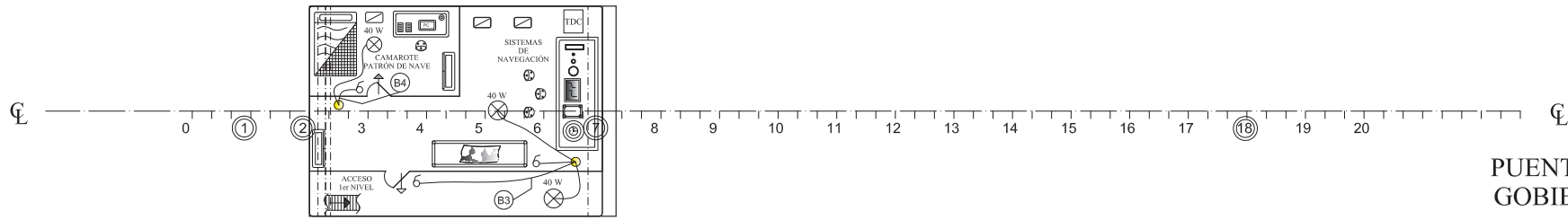


### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

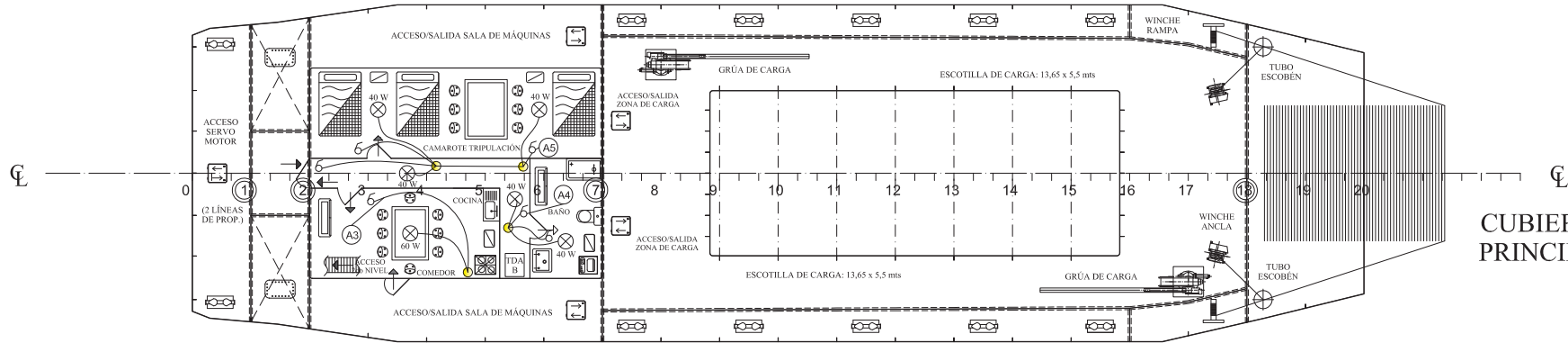
|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

| BARCAZA MAYOR                                                             |               |                                         |  |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------|--|
| "Plano de Disposición de Instrumentos de Navegación y Equipos de Fuerzas" |               |                                         |  |
| NOMBRE EMB: ICNA299                                                       | LAMINA: 2     | DE: 4                                   |  |
| MATRICULA: VALDIVIA                                                       | ESCALA: 1:100 | FECHA: 22/12/2014                       |  |
| ACEPTACIÓN PROPIETARIO                                                    |               | FORMATO: A2                             |  |
| FIRMA                                                                     |               | FIRMA                                   |  |
| R.U.T.                                                                    |               | LICENCIA O TÍTULO O DOMICILIO COMERCIAL |  |
|                                                                           |               | TELÉFONO                                |  |

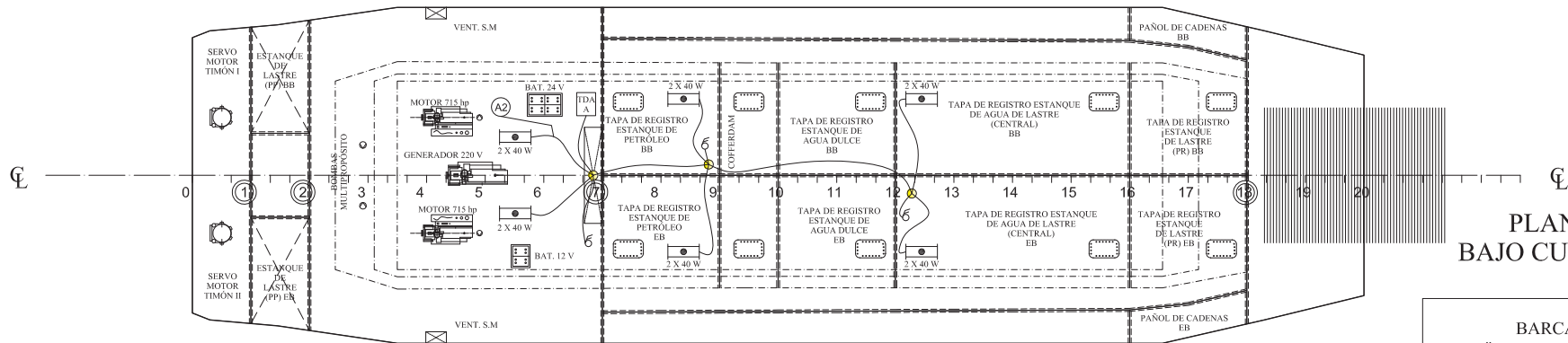




PUENTE DE GOBIERNO



CUBIERTA PRINCIPAL



PLANTA BAJO CUBIERTA

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

#### A6 LUCES DE NAVEGACIÓN:

1. Luz de tope 40 w
2. Busca boyas 40 w
3. Halógeno 40 w
4. Luz verde 40 w
5. Luz roja 40 w
6. Luz blanca 40 w
7. Estela 40 w

### BARCAZA MAYOR "Plano de Disposición de Alumbrado"

|                        |                                                  |                   |
|------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|
| NOMBRE EMB: ICNA299    | LAMINA: 3                                        | DE: 4             |
| MATRICULA: VALDIVIA    | ESCALA: 1:100                                    | FECHA: 22/12/2014 |
| ACEPTACIÓN PROPIETARIO | FORMATO: A2                                      |                   |
|                        | INSTALADOR                                       |                   |
| FIRMA                  | FIRMA                                            |                   |
| R.U.T.                 | LICENCIA O TÍTULO O DOMICILIO COMERCIAL TELÉFONO |                   |

DIAGRAMA UNILINEAL 24 VOLTS CC

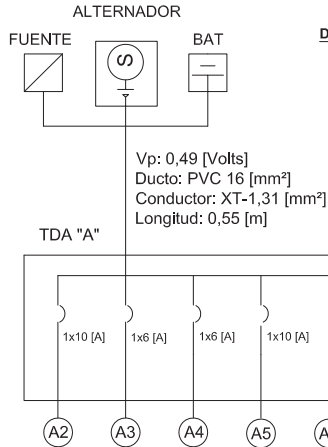


DIAGRAMA UNILINEAL 220 VOLTS CA

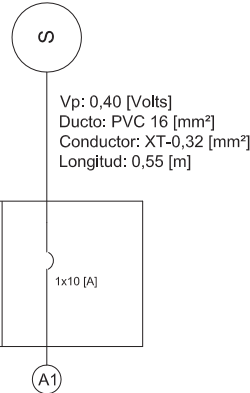


DIAGRAMA UNILINEAL 12 VOLTS CC

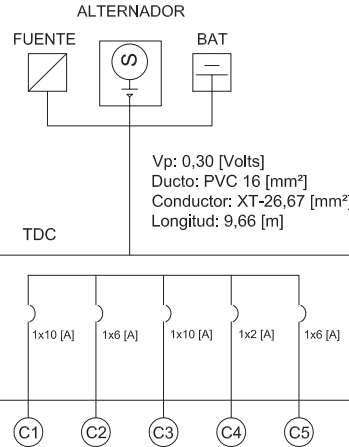


DIAGRAMA UNILINEAL 24 VOLTS CC

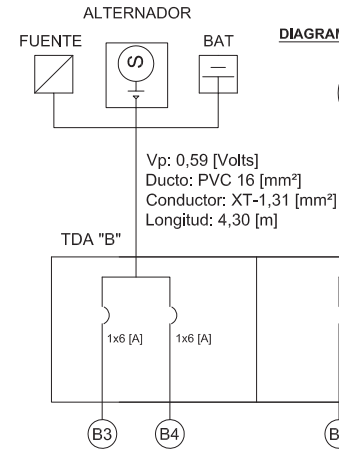
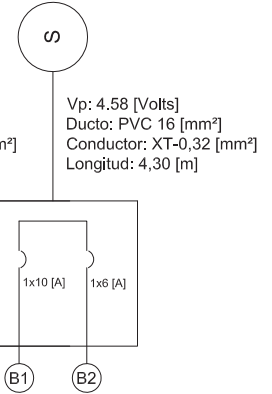


DIAGRAMA UNILINEAL 220 VOLTS CA



| CUADRO DE CARGA DE ALUMBRADO |             |           |     |      |                  |       |          |      |       |               |                  |              |          |                          |                     |
|------------------------------|-------------|-----------|-----|------|------------------|-------|----------|------|-------|---------------|------------------|--------------|----------|--------------------------|---------------------|
| TDA                          | CIRCUITO N° | AMPOLLETA |     |      | EQ. FLUORESCENTE |       | ENCHUFES |      | OTROS | TOTAL CENTROS | POTENCIA TOTAL W | PROTECCIONES |          | OBSERVACIONES/ UBICACIÓN |                     |
|                              |             | 40W       | 60W | 100W | 2X40W            | 3X40W | 150W     | 350W |       |               |                  | TMAG.        | DIFEREN. |                          | COND.mm²            |
| A                            | A1          |           |     |      |                  |       |          | 5    |       | 7             | 1450             | 1x10 [A]     | XT-2,08  | PVC 16 mm²               | SALA DE MAQUINAS    |
|                              | A2          |           |     |      | 6                |       |          |      |       | 6             | 240              | 1x10 [A]     | XT-8,37  | PVC 16 mm²               | BODEGA DE CARGA     |
|                              | A3          |           | 1   |      |                  |       |          |      |       | 1             | 60               | 1x6 [A]      | XT-2,08  | PVC 16 mm²               | SALA DE MAQUINAS    |
|                              | A4          | 2         |     |      |                  |       |          |      |       | 2             | 80               | 1x6 [A]      | XT-2,08  | PVC 16 mm²               | BODEGA DE CARGA     |
|                              | A5          | 3         |     |      |                  |       |          |      |       | 3             | 120              | 1x10 [A]     | XT-2,08  | PVC 16 mm²               | HABITADULO          |
|                              | A6          | 7         |     |      |                  |       |          |      |       | 7             | 280              | 1x16 [A]     | XT-3,31  | PVC 16 mm²               | CAMAROTE            |
| TOTAL                        |             | 12        | 1   |      | 6                |       | 5        | 2    |       | 26            | 2230             |              |          |                          | LUCES DE NAVEGACION |

| CUADRO DE CARGA DE ALUMBRADO |             |           |     |      |                  |       |          |      |       |               |                  |              |          |              |            |                          |
|------------------------------|-------------|-----------|-----|------|------------------|-------|----------|------|-------|---------------|------------------|--------------|----------|--------------|------------|--------------------------|
| TDA                          | CIRCUITO N° | AMPOLLETA |     |      | EQ. FLUORESCENTE |       | ENCHUFES |      | OTROS | TOTAL CENTROS | POTENCIA TOTAL W | PROTECCIONES |          | CANALIZACIÓN |            | OBSERVACIONES/ UBICACIÓN |
|                              |             | 40W       | 60W | 100W | 2X40W            | 3X40W | 150W     | 350W |       |               |                  | TMAG.        | DIFEREN. | COND.mm²     | Ø DUCT.    |                          |
| B                            | B1          |           |     |      |                  |       | 5        | 2    |       | 7             | 1450             | 1x10 [A]     |          | XT-2,08      | PVC 16 mm² | ENCHUFES HABITADULO      |
|                              | B2          |           |     |      |                  |       |          | 1    |       | 3             | 650              | 1x6 [A]      |          | XT-2,08      | PVC 16 mm² | PUNTER PISO              |
|                              | B3          | 2         |     |      |                  |       | 2        |      |       | 2             | 80               | 1x6 [A]      |          | XT-2,08      | PVC 16 mm² | ENCHUFES HABITADULO      |
|                              | B4          | 1         |     |      |                  |       |          |      |       | 1             | 40               | 1x6 [A]      |          | XT-2,08      | PVC 16 mm² | ALUMBRADO PUENTE         |
| TOTAL                        |             | 3         |     |      |                  |       | 7        | 3    |       | 13            | 2220             |              |          |              |            | ALUMBRADO CAMAROTE       |
|                              |             |           |     |      |                  |       |          |      |       |               |                  |              |          |              |            | SEGUNDO PISO             |

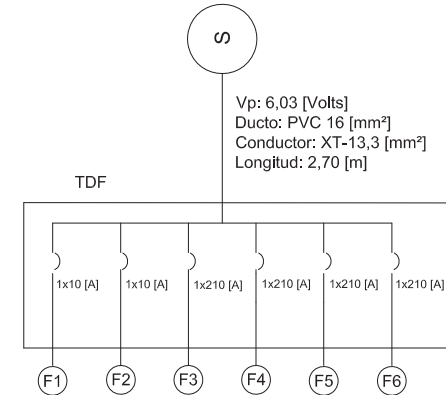
| CUADRO DE CARGA DE COMUNICACIONES |             |          |           |       |     |     |                |               |              |              |                          |            |                    |
|-----------------------------------|-------------|----------|-----------|-------|-----|-----|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|------------|--------------------|
| TDC                               | CIRCUITO N° | RADIO HF | RADIO VHF | RADAR | GPS | AIS | POTENCIA TOTAL | TOTAL CENTROS | PROTECCIONES | CANALIZACIÓN | OBSERVACIONES/ UBICACIÓN |            |                    |
|                                   |             |          |           |       |     |     |                |               | TMAG.        | DIFEREN.     | COND.mm²                 | Ø DUCT.    |                    |
| C                                 | C1          | 1        |           |       |     |     | 100            | 1             | 1x10 [A]     |              | XT-2,08                  | PVC 16 mm² | PUENTE DE GOBIERNO |
|                                   | C2          |          | 1         |       |     |     | 30             | 1             | 1x6 [A]      |              | XT-0,32                  | PVC 16 mm² | PUENTE DE GOBIERNO |
|                                   | C3          |          |           | 1     |     |     | 100            | 1             | 1x10 [A]     |              | XT-3,31                  | PVC 16 mm² | PUENTE DE GOBIERNO |
|                                   | C4          |          |           |       | 1   |     | 1,5            | 1             | 1x2 [A]      |              | XT-0,32                  | PVC 16 mm² | PUENTE DE GOBIERNO |
|                                   | C5          |          |           |       |     | 1   | 50             | 1             | 1x6 [A]      |              | XT-1,31                  | PVC 16 mm² | PUENTE DE GOBIERNO |
| TOTAL                             |             | 1        | 1         | 1     | 1   | 1   | 281,5          | 5             |              |              |                          |            |                    |

