



**PROYECTO FIN DE CARRERA  
INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL**

**RECONVERSIÓN DE BUQUE DE PESCA**



Autor: Adrián Hita Espejo

Tutor: Francisco Blasco Lloret

Septiembre de 2012



## **Resumen:**

El presente proyecto se centra en mostrar el proceso mediante el cual un buque de pesca, cuya vida útil ha finalizado, es reconvertido en una embarcación de recreo, contando con todas las comodidades propias de este tipo de embarcaciones. Mostrándose: las modificaciones realizadas a la estructura, numeración de las partes a eliminar, cálculo de los nuevos refuerzos en las zonas situadas por encima de la cubierta de francobordo y posteriormente comprobándose el cumplimiento de la normativa en cuanto a lo que a estabilidad se refiere. En último lugar se detallan algunos de los principales equipos y servicios tanto de seguridad como de exhaustación, con los que contará la nueva embarcación tras la reconversión. En general en este proyecto se realiza un nuevo diseño partiendo de uno anterior, que es el que poseía el buque de pesca, comprobándose seguidamente si el nuevo diseño es adecuado o no a los requisitos del proyecto.

# Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>6</b>
1.1. Sinopsis.....	6
1.2. Objetivo.....	7
<b>2. Selección del buque pesquero.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Croquis de la nueva disposición general.....</b>	<b>9</b>
3.1. Requisitos del proyecto:.....	9
<b>4. Relación de pesos que se eliminan .....</b>	<b>10</b>
4.1. <i>Método de cálculo de espesores</i> .....	11
Cálculo de espesores de paneles pertenecientes a superestructuras y casetas de cubierta (Sección 12). .....	11
4.1.1. Cálculo de espesores de cubiertas (Sección 11).....	12
4.1.2. Cálculo del espesor de la amurada (sección 13) .....	13
4.2. Pesos que fueron eliminados.....	15
4.2.1. Situados por encima de la cubierta de francobordo:.....	15
4.2.2. Pesos situados en el exterior de la superestructura .....	19
4.2.3. <i>Resto de pesos</i> .....	26
<b>5. Relación de pesos añadidos con el nuevo diseño.....</b>	<b>34</b>
5.1. Paneles .....	34
5.2. Refuerzos.....	38
5.3. Piscina.....	41
5.4. Gimnasio.....	41
<b>6. Calculo de la nueva estructura .....</b>	<b>42</b>
6.1. Calculo de los paneles .....	42
6.2. Calculo de los refuerzos .....	48
<b>7. Estudio de la estabilidad del buque.....</b>	<b>58</b>
7.1. Cubiertas o protecciones.....	64
7.2. Aberturas de inundación.....	65

7.3.	Ensayo de altura de inundación .....	66
7.4.	Ángulo de inundación .....	69
7.5.	Ensayo de compensación de cargas.....	72
7.6.	Resistencia a las olas + viento .....	76
7.6.1.	<i>Balance transversal debido a las olas y al viento</i> .....	76
7.6.2.	<i>Resistencia a las olas</i> .....	80
<b>8.</b>	<b>Equipos y servicios del buque.....</b>	<b>81</b>
8.1.	Elementos de salvamento .....	83
8.2.	Equipo de fondeo .....	84
8.3.	Equipo de navegación .....	85
8.4.	Equipos y detección contra incendios.....	86
8.4.1.	<i>Extintores</i> .....	86
8.4.2.	<i>Baldes</i> .....	88
8.4.3.	<i>Detección</i> .....	88
8.5.	Medios de achique .....	89
8.6.	Descarga de aguas sucias .....	90
8.7.	Servicio de exhaustación de los gases del motor.....	90
<b>9.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>92</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo A</b>	<b>.....</b>	<b>94</b>

# 1. Introducción

## 1.1. Sinopsis

En el presente proyecto se detalla la restructuración de un buque de pesca, para su conversión en una embarcación de recreo. Para ello se parte de los datos proporcionados por el director de este proyecto, comenzando a realizar un nuevo diseño y posteriormente observando las implicaciones de este en lo que respecta a posición de pesos, estructura, estabilidad y equipos para el cumplimiento de las normativas.

Los datos de partida son los siguientes:

1. Archivo IGS con las formas de la embarcación hasta la cubierta de francobordo.
2. Archivo PDF con los planos de disposición general del pesquero.
3. Características del motor.
4. Peso en rosca del pesquero y situación de su centro de gravedad (c.d.g).

Con estos datos de partida el esquema de trabajo será el siguiente:

1. Rediseño del buque base.
2. Definición preliminar de la nueva disposición general.
3. Calculo de la nueva estructura (Según el American Bureau of Shipping).
4. Estudio de la estabilidad del buque ya reconvertido.
5. Definición de los principales equipos y servicios del mismo.

## 1.2. Objetivo

El objetivo a alcanzar con este proyecto es el de lograr completar la restructuración del buque pesquero, a fin de poder aplicar conocimientos de diferentes materias cursadas a lo largo de la carrera de Ingeniería Técnica Naval, como son: Cálculo de estructuras, estabilidad, diseño en programas 2d y 3d, y poder comprobar si el nuevo diseño cumple los requisitos en lo que respecta a resistencia estructura y estabilidad.



Pesquero de arrastre de similares características al reconvertido en este proyecto

## 2. Selección del buque pesquero

En este capítulo se mostrara el plano de disposición general del pesquero, el cual es reconvertido en este proyecto.

La finalidad de este apartado es la de dar una idea al lector, del diseño con el que contaba la embarcación antes de sufrir la reconversión, para que de este modo pueda ser consciente de los cambios experimentados en el mismo.

Cabe destacar que la selección del buque pesquero fue realizada basándose en los consejos del que es director de este proyecto: Francisco Blasco Lloret, el cual proporcionó la información y planos del pesquero de arrastre, que había finalizado su vida útil y que sería conducido a desguace próximamente.

El buque contaba con una distribución típica de este tipo de embarcaciones, enfocada a facilitar las labores de pesca y con una habilitación de carácter básico.

El plano de disposición general del mismo puede ser visto en el anexo A de este proyecto, dedicado a albergar los planos.

### 3. Croquis de la nueva disposición general

El este capítulo se muestra la nueva disposición general de la embarcación tras sufrir