| CUADRO DE CARGA DE FUERZA |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                               |        |          |       |                |               |              |       |              |          |                          |                    |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|-------|----------------|---------------|--------------|-------|--------------|----------|--------------------------|--------------------|
| TDF                       | CIRCUITO N°                                                                                                                                                                   | MOTOR N°                                                                                                                                                      | BOMBAS | WINCHES. | OTROS | POTENCIA TOTAL | TOTAL CENTROS | PROTECCIONES |       | CANALIZACIÓN |          | OBSERVACIONES/ UBICACIÓN |                    |
|                           | F1                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                               | 1      |          |       | 1465W          | 1             | 1x10 [A]     | TMAG. | DIFEREN.     | COND.mm² | Ø DUCT.                  |                    |
| F                         | F2 <td><th>1</th><td></td><td></td><th>1465W</th><th>1</th><th>1x10 [A]</th><td></td><td></td><td>XT-3,31</td><td>PVC 16 mm²</td><td>SALA DE MAQUINAS</td></td>               | <th>1</th> <td></td> <td></td> <th>1465W</th> <th>1</th> <th>1x10 [A]</th> <td></td> <td></td> <td>XT-3,31</td> <td>PVC 16 mm²</td> <td>SALA DE MAQUINAS</td> | 1      |          |       | 1465W          | 1             | 1x10 [A]     |       |              | XT-3,31  | PVC 16 mm²               | SALA DE MAQUINAS   |
|                           | F3 <td></td> <td></td> <th>1</th> <td></td> <th>45000</th> <th>1</th> <th>1x210 [A]</th> <td></td> <td></td> <td>XT-3,31</td> <td>PVC 16 mm²</td> <td>SALA DE MAQUINAS</td>   |                                                                                                                                                               |        | 1        |       | 45000          | 1             | 1x210 [A]    |       |              | XT-3,31  | PVC 16 mm²               | SALA DE MAQUINAS   |
|                           | F4 <td></td> <td></td> <td></td> <th>1</th> <th>45000</th> <th>1</th> <th>1x210 [A]</th> <td></td> <td></td> <td>XT-5,26</td> <td>PVC 16 mm²</td> <td>CUBIERTA PRINCIPAL</td> |                                                                                                                                                               |        |          | 1     | 45000          | 1             | 1x210 [A]    |       |              | XT-5,26  | PVC 16 mm²               | CUBIERTA PRINCIPAL |
|                           | F5 <td></td> <td></td> <td></td> <th>1</th> <th>45000</th> <th>1</th> <th>1x210 [A]</th> <td></td> <td></td> <td>XT-5,26</td> <td>PVC 16 mm²</td> <td>CUBIERTA PRINCIPAL</td> |                                                                                                                                                               |        |          | 1     | 45000          | 1             | 1x210 [A]    |       |              | XT-5,26  | PVC 16 mm²               | CUBIERTA PRINCIPAL |
|                           | F6 <td></td> <td></td> <td></td> <th>1</th> <th>45000</th> <th>1</th> <th>1x210 [A]</th> <td></td> <td></td> <td>XT-3,31</td> <td>PVC 16 mm²</td> <td>CUBIERTA PRINCIPAL</td> |                                                                                                                                                               |        |          | 1     | 45000          | 1             | 1x210 [A]    |       |              | XT-3,31  | PVC 16 mm²               | CUBIERTA PRINCIPAL |
|                           | TOTAL                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                               |        | 2        | 4     | 182930         | 6             |              |       |              |          |                          |                    |

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

DIAGRAMA UNILINEAL 220 VOLTS CA



### BARCAZA MAYOR

"Plano Unilineal Eléctrico y Cuadros de Carga"

|                        |                   |                     |
|------------------------|-------------------|---------------------|
| NOMBRE EMB: ICNA299    | LAMINA: 4         | DE: 4               |
| MATRICULA: VALDIVIA    | ESCALA: 1:100     | FECHA: 22/12/2014   |
| ACEPTACIÓN PROPIETARIO | FORMATO: A2       |                     |
|                        | INSTALADOR        |                     |
| FIRMA                  | FIRMA             |                     |
| R.U.T.                 | LICENCIA O TÍTULO | DOMICILIO COMERCIAL |
|                        | TELÉFONO          |                     |

## 5. CONCLUSIONES

La potencia requerida por cada sistema generador será igual a la potencia de los consumos, de esta manera se concluye que:

Potencia requerida del sistema generador de 220 [volts]:

$$POT_{ALTERNADOR\ 220\ VOLTS} = V * I_{CONSUMOS} = 186,5 [kW]$$

Potencia requerida del sistema generador de 24 [volts]:

$$POT_{ALTERNADOR\ 24\ VOLTS} = V * I_{CONSUMOS} = 0,9 [kW]$$

Potencia requerida del sistema generador de 12 [volts]:

$$POT_{ALTERNADOR\ 12\ VOLTS} = V * I_{CONSUMOS} = 0,282 [kW]$$

## 6. REFERENCIAS

[1] Norma NCh Eléctrica 2/84

*Electricidad, elaboración y presentación de proyectos eléctricos*

*Superintendencia de electricidad y combustibles, S.E.C*

*Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción*

[2] Norma NCh Eléctrica 4/2003 (4/84)

*Instalaciones de consumo en baja tensión*

*Superintendencia de electricidad y combustibles, S.E.C*

*Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción*

[3] Tableros, conductores y canalizaciones

*Instituto nacional de capacitación profesional*

*Electricidad, electrónica y telecomunicaciones*

*Claudio González Cruz*

[4] Apuntes del curso “Electrotecnia Naval”

*Universidad Austral de Chile*

*ELEI221 Electrotecnia Naval, 2012*

*Mario Fox Osses*

[5] Software AutoCAD

*Autodesk, Inc.*

*Windows Version 2014*



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 14

## “Presupuesto”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

### Proyecto de Titulación:

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                               |          |
|---------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                   | <b>3</b> |
| <b>2. Objetivo General .....</b>                              | <b>3</b> |
| <b>3. Objetivos Específicos.....</b>                          | <b>3</b> |
| <b>4. Costos de Ingeniería &amp; Construcción .....</b>       | <b>4</b> |
| 4.1 Estimación de costos del departamento de ingeniería ..... | 4        |
| 4.2 Estimación de costos del departamento de producción ..... | 5        |
| <b>5. Costos de Equipamiento .....</b>                        | <b>6</b> |
| <b>6. Costos de Materiales .....</b>                          | <b>7</b> |
| <b>7. Resumen de Costos .....</b>                             | <b>7</b> |
| <b>8. Conclusiones.....</b>                                   | <b>8</b> |
| <b>9. Referencias .....</b>                                   | <b>8</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se obtendrá un presupuesto estimado para la embarcación en proyecto utilizando un método matemático obtenido de un análisis de regresión lineal sobre una base de datos histórica de construcción de barcasas y diques flotantes por parte de un astillero nacional.

El cálculo de primera aproximación mediante fórmulas matemáticas se realizará para estimar los costos de ingeniería y producción, como para los costos de materiales.

Para determinar los precios de cada uno de los equipos de la nave se revisaron distintos catálogos, buscando acercarnos a las necesidades del proyecto.

El presupuesto final para la embarcación corresponderá a una estimación referencial sobre el futuro valor real, es por ello, sólo se deberá utilizar como una primera aproximación.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Estimar un valor para el presupuesto de la nave como un primer acercamiento al valor real.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar los precios de los departamentos de ingeniería y producción para la futura construcción de la embarcación.
- Relacionar el costo de los materiales con el peso del acero utilizable para el proyecto.
- Realizar una tabla de tarifas para el equipamiento de la nave.
- Estimar el precio final que tendría el proyecto.

## 4. COSTOS DE INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN

### 4.1 Estimación de costos del departamento de ingeniería:

Para estimar la mano de obra del departamento de ingeniería se utilizará un método matemático en función de una base de datos histórica sobre construcciones de barcasas y diques flotantes de un reconocido astillero nacional.

Este método implica conocer el peso del acero neto (PAN), valor que fue determinado bajo este mismo proceso de cálculo en el cuadernillo 10, página 6 (estudio de pesos y centro de gravedad del buque en rosca).

Para tales efectos, el valor del peso del acero neto fue de aproximadamente:

$$PAN = 187,6 \text{ [ton]}$$

En base a ello, se puede determinar la cantidad de horas hombre (H/H) dividida para la confección de planos de la estructura principal (MOEP) y de la estructura miscelánea (MOEM).

**Mano de obra estructura principal (MOEP):** Se determina mediante la siguiente expresión matemática:

$$MOEP(HH) = 12 * (HH/ton) * \lambda * PAN(ton)$$

**Mano de obra estructura miscelánea (MOEM):** Se determina mediante la siguiente expresión matemática:

$$MOEM(HH) = 18 * (HH/ton) * \lambda * PAN(ton)$$

Donde:

$$\lambda = \lambda_M * \lambda_E * \lambda_F$$

Valor que puede ser determinado en función de las características de la nave, mediante la siguiente tabla de trabajo:

| Coeficiente $\lambda$             |       |          |                                   |              |       |                                            |                                            |
|-----------------------------------|-------|----------|-----------------------------------|--------------|-------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Material del casco<br>$\lambda_M$ |       |          | Tipo de estructura<br>$\lambda_E$ |              |       | Forma del casco<br>$\lambda_F$             |                                            |
| Espesor (mm)                      | Acero | Aluminio | Transversal                       | Longitudinal | Mixta | Casco recto (si cuerpo paralelo > 50% LOA) | Casco curvo (si cuerpo paralelo < 50% LOA) |
| $E \geq 8$                        | 1     | 3        | 1                                 | 1,65         | 1,32  | 1                                          | 1,22                                       |
| $E < 8$                           | 1,2   | 3,2      |                                   |              |       |                                            |                                            |

Tabla 1: Determinación de  $\lambda$



De acuerdo a la tabla 1, y a las características estructurales de la barcaza, se tiene que:

- $\lambda_M = 1$   
(El tipo de material es acero estructural normal, con planchas de espesor mayores a 8 milímetros)
- $\lambda_E = 1,65$   
(El tipo de construcción de la nave será estructura longitudinal)
- $\lambda_F = 1$   
(El cuerpo paralelo de la barcaza es aproximadamente el 65,3% de la eslora total)

Es así que,  $\lambda$  tiene un valor de aproximadamente:

$$\lambda = \lambda_M * \lambda_E * \lambda_F$$
$$\lambda = 1,65$$

Finalmente, se obtienen valores para MOEP y MOEM:

$$MOEP(HH) = 12 * (HH/ton) * \lambda * PAN(ton)$$
$$MOEP(HH) = 12 * (HH/ton) * 1,65 * 187,6(ton) = 3714,5 H/H$$

$$MOEM(HH) = 18 * (HH/ton) * \lambda * PAN(ton)$$
$$MOEM(HH) = 18 * (HH/ton) * 1,65 * 187,6(ton) = 5571,7 H/H$$

Considerando que el valor aproximado de H/H venta para el departamento de ingeniería es de 1,2 UF (\$28.768 CLP app.), se obtiene un presupuesto estimado para tal sección de:

$$Presupuesto_{DEPTO INGENIERÍA} = 28.768 CLP/HH * (MOEP + MOEM)$$

$$Presupuesto_{DEPTO INGENIERÍA} = 267.145.401,6 CLP$$

#### 4.2 Estimación de costos del departamento de producción:

Para estimar la mano de obra del departamento de producción (MODP) se utilizará un estándar correspondiente a trabajos en acero del mismo astillero anterior, el cual tiene un valor de:

$$MODP = 59 HH/ton$$

Por lo tanto, para el peso del acero neto (PAN), se tiene que:

$$MODP(HH) = 59 * (HH/ton) * PAN(ton)$$
$$MODP(HH) = 59 * (HH/ton) * 187,6(ton) = 11068,4 H/H$$

Considerando que el valor aproximado de H/H venta para el departamento de producción es de 1,8 UF (\$43.152 CLP app.), se obtiene un presupuesto estimado para tal sección de:

$$Presupuesto_{DEPTO PRODUCCIÓN} = 477.623.596,8 CLP$$

## 5. COSTOS DE EQUIPAMIENTO

La tabla 2, muestra un resumen del equipamiento de la nave:

| Equipo                    | Cantidad       | Costo en pesos |
|---------------------------|----------------|----------------|
| Motor propulsor           | 2              | \$ 54.262.000  |
| Bombas multipropósito     | 3              | \$ 627.900     |
| Bomba agua dulce          | 1              | \$ 50.830      |
| Baterías                  | 2              | \$ 74.152      |
| Válvulas                  | 40             | \$ 1.076.400   |
| Sistema eléctrico         | 1              | \$ 1.976.000   |
| Sistema hidráulico        | 1              | \$ 1.274.000   |
| Sistema RAM               | 1              | \$ 421.200     |
| Grúas de carga            | 2              | \$ 21.060.000  |
| Winches cabrestantes      | 4              | \$ 8.569.600   |
| Equipos de cubierta       | 1              | \$ 478.400     |
| Equipo de amarre y fondeo | 1              | \$ 321.724     |
| Anclas de fondeo          | 3              | \$ 498.180     |
| Extintores                | 6              | \$ 125.580     |
| Salvavidas circulares     | 7              | \$ 105.560     |
| Chalecos salvavidas       | 7              | \$ 91.000      |
| Balsa salvavida           | 1              | \$ 1.094.340   |
| Baño                      | 1              | \$ 176.410     |
| Cocina                    | 1              | \$ 47.840      |
| Lavaplatos                | 1              | \$ 55.016      |
| Muebles                   | 1              | \$ 188.370     |
| Mesas                     | 4              | \$ 388.960     |
| Camas                     | 4              | \$ 346.840     |
| Compás magnético          | 1              | \$ 53.820      |
| Bengalas                  | 6              | \$ 39.468      |
| Radio VHF                 | 1              | \$ 424.580     |
| Luces de navegación       | 6              | \$ 437.736     |
| Generador 220 volts       | 1              | \$ 2.550.650   |
| Hélices                   | 2              | \$ 19.584.000  |
| Timones                   | 2              | \$ 3.303.250   |
| Líneas de eje             | 2              | \$ 2.720.000   |
|                           | $\Sigma$ (CLP) | \$ 122.423.806 |

Tabla 2: Estimación de equipamiento de la nave

## 6. COSTOS DE MATERIALES

El valor del acero se obtendrá como función del peso del acero neto, más un 5% extra (porcentaje que representa los despuntes del acero sin utilizar).

Por lo tanto, considerando un precio de 1500 [CLP/kg] para el acero elaborado se tiene que:

$$\text{Presupuesto}_{\text{ACERO}} = 295.470.000 \text{ CLP}$$

El costo de la pintura se dividió en esmalte para la zona de cubierta y superestructura y antifouling para la zona del casco, con un resultado próximo a:

$$\text{Presupuesto}_{\text{PINTURA}} = 1.549.600 \text{ CLP}$$

El costo de la soldadura puede ser estimado como el 15% del coste del acero, por lo tanto, se tiene que:

$$\text{Presupuesto}_{\text{SOLDADURA}} = 44.320.500 \text{ CLP}$$

## 7. RESUMEN DE COSTOS

Es desglose de costos sería de:

- Los costos de ingeniería y construcción son de 744.768.998,4 CLP
- Los costos de equipamiento son de 122.423.806 CLP
- Los costos de materiales son de 341.340.100 CLP
- El presupuesto final es de 1.208.532.904,4 CLP

Por lo tanto, la nave tendría un precio de aproximadamente US\$ 2,32 millones.

## **8. CONCLUSIONES**

El precio de primera aproximación para la barcaza en proyecto sería de US\$ 2,32 millones. Este valor fue obtenido mediante estimaciones de distintos equipos componentes de la embarcación, como mediante fórmulas matemáticas desarrolladas a partir de una base de datos de construcciones de barcazas y diques flotantes, es por ello que sólo se debe considerar como un primer acercamiento al valor real.

## **9. REFERENCIAS**

[1] Creators of boats systems

*Catálogo de equipos*

*VETUS*

*www.vetus.com*

[2] Creators of boats systems

*Lista de tarifas*

*VETUS*

*www.vetus.com*

[3] Catálogo de electrónica marina

*FURUNO*

[4] Base de datos de construcción de barcazas y diques flotantes

*Astillero nacional*

*Chile, 2014*



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# CUADERNILLO 15

“Memoria Final”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

**Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile**

# ÍNDICE DE TEMÁTICO

|                                                                                    |          |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Introducción .....</b>                                                       | <b>3</b> |
| <b>2. Objetivo General.....</b>                                                    | <b>3</b> |
| <b>3. Objetivos Específicos .....</b>                                              | <b>3</b> |
| 4. Dimensiones Principales .....                                                   | 4        |
| 5. Diseño de Formas .....                                                          | 4        |
| 6. Disposición General.....                                                        | 4        |
| 7. Cálculos de Arquitectura Naval .....                                            | 5        |
| 8. Resistencia al Avance & Cálculo del Propulsor .....                             | 5        |
| 9. Planta Propulsora & Línea de Propulsión .....                                   | 5        |
| 10. Ante-Proyecto de Timón & Estimación de Maniobrabilidad .....                   | 5        |
| 11. Resistencia Estructural .....                                                  | 6        |
| 12. Estudio de Pesos & Centro de Gravedad del Buque en Rosca .....                 | 6        |
| 13. Estudio de Estabilidad Transversal .....                                       | 6        |
| 14. Equipamiento de los Cargos de Cubierta & Sistemas Auxiliares Principales ..... | 6        |
| 15. Definición de la Planta Eléctrica.....                                         | 7        |
| 16. Presupuesto .....                                                              | 7        |
| <b>17. Comentarios Finales .....</b>                                               | <b>8</b> |

## **1. INTRODUCCIÓN**

En este último cuadernillo se presenta un resumen de las principales conclusiones obtenidas para todas las etapas del ante-proyecto de la barcaza, desde sus dimensiones principales hasta la estimación del presupuesto disponible para su compra.

La idea es recurrir a este informe cuando se necesite un valor numérico o alguna descripción general de alguna de las etapas de trabajo estudiadas, sin tener que adentrarse en el total del proyecto escrito.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Realizar un resumen general donde se resalten los puntos más importantes de cada uno de los cuadernillos de proceso.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un resumen de consulta para cada etapa desarrollada.
- Representar las conclusiones más significativas de cada cuadernillo.
- Presentar los principales valores de cálculo para cada sección correspondiente.

## 4. DIMENSIONES PRINCIPALES

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- La barcaza tendrá una eslora máxima de 39 [m]
- La barcaza tendrá una manga de 11,2 [m]
- El puntal de la barcaza será de 4,0 [m]
- Se estableció un calado de diseño de 2,15 [m]
- La velocidad máxima de la nave será de 10 [kn]

## 5. DISEÑO DE FORMAS

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- La forma de las secciones transversales del proyecto será adoptada de la tesis de proyecto “serie sistemática de barcasas de desplazamiento (de sección transversal de tres pantoques)”.
- Para el calado de diseño de 2,15 [m], las principales características de la nave son:
  - ✓ Eslora en flotación = 37,74 [m]
  - ✓ Manga en flotación = 11,2 [m]
  - ✓ Desplazamiento = 564,6 [ton]
  - ✓ Superficie mojada = 458,6 [m<sup>2</sup>]
  - ✓ Coeficiente prismático = 0,837
  - ✓ Coeficiente de bloque = 0,606
  - ✓ Coeficiente de la maestra = 0,734
  - ✓ Coeficiente del plano de flotación = 0,939

## 6. DISPOSICIÓN GENERAL

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- La bodega de carga será de 21,5 x 9 [m]
- La altura de la bodega de carga será de 3,2 [m]
- Los motores propulsores estarán ubicados a 1,93 [m] desde LC
- Los sistemas generadores de 12 y 24 [volts] se ubicarán en los costados de la S.M
- El sistema generador de 220 [volts] se ubicará en el centro de la S.M
- La habitabilidad principal será en el primer nivel de la S.E con un camarote de tripulación, una cocina/comedor, un baño y un pasillo independiente.
- El segundo nivel de la S.E contendrá el puente de gobierno y el camarote del patrón de nave mayor.
- Se contará con una escotilla de carga de 13,65 x 5,5 [m] en la cubierta principal.
- Se contará con dos estanques de agua de 10,7 [m<sup>3</sup>] c/u.
- Se contará con dos estanques de combustible de 9 [m<sup>3</sup>] c/u.



## 7. CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- El arqueo bruto (AB) de la nave es de 456,9 TRG
- El arqueo neto (AN) de la nave es de 151,5 TRN
- El francobordo mínimo será de 487,4 [mm]
- El francobordo de la nave es de 1850 [mm]

## 8. RESISTENCIA AL AVANCE & CÁLCULO DEL PROPULSOR

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- La resistencia total al avance en condición de pruebas es de 60,5 [kN]
- La potencia total BHP requerida del motor propulsor para un punto de diseño del 90% de absorción de potencia por parte de la hélice a las máximas rpm es de 914 [kW]
- El diámetro óptimo de la hélice es de 1,4 [m]
- El P/D óptimo de la hélice es de 0,8
- El número de palas de la hélice será igual a 3
- La relación BAR del propulsor será de 0,70

## 9. PLANTA PROPULSORA & LÍNEA DE PROPULSIÓN

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- La nave contará con dos motores propulsores de 533 [bkW] de potencia MCR a 2100 rpm.
- Se contará con cajas reductoras de relación de reducción 5:1
- Los propulsores serán de paso fijo y se encargarán a pedido, de acuerdo al cálculo de propulsor óptimo para la nave.

## 10. ANTE-PROYECTO DE TIMÓN & ESTIMACIÓN DE MANIOBRABILIDAD

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- Los timones diseñados para la nave tendrán las siguientes características:
  - ✓ Área de timón = 2,18 [m<sup>2</sup>]
  - ✓ Envergadura media = 1,34 [m]
  - ✓ Cuerda media = 1,63 [m]
  - ✓ R.A = 1,9
  - ✓ Tipo de refuerzos = NACA0015

- Las estimaciones de maniobrabilidad analizadas cumplen los criterios de la OM I, según corresponda al tipo de maniobra standard.
- La embarcación presenta una buena respuesta de gobierno.

## 11. RESISTENCIA ESTRUCTURAL

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- La nave será construida con bulárcamas.
- La distancia entre bulárcamas será de 1,95 [m]
- La distancia entre refuerzos será de 700 [mm]
- La nave tendrá 4 mamparos transversales estancos de 8 [mm] de espesor.
- El centroide de la cuaderna maestra se encuentra a 1,97 [m] desde la L.B
- El  $W_{quilla}$  es aproximadamente 76,95% superior al establecido por reglamento DNV AS.

## 12. ESTUDIO DE PESOS & C.G DEL BUQUE EN ROSCA

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- El peso en rosca estimado de la barcaza es de 225,48 [ton]
- El centro de gravedad de la nave para el peso en rosca es: 3,56;17,18;-0,007 (VCG,LCG,TCG)
- La capacidad de carga en bodega estimada es de 137,13 [ton]

## 13. ESTUDIO DE ESTABILIDAD TRANSVERSAL

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- La estabilidad transversal de la nave se realizó bajo los criterios IMO para todos los tipos de buque.
- Para las 6 condiciones de carga exigidas se aprobaron los criterios establecidos.
- El trimado del peso en rosca es de 1,163 [m], por lo que se debe corregir con lastre en proa.

## 14. EQUIPAMIENTO DE LOS CARGOS DE CUBIERTA & SISTEMAS AUXILIARES PRINCIPALES

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- Se contará con 2 anclas de 780 [kg], más una de respeto.
- Se dispondrá de 2 grúas de 8,15 [ton] de carga de seguridad.
- Se contará con dos winches de 75 [kN] de tracción nominal.
- El sistema de accionamiento de los timones será RAM con un torque de 16229 [lbr\*ft.]
- Se contará con bombas multipropósito para los sistemas de achique, lastre e incendio y lavado.
- La presión de cada bomba será de 5 [bares]

## 15. DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- La potencia requerida para el sistema generador de 12 [volts] es de 0,28 [kW]
- La potencia requerida para el sistema generador de 24 [volts] es de 0,90 [kW]
- La potencia requerida para el sistema generador de 220 [volts] es de 186,5 [kW]

## 16. PRESUPUESTO

De este cuadernillo se concluyeron los siguientes puntos:

- Los costos de ingeniería y construcción son de 744.768.998,4 CLP
- Los costos de equipamiento son de 122.423.806 CLP
- Los costos de materiales son de 341.340.100 CLP
- El presupuesto final es de 1.208.532.904,4 CLP

La nave tendría un precio de aproximadamente US\$ 2,32 millones.

## 17. COMENTARIOS FINALES

Para el estudio de un ante-proyecto de una determinada embarcación, siempre se debe tener claro que cada uno de los cálculos realizados fue hecho mediante distintas estimaciones, algunas más precisas y otras un poco más alejadas de la futura realidad, por lo tanto, se debe considerar un cierto margen de error que nos permita movernos dentro de él, sin tener que afectar el proyecto completo. La idea principal es ir acotando cada vez más este margen de error a medida que se avanza con las etapas del proyecto, lo cual se logra volviendo a recorrer la espiral de trabajo todas las veces que sea necesario, debido a que en cada cambio que se haga en alguna etapa avanzada, lo normal es que este afecte alguna etapa pasada y que posteriormente pueda traer cambios significativos.

La barcaza en proyecto fue sometida a distintas reglamentaciones y normas, ya sea para el cálculo de la resistencia estructural, estabilidad transversal, cálculo de arqueado y francobordo, estimaciones de maniobras standard, dispositivos de seguridad, etc., con el objetivo de analizar las características futuras de la nave. Para cada una de estas exigencias mínimas reglamentarias, la embarcación en proyecto pudo cumplir sin mayores problemas.

Este estudio de proyecto trató de mostrar las principales variables que afectan la puesta en marcha de una construcción naval, y por lo tanto, la constante responsabilidad y seriedad que se debe tomar en cada decisión, proceso de cálculo, estimaciones de trabajo, etc. Es el arte de hacer ingeniería naval.



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL  
Proyecto de Titulación

# ANEXOS

“Planos de Proyecto”

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE CIENCIAS NAVALES & MARÍTIMAS  
INGENIERÍA NAVAL

## **Proyecto de Titulación:**

**Autor personal:** Parra Vera, Gabriel A.

*[Tesis para optar al título de Ingeniero Naval]*

*[Menciones: Arquitectura Naval, Transporte Marítimo & Máquinas Marinas]*

**Profesor patrocinante:** Luco Salman, Richard L.

*[Ingeniero en Construcción Naval, UACH – Doctor en Ingeniería Naval, UPM]*

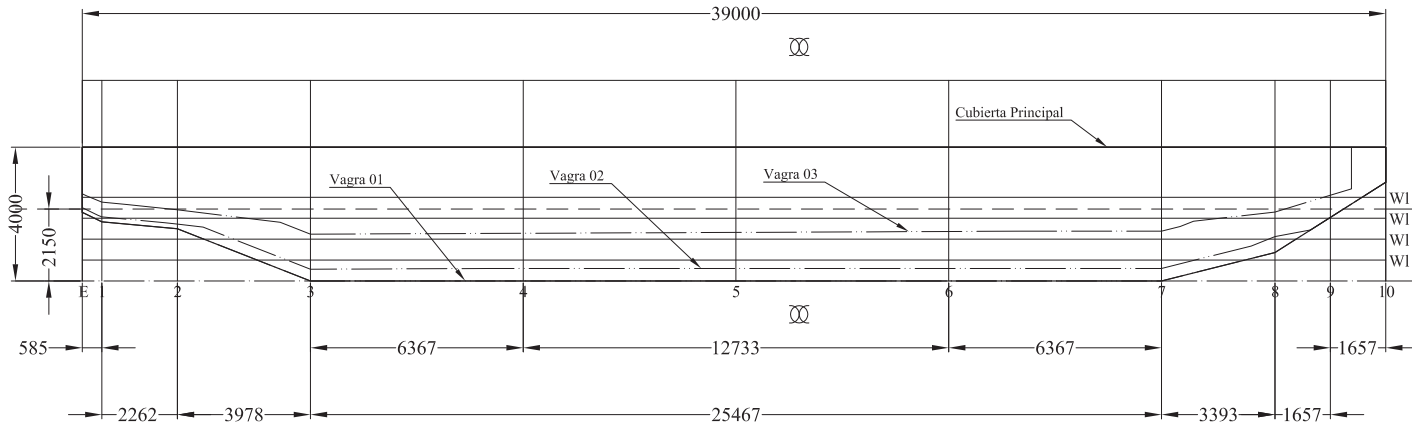
**Publicación:** 19 de Enero de 2015, Valdivia, Chile

**Valdivia, XIV Región de los Ríos, Chile**

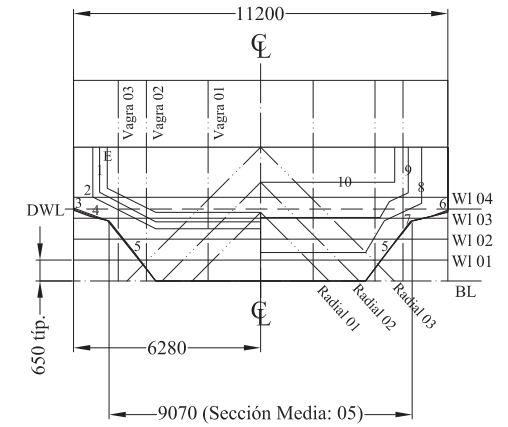
## **PLANOS DE PROYECTO**

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Plano de formas .....</b>                                                        | <b>3</b>  |
| <b>2. Plano de arreglo general .....</b>                                               | <b>4</b>  |
| <b>3. Plano de cuaderna maestra .....</b>                                              | <b>5</b>  |
| <b>4. Plano de corte en LC y cubiertas .....</b>                                       | <b>6</b>  |
| <b>5. Plano de secciones típicas.....</b>                                              | <b>7</b>  |
| <b>6. Plano de mamparos transversales y longitudinales.....</b>                        | <b>8</b>  |
| <b>7. Plano unilineal de achique, lastre e incendio y lavado .....</b>                 | <b>9</b>  |
| <b>8. Plano de seguridad .....</b>                                                     | <b>10</b> |
| <b>9. Plano de disposición de enchufes .....</b>                                       | <b>11</b> |
| <b>10. Plano de disposición de instrumentos de navegación y equipos de fuerza.....</b> | <b>12</b> |
| <b>11. Plano de disposición de alumbrado .....</b>                                     | <b>13</b> |
| <b>12. Plano unilineal eléctrico y cuadros de carga.....</b>                           | <b>14</b> |

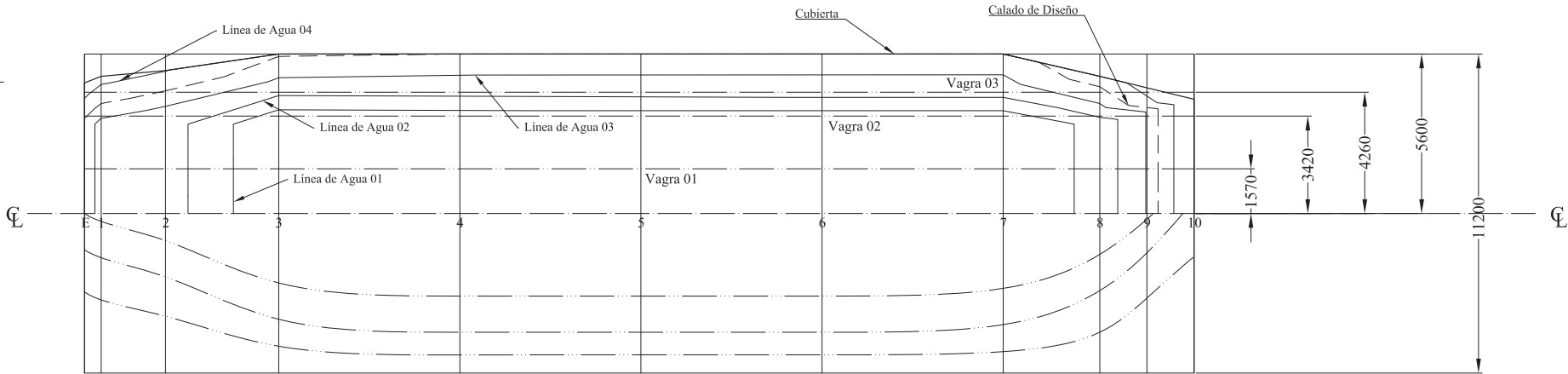
## VISTA LONGITUDINAL



## VISTA TRANSVERSAL



## VISTA HORIZONTAL



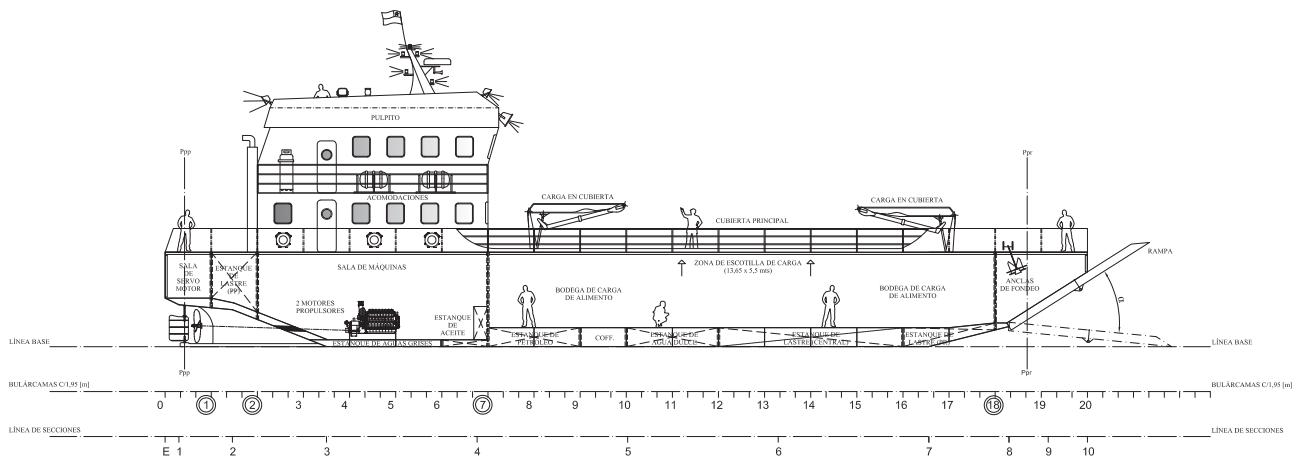
**TABLA DE PUNTOS (medidas en mm)**

| SEMIMANGAS DESDE CRUJÍA (C.L) |      |      |      |      |       |       |       | ALTURAS DESDE LÍNEA BASE (L.B) |       |       |       |         |
|-------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|-------|---------|
| SECCIÓN                       | WL 1 | WL 2 | WL 3 | WL 4 | RAD 1 | RAD 2 | RAD 3 | CUB                            | VAG 1 | VAG 2 | VAG 3 | SECCIÓN |
| E                             | -    | -    | -    | 4046 | 0     | 1273  | 2758  | 4000                           | 2050  | 2189  | 2606  | E       |
| 1                             | -    | -    | 3340 | 4534 | 396   | 1669  | 3154  | 4000                           | 1770  | 1917  | 2357  | 1       |
| 2                             | -    | -    | 3763 | 5000 | 693   | 1966  | 3451  | 4000                           | 1560  | 1701  | 2126  | 2       |
| 3                             | 3641 | 4141 | 4767 | 5600 | 2899  | 4172  | 4982  | 4000                           | 0     | 350   | 1398  | 3       |
| 4                             | 3619 | 4120 | 4856 | 5600 | 2899  | 4172  | 4965  | 4000                           | 0     | 372   | 1425  | 4       |
| 5                             | 3611 | 4098 | 4867 | 5600 | 2899  | 4172  | 4963  | 4000                           | 0     | 372   | 1452  | 5       |
| 6                             | 3611 | 4081 | 4870 | 5600 | 2899  | 4172  | 4893  | 4000                           | 0     | 372   | 1479  | 6       |
| 7                             | 3611 | 4081 | 4874 | 5600 | 2899  | 4172  | 4963  | 4000                           | 0     | 372   | 1488  | 7       |
| 8                             | -    | 3376 | 3862 | 4820 | 1697  | 2970  | 4464  | 4000                           | 850   | 1325  | 2060  | 8       |
| 9                             | -    | -    | -    | 4124 | 212   | 1485  | 2979  | 4000                           | 1900  | 1900  | 2563  | 9       |
| R                             | -    | -    | -    | -    | -     | 0     | 1485  | 4000                           | 2950  | 2950  | -     | R       |

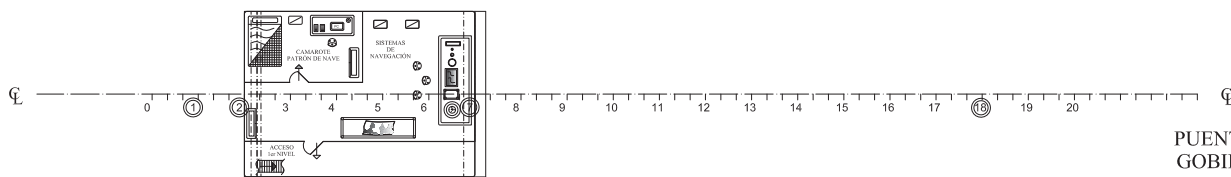
### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

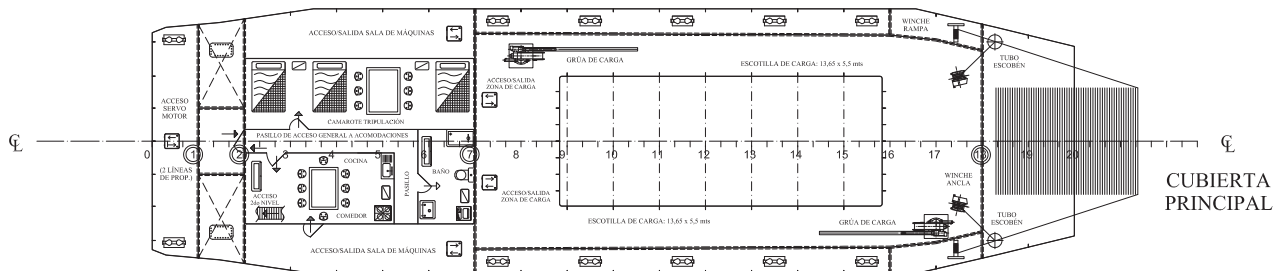
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |       |              |        |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------|--------------|--------|-------|
| <div>  <div> <b>Universidad Austral de Chile</b><br/> <b>Facultad de Ciencias de la Ingeniería</b><br/> <b>Instituto de Ciencias Navales &amp; Marítimas</b><br/> <b>Ingeniería Naval</b> </div>  </div> |                                 |       |              |        |       |
| Proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | PLANO DE FORMAS (BARCAZA MAYOR) |       |              |        |       |
| Nombre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Gabriel A. Parra Vera           | Fecha | 22-12-2014   | Firma  |       |
| Proyectó                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Richard L. Luco Salman          | RUT   | 17.450.465-2 | Escala | 1:100 |
| Revisó                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |       | 8.783.946-K  | Fto:   | A2    |



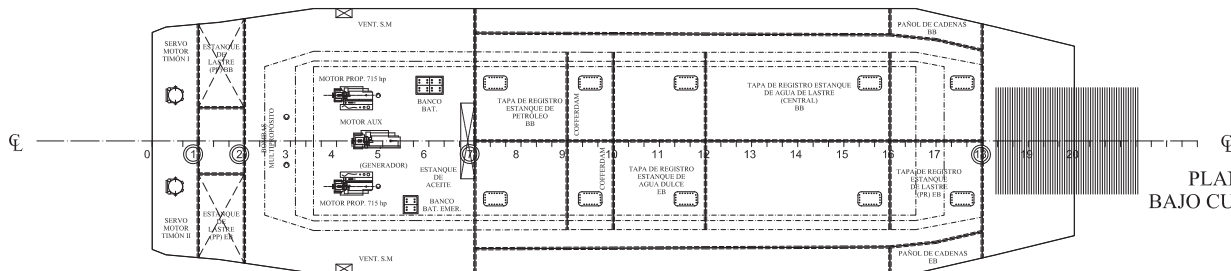
PERFIL LONGITUDINAL



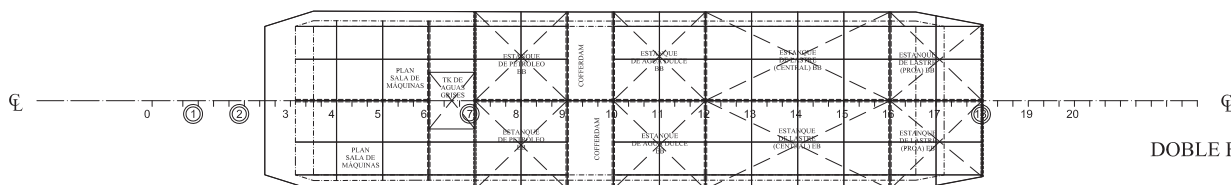
PUENTE DE GOBIERNO



CUBIERTA PRINCIPAL



PLANTA BAJO CUBIERTA



DOBLE FONDO

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                 | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

Simbología:  
○ Manguera Transversal  
○ Varriga divisoria de estantes



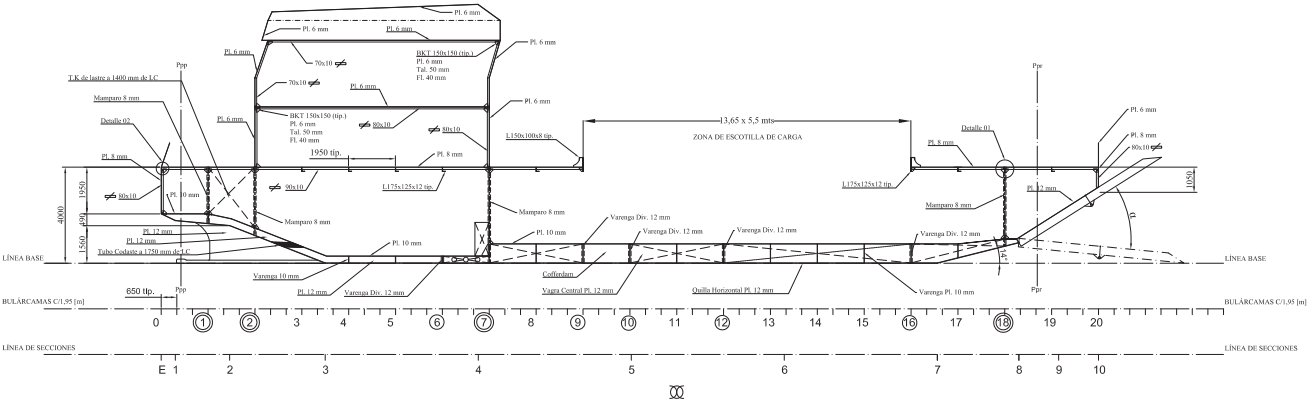
Universidad Austral de Chile  
Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Instituto de Ciencias Navales & Marítimas  
Ingeniería Naval

|          |                                          |       |            |     |              |        |       |
|----------|------------------------------------------|-------|------------|-----|--------------|--------|-------|
| Proyecto | PLANO DE ARREGLO GENERAL (BARCAZA MAYOR) | Fecha | 22-12-2014 | RUT | 17.450.465-2 | Escala | 1:100 |
| Nombre   | Gabriel A. Poma Vera                     | Firma |            |     | 8.783.946-K  | Fto:   | A1    |
| Revisó   | Richard L. Lucio Salazar                 |       |            |     |              |        |       |

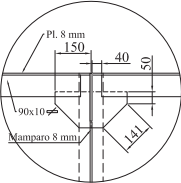




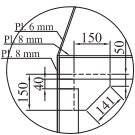
CORTE EN LÍNEA DE CRUJÍA



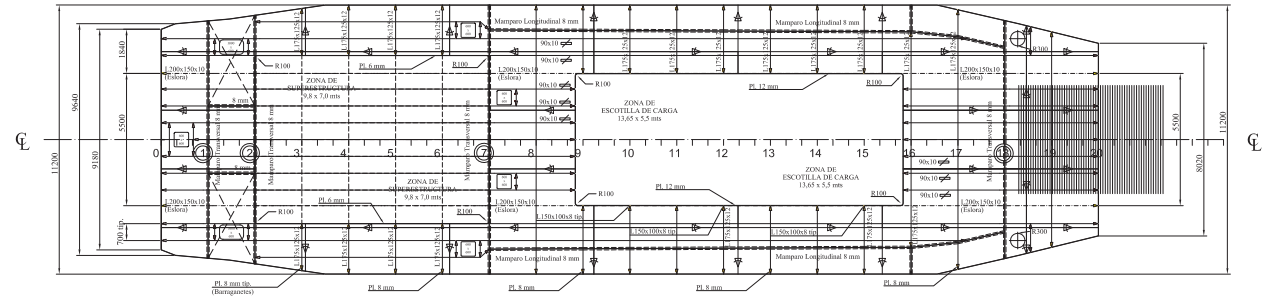
Detalle 01:  
Escala 1:10



Detalle 02:  
Escala 1:10



CUBIERTA PRINCIPAL

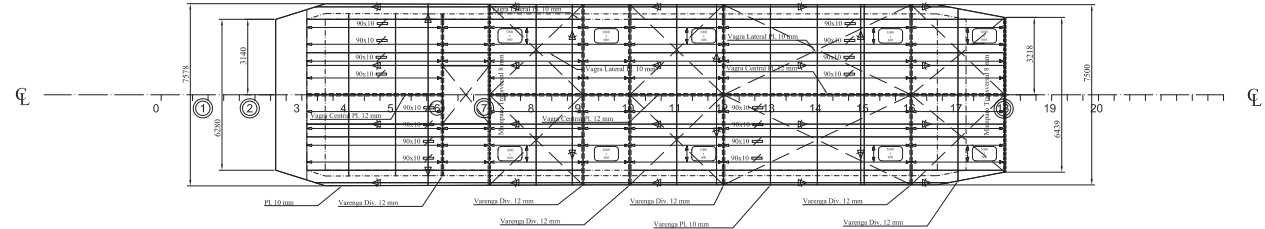


Notas:  
Sociedad de Clasificación: DNV AS  
Dimensiones en [mm]

Planchaje: Acero ASTM A-36  
Cubierta Principal: 6000 x 2440 (8)  
Planta Bajo Cubierta: 6000 x 2440 (10)

Simbología:  
● Mamparo Transversal  
○ Vanga divisoria de estancos

PLANTA BAJO CUBIERTA



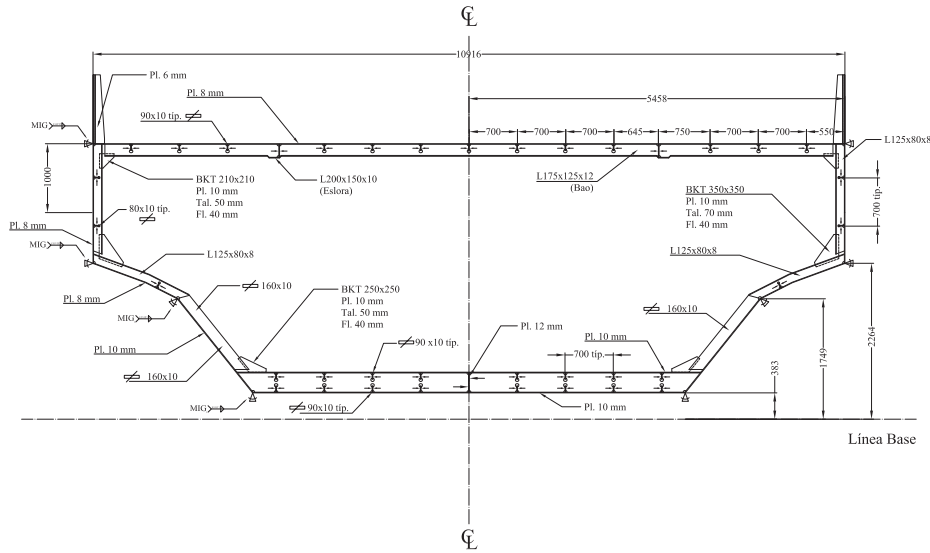
Notas:  
Pl.: Plancha  
Tal.: Talón  
Fl.: Flange

| CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES |       |          |  |
|-----------------------------|-------|----------|--|
| ESLORA TOTAL                | 39    | [metros] |  |
| MANGA MÁXIMA                | 11,2  | [metros] |  |
| PUNTAL                      | 4,0   | [metros] |  |
| CALADO DE DISEÑO            | 2,15  | [metros] |  |
| DESPLAZAMIENTO              | 564,6 | [ton]    |  |
| VELOCIDAD                   | 10    | [kn]     |  |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm   | 2x715 | [bhp]    |  |

|          |                         |                                                                                                                                        |       |              |         |
|----------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|---------|
|          |                         | Universidad Austral de Chile<br>Facultad de Ciencias de la Ingeniería<br>Instituto de Ciencias Navales & Marítimas<br>Ingeniería Naval |       |              |         |
| Proyecto | Nombre                  | Fecha                                                                                                                                  | Firma | RUT          | Escala  |
| Proyecto | Gabriel A. Parra Vera   | 23-12-2014                                                                                                                             |       | 17.450.465-2 | 1:100   |
| Revisó   | Richard C. Lucio Salman | 22-12-2014                                                                                                                             |       | 8.783.946-K  | Fto: A1 |

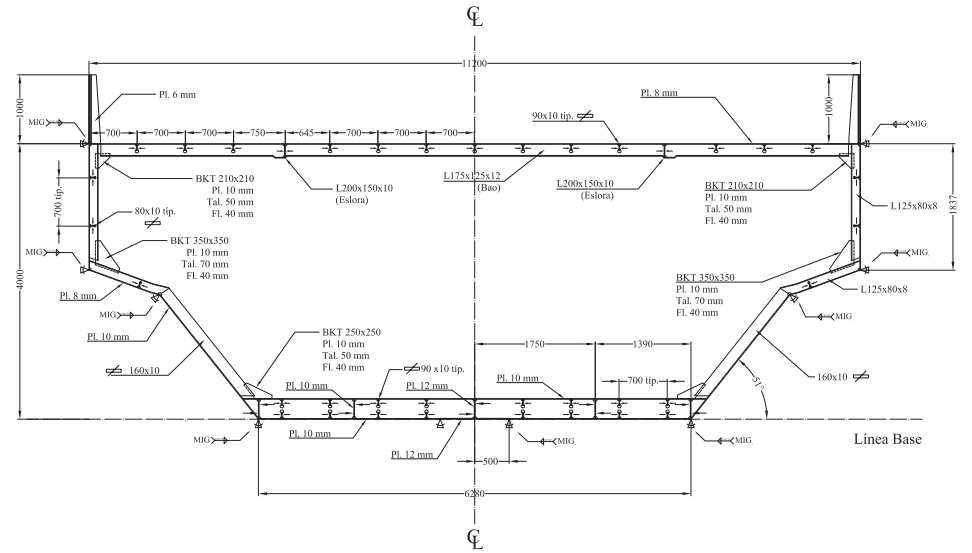
### SECCIÓN TÍPICA

(Bulárcama N°03: 5,85 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Popa



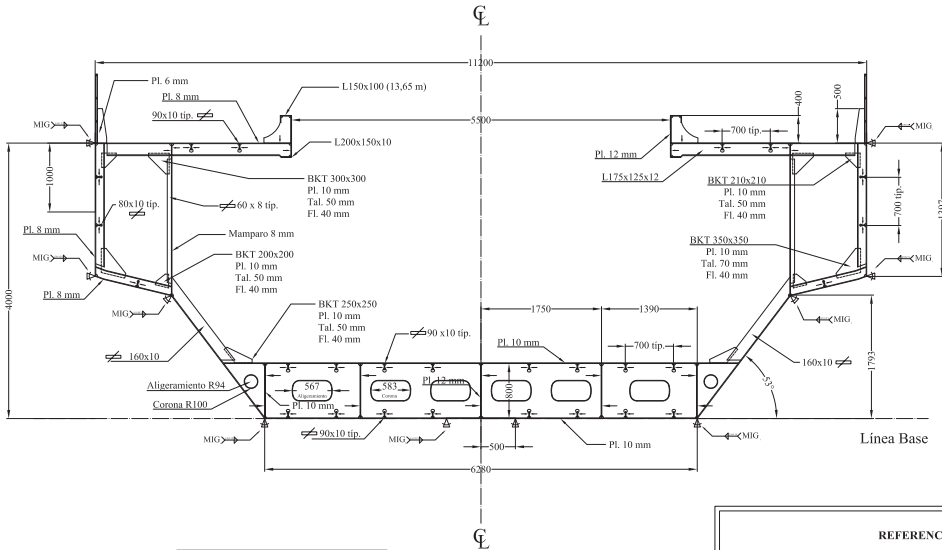
### SECCIÓN TÍPICA

(Bulárcama N°05: 9,75 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Popa



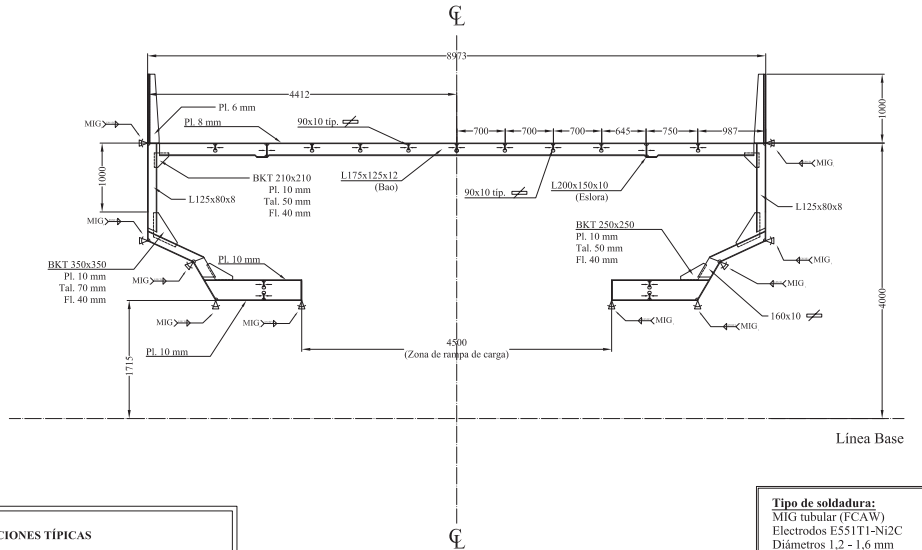
### SECCIÓN TÍPICA

(Bulárcama N°15: 29,25 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Popa

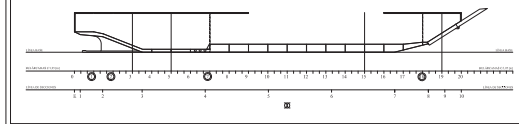


### SECCIÓN TÍPICA

(Bulárcama N°19: 37,05 metros desde el Espejo)  
Visto desde Proa a Popa



### REFERENCIA DE SECCIONES TÍPICAS



Notas generales:  
Sociedad de Clasificación: DNV AS  
Dimensiones en [mm]

Notas del plano:  
Pl.: Plancha  
Tal.: Talón  
Fl.: Flange

| CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES |       |          |  |
|-----------------------------|-------|----------|--|
| ESLORA TOTAL                | 30    | (metros) |  |
| MANGA MÁXIMA                | 11,2  | (metros) |  |
| PUNTALES                    | 4,0   | (metros) |  |
| CALADO DE DISEÑO            | 2,15  | (metros) |  |
| DESPLAZAMIENTO              | 566,6 | (ton)    |  |
| VELOCIDAD                   | 10    | (kn)     |  |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm   | 25715 | (bhp)    |  |

**Tipo de soldadura:**  
MIG tubular (FCAW)  
Electrodos E551T1-Ni2C  
Diámetros 1,2 - 1,6 mm

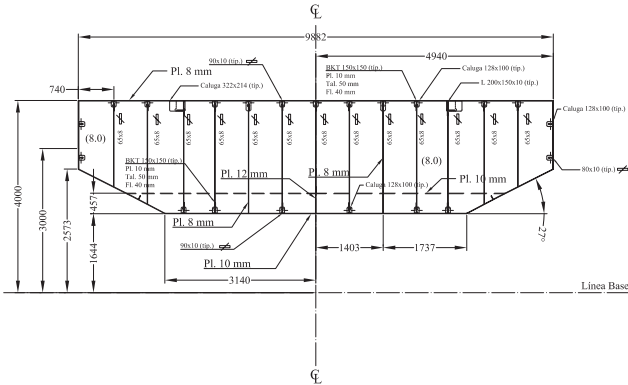
Protección gaseosa:  
80% Argón - 20% CO<sub>2</sub>  
100 CO<sub>2</sub>

| UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE              |                  |            |      |
|-------------------------------------------|------------------|------------|------|
| Facultad de Ciencias de la Ingeniería     |                  |            |      |
| Instituto de Ciencias Navales & Marítimas |                  |            |      |
| Ingeniería Naval                          |                  |            |      |
| Proyecto                                  | Nombre           | Fecha      | Fase |
| Proyecto                                  | Guía de Proyecto | 10/05/2014 | 1.25 |
| Revisión                                  | Revisión         | 10/05/2014 | 1.00 |

PLANO DE MAMPAROS TRANSVERSALES & LONGITUDINALES

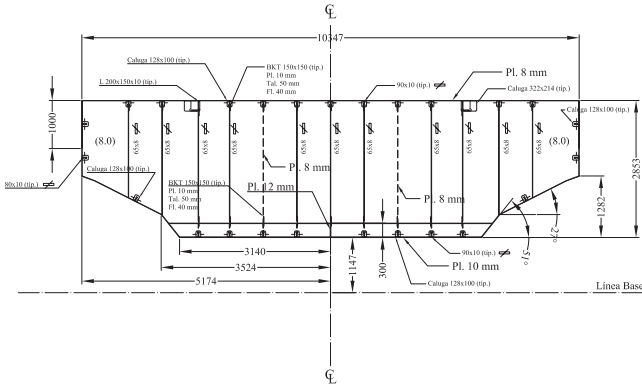
MAMPARO DE PIQUE DE POPA

(Sección 00, 1.95 metros desde el Eje) Vista desde Proa a Popa

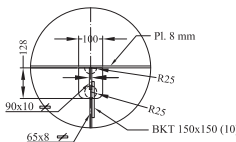


MAMPARO DE SALA DE MÁQUINAS (POPA)

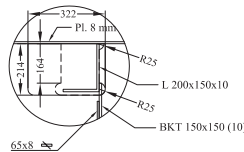
(Sección 02, 1.30 metros desde el Eje) Vista desde Proa a Popa



DETALLE 01 (ESCALA 1:10)

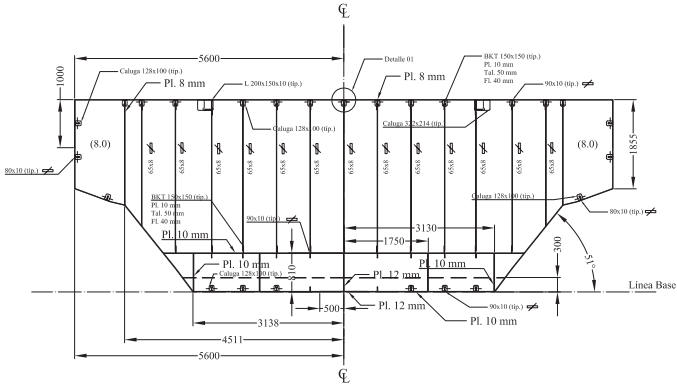


DETALLE 02 (ESCALA 1:10)



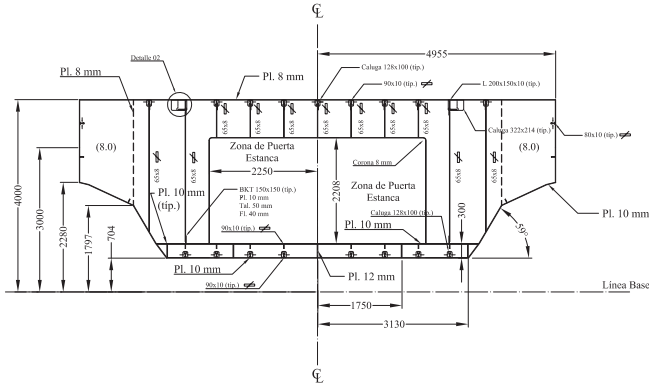
MAMPARO DE SALA DE MÁQUINAS (PROA)

(Sección 01, 1.15 metros desde el Eje) Vista desde Proa a Popa



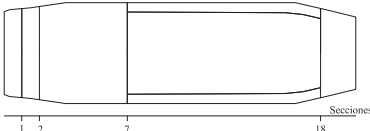
MAMPARO DE COLISIÓN

(Sección 10, 35.10 metros desde el Eje) Vista desde Proa a Popa



Notas:  
Pl.: Plancha  
Tal.: Talón  
Fl.: Flange

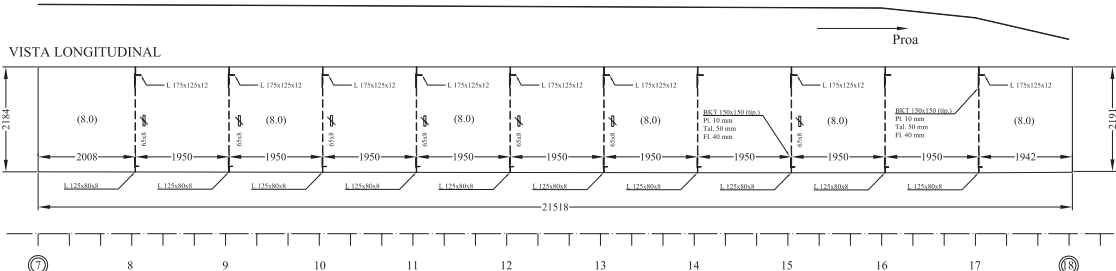
IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA POSICIÓN DE LOS MAMPAROS



MAMPARO LONGITUDINAL DE BODEGA DE CARGA

(4.52 metros desde la línea de crujía) Vista desde LC hacia las bandas

VISTA SUPERIOR



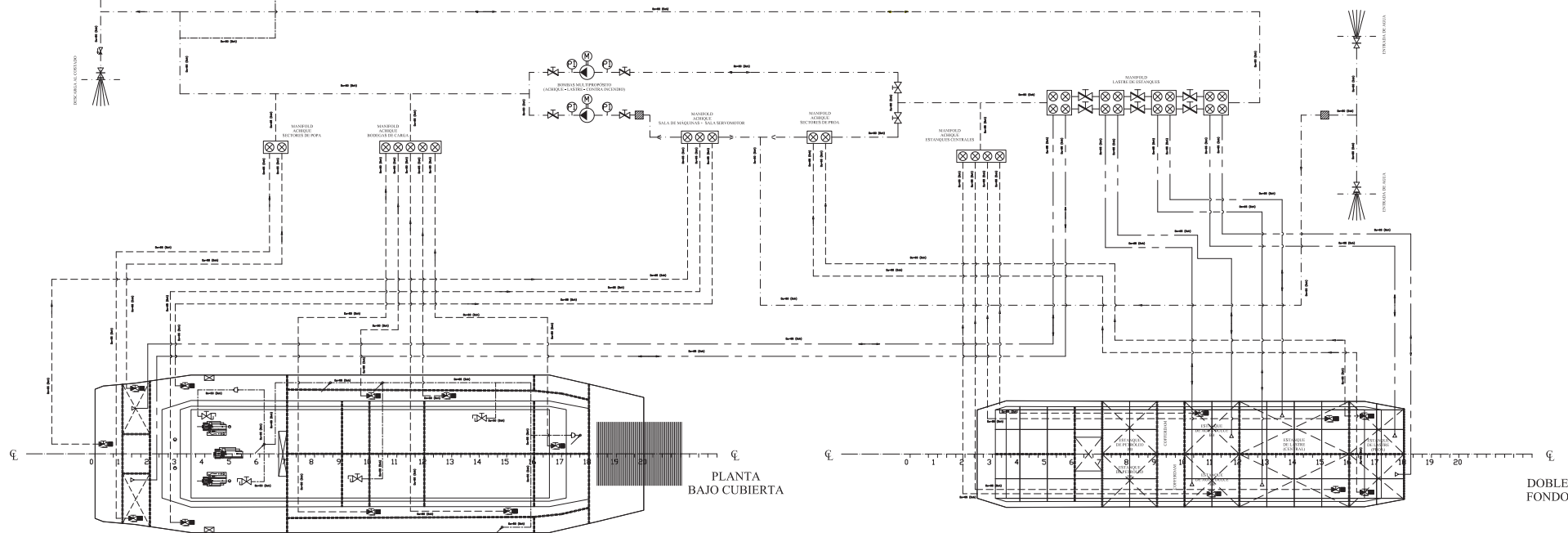
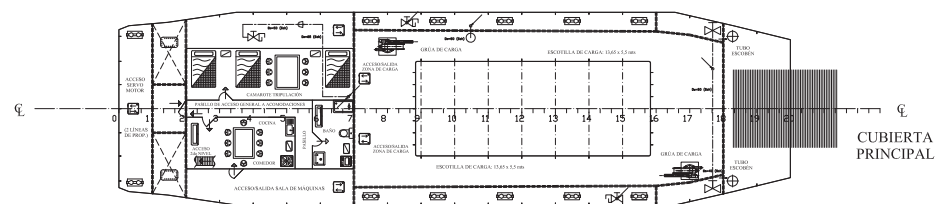
NOTAS:

Cantidad de mamparos longitudinales = 2 (simétricos)  
Los mamparos longitudinales se ubicarán a cada banda a 4.52 metros desde LC  
El tipo de soldadura a utilizar será MIG subido (FCAW)  
El tamaño de la soldadura será 12 x 14 mm  
Tipo de electrodos E5111-18C2, 452M  
Protección gaseosa = 100% CO<sub>2</sub>  
El mamparo de colisión tendrá una puerta entera  
Todos los escudos tendrán las siguientes características independientemente de sus valores principales de medida determinados según caso de clasificación DNV AS:  
\*Espesor = 10 mm  
\*Flange = 40 mm  
\*Talón = 50 mm

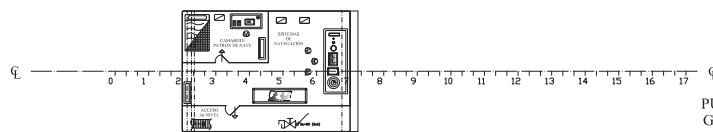
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                 | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

|                                                                                                                                        |                                                                  |       |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------|--------------|
| Universidad Austral de Chile<br>Facultad de Ciencias de la Ingeniería<br>Instituto de Ciencias Navales & Marítimas<br>Ingeniería Naval |                                                                  |       |              |
| Proyecto                                                                                                                               | PLANO DE MAMPAROS TRANSVERSALES & LONGITUDINALES (BARCAZA MAYOR) | RUT   | Escala       |
| Nombre                                                                                                                                 | Gabriel A. Parra Vera                                            | Fecha | 23-12-2014   |
| Revisó                                                                                                                                 | Richard C. Lucio Salman                                          | Firma | 17.450.465-2 |
|                                                                                                                                        |                                                                  |       | 8.783.946-K  |
|                                                                                                                                        |                                                                  |       | 1:50         |
|                                                                                                                                        |                                                                  |       | Fto: A1      |



## CAPACIDAD DE BOMBAS MULTIPROPÓSITO = 2x100 [m³/h]



RED PRINCIPAL (COMÚN) ————  
CIRCUITO ACHIQUE —————  
CIRCUITO LASTRE ————  
CIRCUITO CONTRA INCENDIO & LAVADO

| SIMBOLOGÍA                                                                            |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | FILTRO                          |
|  | VALVULA DE RETENCIÓN            |
|  | GRIFO DE INCENDIO               |
|  | REDUCTOR CONCENTRICO            |
|  | MANIFOLD DE DISTRIBUCIÓN        |
|  | BOMBA MULTIPROPÓSITO            |
|  | VALVULA DE COMPUERTA            |
|  | CONEXIÓN INTERNACIONAL A TIERRA |
|  | VALVULA DE CIERRE McCORMICK     |
|  | ASPIRACIÓN                      |
|  | MANÓMETRO                       |
|  | DIRECCIÓN DE FLUJO              |
|  | VALVULA DE MARIPOSA             |
|  | TUBERÍA HACIA ABAJO             |

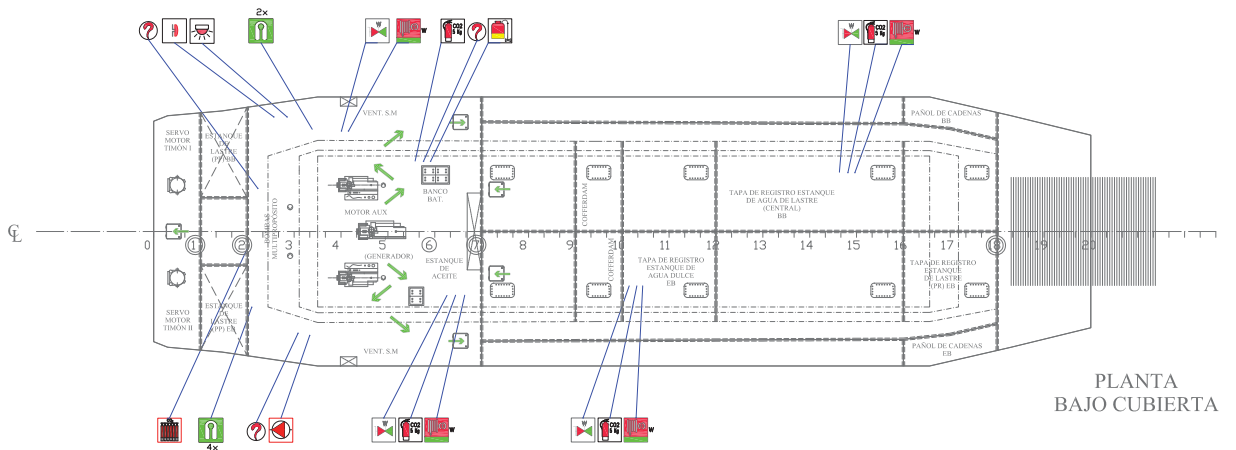
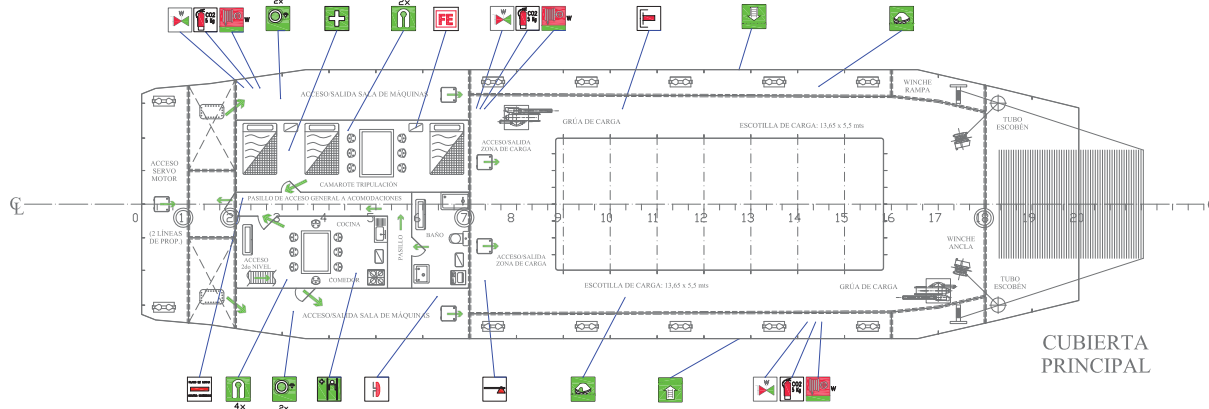
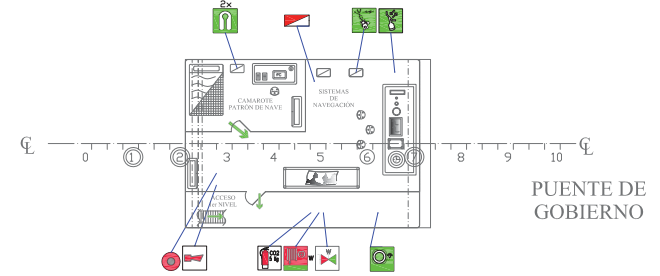
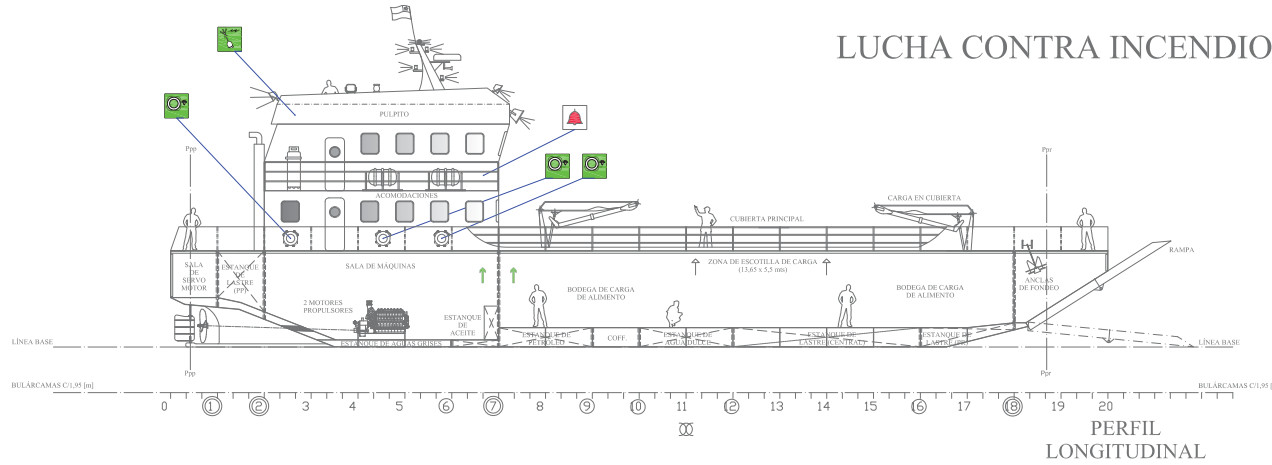
| CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES |       |          |
|-----------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL                | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA                | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                      | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO            | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO              | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                   | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm   | 2x715 | [bhp]    |

NOTAS

|                                         |
|-----------------------------------------|
| TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE (SCHEDULE) |
| SOC. DE CLASIFICACIÓN: DNV AS           |



# PLANO DE SEGURIDAD LUCHA CONTRA INCENDIO / DISPOSITIVOS & MEDIOS DE SALVAMENTO



| Señales y alarmas contraincendio |                                          |                                                  |
|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                  | 1 Panel de alarma contraincendio         | Puente de Gobierno                               |
|                                  | 1 Pulsador alarma general contraincendio | Puente Gobierno                                  |
|                                  | 3 Detector de humo                       | 3x Sala de Máquinas                              |
|                                  | 2 Campanillo alarma contraincendio       | 1x Sala de Máquinas<br>1x Exterior Habitabilidad |
|                                  | 1 Alarma luminosa contraincendio         | 1x Papa Sala de Máquinas                         |
|                                  | 1 Pito                                   | Puente de Gobierno                               |
|                                  | 1 Campana exterior barco                 | Exterior Puente de Gobierno                      |

| Equipamiento Contraincendio |                                         |                                                                     |
|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                             | 1 Hacha contraincendio                  | 1x Cubierta Principal                                               |
|                             | 8 Extintor portátil CO2 5 kg            | 2x Sala Máquinas, 3x Cub. Ppt., 2x Bodegas de Carga, 1x Cub. Puente |
|                             | 1 Lanapsumpa portátil                   | 1x Sala de Máquinas                                                 |
|                             | 1 Batería de CO2                        | 1x Sala de Máquinas                                                 |
|                             | 8 Caja manguera contraincendio con pñon | 2x Sala Máquinas, 3x Cub. Ppt., 2x Bodegas de Carga, 1x Cub. Puente |
|                             | 8 Grifo contraincendio                  | 2x Sala Máquinas, 3x Cub. Ppt., 2x Bodegas de Carga, 1x Cub. Puente |
|                             | 1 Conexión internacional                | 1x Cubierta Principal                                               |
|                             | 2 Bomba contraincendio principal        | 2x Sala Máquinas                                                    |
|                             | 1 Equipo de Bombero                     | 1x Acomodaciones en Cubierta Ppt.                                   |

|                                                    |                   |
|----------------------------------------------------|-------------------|
| <b>FE</b>                                          | Equipo de Bombero |
| * Equipo de bombero : (2 set)                      |                   |
| - Equipo respiración autónoma con cilindro 7 L     |                   |
| - Traje anti llama incluido guantes, botas, casco. |                   |
| - Lámpara de seguridad.                            |                   |
| - Hacha bombero                                    |                   |
| - Arnes                                            |                   |
| - Cabo de seguridad 30 m                           |                   |
| - (1 cilindro repuesto por FE)                     |                   |

| Equipamiento salvataje (7 personas) |                             |                                                  |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|
|                                     | 13 Chaleco salvataje adulto | 6x camarotes, 2x Pte. gobierno, 6x Sala Máquinas |
|                                     | 8 Aro salvataje con luz     | 7x Cubierta Ppt., 1x Exterior P. Gob.,           |
|                                     | 2 Balsa inflable            | 2x Cubierta Principal                            |
|                                     | 2 Escalera de desembarco    | 2x Cubierta Principal                            |
|                                     | 1 Bolequín                  | 1x Acomodaciones                                 |
|                                     | 1 Camilla                   | 1x Entrada Habitabilidad Cub. Ppt.               |
|                                     | 1 Plano de seguridad        | 1x Entrada Habitabilidad Pasillo                 |

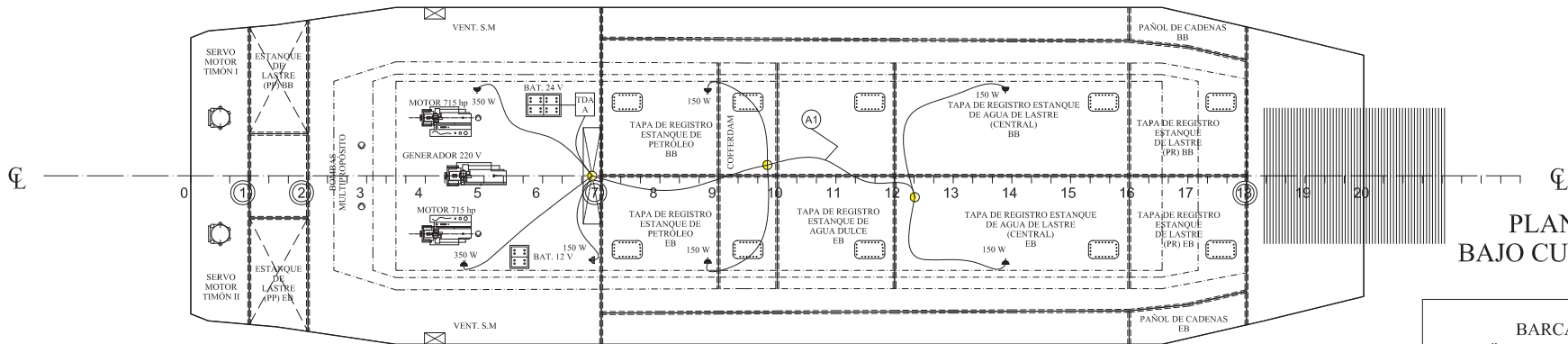
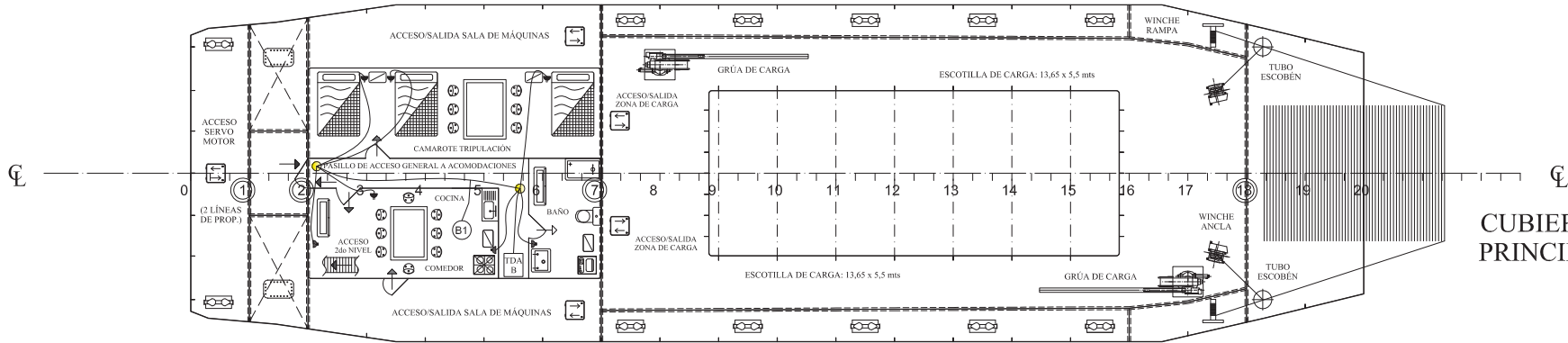
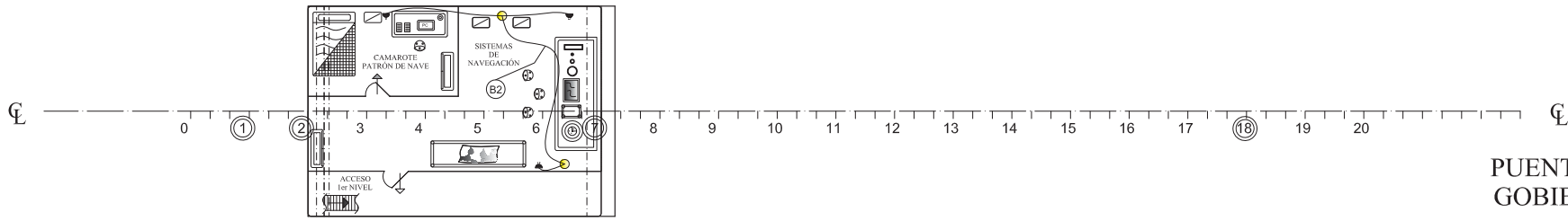
| Salidas de emergencia y puertas |                          |                    |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                 | Vías de escape principal |                    |
|                                 | 1 EPRB                   | Pulpito            |
|                                 | 1 Respondedor de radar   | Puente de Gobierno |
|                                 | 1 Radio portátil VHF     | Puente de Gobierno |

| CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES |       |          |
|-----------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL                | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA                | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                      | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO            | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO              | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD                   | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm   | 2x715 | [bhp]    |

| NOTAS                           |  |
|---------------------------------|--|
| REF.: SOLAS (Edición ref. 2002) |  |
| SOC. DE CLASIFICACIÓN: DNV AS   |  |

|                                                                                                                                                                                                                            |                                             |          |                         |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------|-------------------------|---------|
| <div> <div>           Universidad Austral de Chile<br/>           Facultad de Ciencias de la Ingeniería<br/>           Instituto de Ciencias Navales &amp; Marítimas<br/>           Ingeniería Naval         </div> </div> |                                             |          |                         |         |
| Proyecto                                                                                                                                                                                                                   | PLANO DE SEGURIDAD (BARCAZA MAYOR DE ACERO) | Fecha    | 22-12-2014              | Escala  |
| Proyecto                                                                                                                                                                                                                   | Gabriel A. Para Vera                        | Revisión | Richard L. Lucio Salman | 1:100   |
| Revisión                                                                                                                                                                                                                   |                                             |          |                         | Fto: A1 |





### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

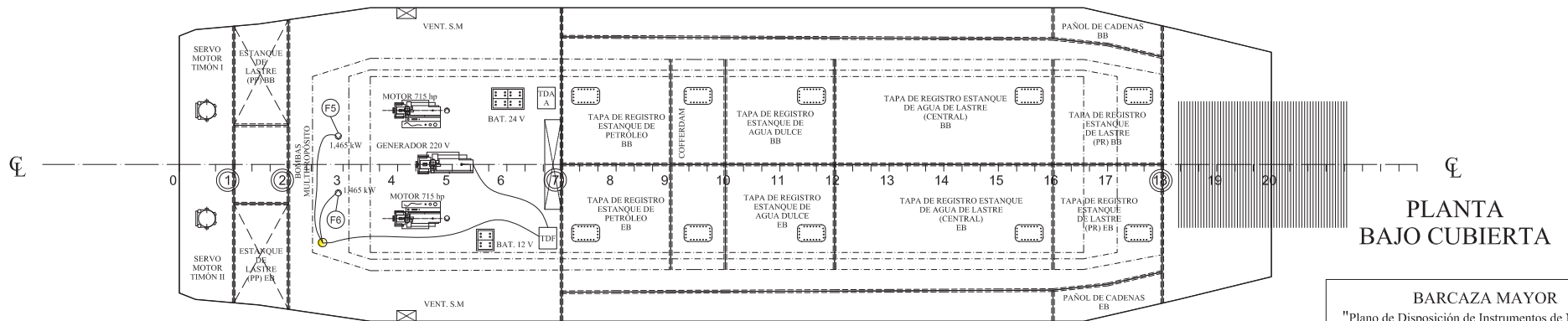
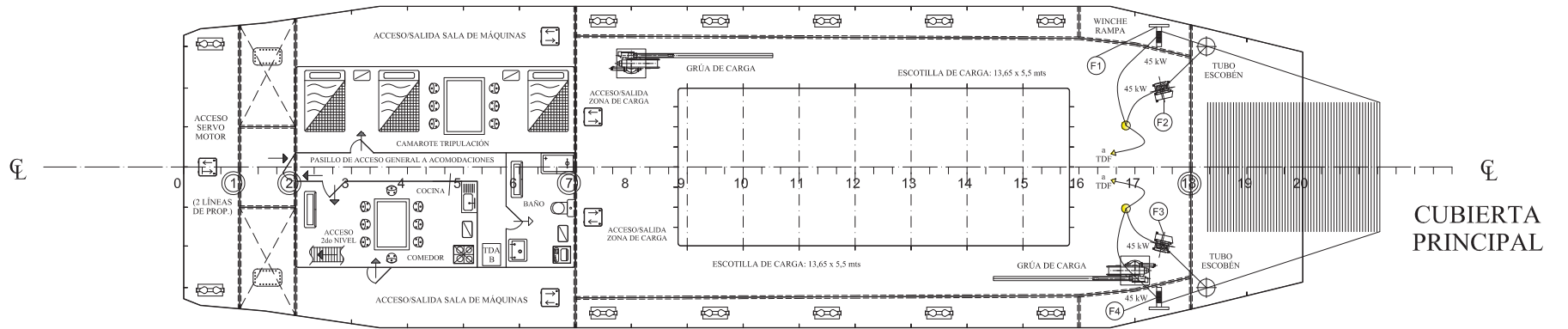
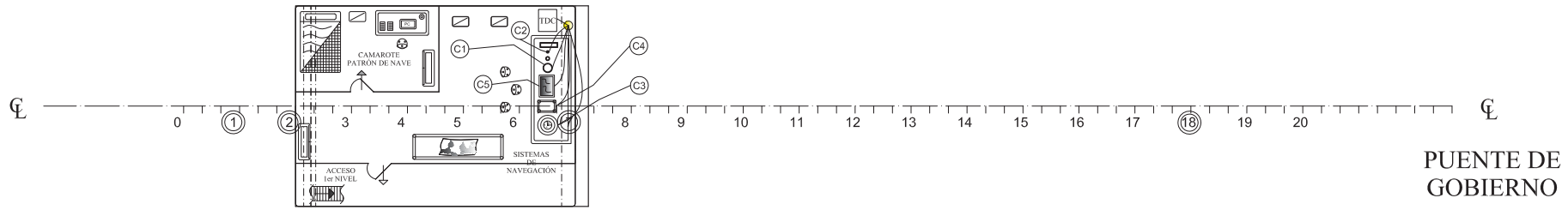
PUENTE DE GOBIERNO

CUBIERTA PRINCIPAL

PLANTA BAJO CUBIERTA

BARCAZA MAYOR  
"Plano de Disposición de Enchufes"

|                        |                                                               |                   |
|------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|
| NOMBRE EMB: ICNA299    | LAMINA: 1                                                     | DE: 4             |
| MATRICULA: VALDIVIA    | ESCALA: 1:100                                                 | FECHA: 22/12/2014 |
| ACEPTACIÓN PROPIETARIO | FORMATO: A2                                                   |                   |
| FIRMA<br>R.U.T.        | INSTALADOR                                                    |                   |
|                        | FIRMA<br>LICENCIA O TÍTULO<br>DOMICILIO COMERCIAL<br>TELÉFONO |                   |

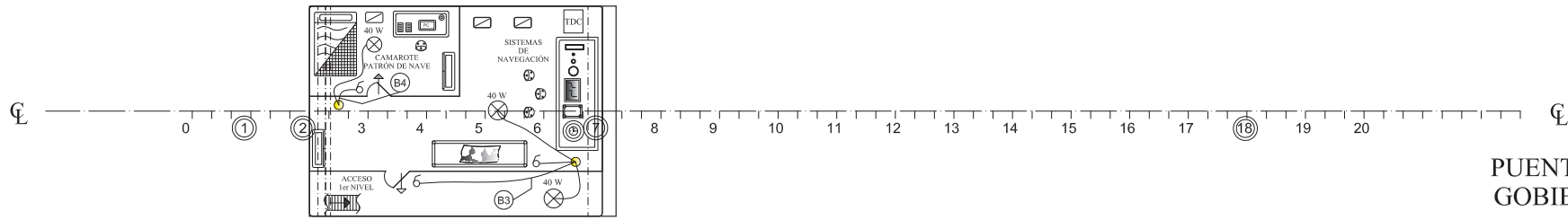


### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

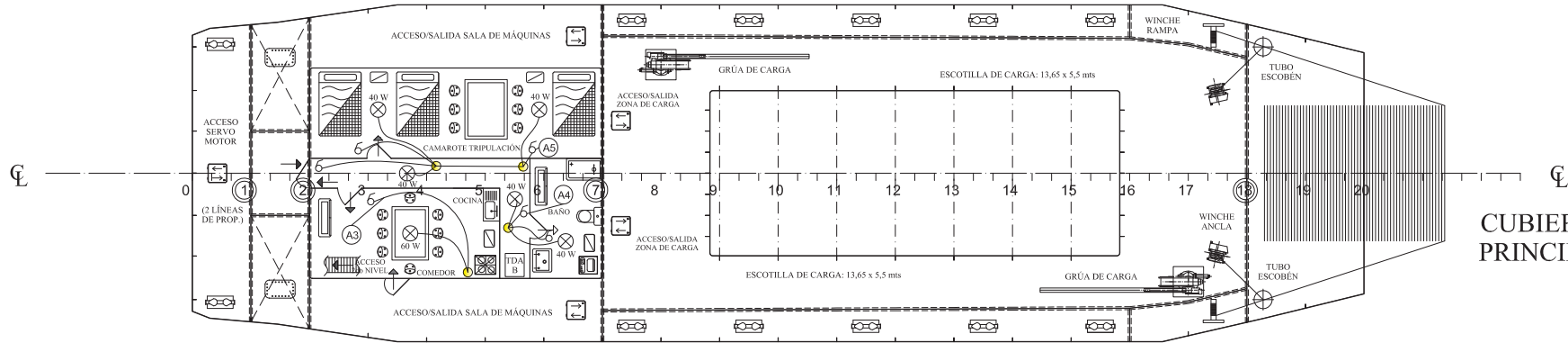
|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

| BARCAZA MAYOR                                                             |               |                                         |  |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------|--|
| "Plano de Disposición de Instrumentos de Navegación y Equipos de Fuerzas" |               |                                         |  |
| NOMBRE EMB: ICNA299                                                       | LAMINA: 2     | DE: 4                                   |  |
| MATRICULA: VALDIVIA                                                       | ESCALA: 1:100 | FECHA: 22/12/2014                       |  |
| ACEPTACIÓN PROPIETARIO                                                    |               | FORMATO: A2                             |  |
| FIRMA                                                                     |               | FIRMA                                   |  |
| R.U.T.                                                                    |               | LICENCIA O TÍTULO O DOMICILIO COMERCIAL |  |
|                                                                           |               | TELÉFONO                                |  |

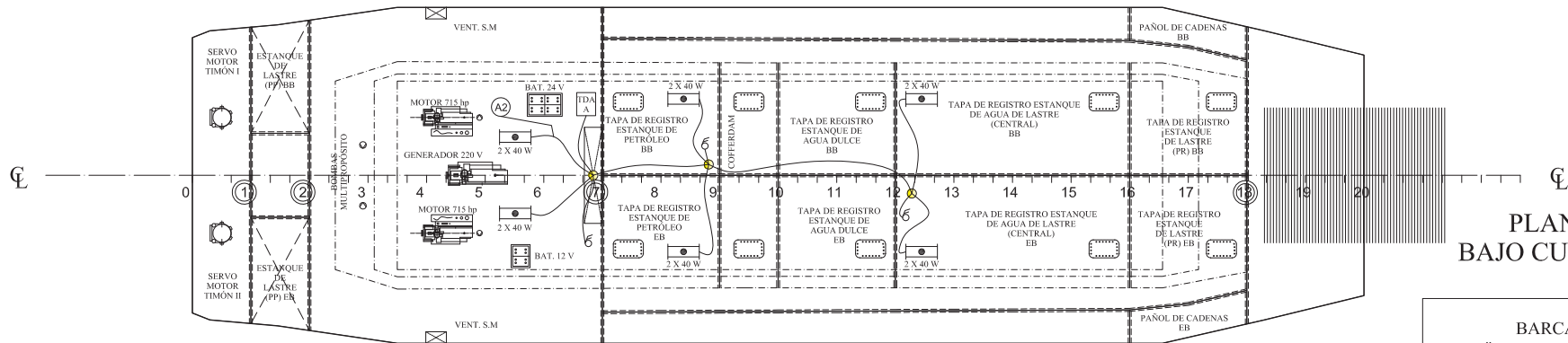




PUENTE DE GOBIERNO



CUBIERTA PRINCIPAL



PLANTA BAJO CUBIERTA

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

#### A6 LUCES DE NAVEGACIÓN:

1. Luz de tope 40 w
2. Busca boyas 40 w
3. Halógeno 40 w
4. Luz verde 40 w
5. Luz roja 40 w
6. Luz blanca 40 w
7. Estela 40 w

### BARCAZA MAYOR "Plano de Disposición de Alumbrado"

|                        |                                                               |                   |
|------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|
| NOMBRE EMB: ICNA299    | LAMINA: 3                                                     | DE: 4             |
| MATRICULA: VALDIVIA    | ESCALA: 1:100                                                 | FECHA: 22/12/2014 |
| ACEPTACIÓN PROPIETARIO | FORMATO: A2                                                   |                   |
| FIRMA<br>R.U.T.        | INSTALADOR                                                    |                   |
|                        | FIRMA<br>LICENCIA O TÍTULO<br>DOMICILIO COMERCIAL<br>TELÉFONO |                   |

DIAGRAMA UNILINEAL 24 VOLTS CC

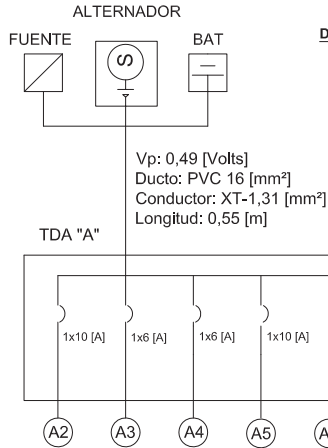


DIAGRAMA UNILINEAL 220 VOLTS CA

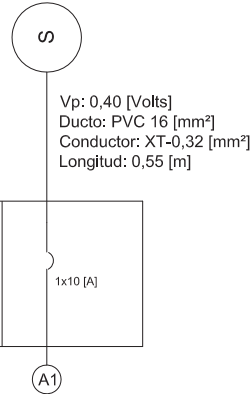


DIAGRAMA UNILINEAL 12 VOLTS CC

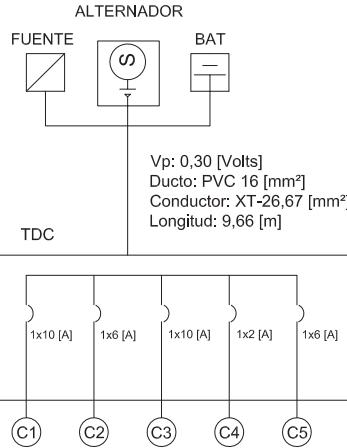


DIAGRAMA UNILINEAL 24 VOLTS CC

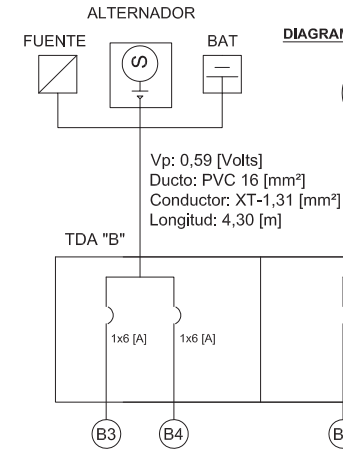
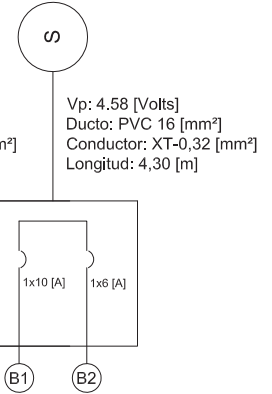


DIAGRAMA UNILINEAL 220 VOLTS CA



| CUADRO DE CARGA DE ALUMBRADO |             |           |     |      |                 |       |          |      |       |               |                  |              |          |                    |                          |
|------------------------------|-------------|-----------|-----|------|-----------------|-------|----------|------|-------|---------------|------------------|--------------|----------|--------------------|--------------------------|
| TDA                          | CIRCUITO N° | AMPOLLETA |     |      | EO. FLUORECENTE |       | ENCHUFES |      | OTROS | TOTAL CENTROS | POTENCIA TOTAL W | PROTECCIONES |          | CANALIZACIÓN       | OBSERVACIONES/ UBICACIÓN |
|                              |             | 40W       | 60W | 100W | 2X40W           | 3X40W | 150W     | 350W |       |               |                  | TMAG.        | DIFEREN. | COND.mm² Ø DUCT.   |                          |
| A                            | A1          |           |     |      |                 |       | 5        | 2    |       | 7             | 1450             | 1x10 [A]     |          | XT-2,08 PVC 16 mm² | SALA DE MAQUINAS         |
|                              | A2          |           |     |      | 6               |       |          |      |       | 6             | 240              | 1x10 [A]     |          | XT-8,37 PVC 16 mm² | BODEGA DE CARGA          |
|                              | A3          |           | 1   |      |                 |       |          |      |       | 1             | 60               | 1x6 [A]      |          | XT-2,08 PVC 16 mm² | SALA DE MAQUINAS         |
|                              | A4          | 2         |     |      |                 |       |          |      |       | 2             | 80               | 1x6 [A]      |          | XT-2,08 PVC 16 mm² | BODEGA DE CARGA          |
|                              | A5          | 3         |     |      |                 |       |          |      |       | 3             | 120              | 1x10 [A]     |          | XT-2,08 PVC 16 mm² | HABITADUO                |
|                              | A6          | 7         |     |      |                 |       |          |      |       | 7             | 280              | 1x16 [A]     |          | XT-3,31 PVC 16 mm² | CAMAROTE - PASILLO       |
| TOTAL                        |             | 12        | 1   |      | 6               |       | 5        | 2    |       | 26            | 2230             |              |          |                    | LUCES DE NAVEGACION      |

| CUADRO DE CARGA DE ALUMBRADO |             |           |     |      |                 |       |          |      |       |               |                  |              |          |              |                          |                                 |
|------------------------------|-------------|-----------|-----|------|-----------------|-------|----------|------|-------|---------------|------------------|--------------|----------|--------------|--------------------------|---------------------------------|
| TDA                          | CIRCUITO N° | AMPOLLETA |     |      | EQ. FLUORECENTE |       | ENCHUFES |      | OTROS | TOTAL CENTROS | POTENCIA TOTAL W | PROTECCIONES |          | CANALIZACIÓN | OBSERVACIONES/ UBICACIÓN |                                 |
|                              |             | 40W       | 60W | 100W | 2X40W           | 3X40W | 150W     | 350W |       |               |                  | TMAG.        | DIFEREN. | COND.mm²     | Ø DUCT.                  |                                 |
| B                            | B1          |           |     |      |                 |       | 5        | 2    |       | 7             | 1450             | 1x10 [A]     |          | XT-2,08      | PVC 16 mm²               | ENCHUFES HABITADUO              |
|                              | B2          |           |     |      |                 |       | 2        | 1    |       | 3             | 650              | 1x6 [A]      |          | XT-2,08      | PVC 16 mm²               | PUNTER PISO                     |
|                              | B3          | 2         |     |      |                 |       |          |      |       | 2             | 80               | 1x6 [A]      |          | XT-2,08      | PVC 16 mm²               | ENCHUFES HABITADUO              |
|                              | B4          | 1         |     |      |                 |       |          |      |       | 1             | 40               | 1x6 [A]      |          | XT-2,08      | PVC 16 mm²               | ALUMBRADO PUENTE                |
| TOTAL                        |             | 3         |     |      |                 |       | 7        | 3    |       | 13            | 2220             |              |          |              |                          | ALUMBRADO CAMAROTE SEGUNDO PISO |

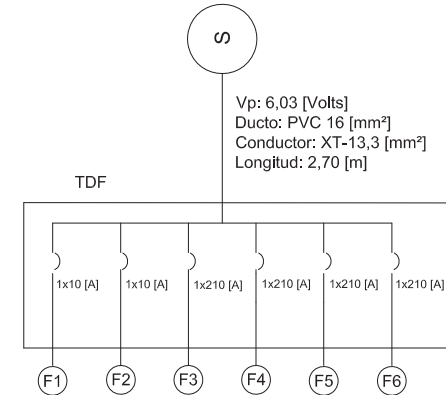
| CUADRO DE CARGA DE COMUNICACIONES |             |          |           |       |     |     |                |               |              |              |                          |                    |
|-----------------------------------|-------------|----------|-----------|-------|-----|-----|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------|
| TDC                               | CIRCUITO N° | RADIO HF | RADIO VHF | RADAR | GPS | AIS | POTENCIA TOTAL | TOTAL CENTROS | PROTECCIONES | CANALIZACIÓN | OBSERVACIONES/ UBICACION |                    |
|                                   |             |          |           |       |     |     |                |               | TMAG.        | DIFEREN.     | COND.mm² Ø DUCT.         |                    |
| C                                 | C1          | 1        |           |       |     |     | 100            | 1             | 1x10 [A]     |              | XT-2,08 PVC 16 mm²       | PUENTE DE GOBIERNO |
|                                   | C2          |          | 1         |       |     |     | 30             | 1             | 1x6 [A]      |              | XT-0,32 PVC 16 mm²       | PUENTE DE GOBIERNO |
|                                   | C3          |          |           | 1     |     |     | 100            | 1             | 1x10 [A]     |              | XT-3,31 PVC 16 mm²       | PUENTE DE GOBIERNO |
|                                   | C4          |          |           |       | 1   |     | 1,5            | 1             | 1x2 [A]      |              | XT-0,32 PVC 16 mm²       | PUENTE DE GOBIERNO |
|                                   | C5          |          |           |       |     | 1   | 50             | 1             | 1x6 [A]      |              | XT-1,31 PVC 16 mm²       | PUENTE DE GOBIERNO |
| TOTAL                             |             | 1        | 1         | 1     | 1   | 1   | 281,5          | 5             |              |              |                          |                    |

| CUADRO DE CARGA DE FUERZA |             |          |        |          |       |                |               |              |          |              |            |                          |
|---------------------------|-------------|----------|--------|----------|-------|----------------|---------------|--------------|----------|--------------|------------|--------------------------|
| TDF                       | CIRCUITO N° | MOTOR N° | BOMBAS | WINCHES. | OTROS | POTENCIA TOTAL | TOTAL CENTROS | PROTECCIONES |          | CANALIZACIÓN |            | OBSERVACIONES/ UBICACIÓN |
|                           |             |          |        |          |       |                |               | TMAG.        | DIFEREN. | COND.mm²     | Ø DUCT.    |                          |
| F                         | F1          |          | 1      |          |       | 1465W          | 1             | 1x10 [A]     |          | XT-3,31      | PVC 16 mm² | SALA DE MAQUINAS         |
|                           | F2          |          | 1      |          |       | 1465W          | 1             | 1x10 [A]     |          | XT-3,31      | PVC 16 mm² | SALA DE MAQUINAS         |
|                           | F3          |          |        | 1        |       | 45000          | 1             | 1x210 [A]    |          | XT-3,31      | PVC 16 mm² | CUBIERTA PRINCIPAL       |
|                           | F4          |          |        | 1        |       | 45000          | 1             | 1x210 [A]    |          | XT-5,26      | PVC 16 mm² | CUBIERTA PRINCIPAL       |
|                           | F5          |          |        | 1        |       | 45000          | 1             | 1x210 [A]    |          | XT-5,26      | PVC 16 mm² | CUBIERTA PRINCIPAL       |
|                           | F6          |          |        | 1        |       | 45000          | 1             | 1x210 [A]    |          | XT-3,31      | PVC 16 mm² | CUBIERTA PRINCIPAL       |
| TOTAL                     |             |          | 2      | 4        |       | 182930         | 6             |              |          |              |            |                          |

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

|                           |       |          |
|---------------------------|-------|----------|
| ESLORA TOTAL              | 39    | [metros] |
| MANGA MÁXIMA              | 11,2  | [metros] |
| PUNTAL                    | 4,0   | [metros] |
| CALADO DE DISEÑO          | 2,15  | [metros] |
| DESPLAZAMIENTO            | 564,6 | [ton]    |
| VELOCIDAD MÁXIMA          | 10    | [kn]     |
| POTENCIA (MCR) - 2100 rpm | 2x715 | [bhp]    |

DIAGRAMA UNILINEAL 220 VOLTS CA



### BARCAZA MAYOR "Plano Unilineal Eléctrico y Cuadros de Carga"

|                        |                                                      |                   |
|------------------------|------------------------------------------------------|-------------------|
| NOMBRE EMB: ICNA299    | LAMINA: 4                                            | DE: 4             |
| MATRICULA: VALDIVIA    | ESCALA: 1:100                                        | FECHA: 22/12/2014 |
| ACEPTACIÓN PROPIETARIO | FORMATO: A2                                          |                   |
|                        | INSTALADOR                                           |                   |
| FIRMA                  | FIRMA                                                |                   |
| R.U.T.                 | LICENCIA O TÍTULO<br>DOMICILIO COMERCIAL<br>TELÉFONO |                   |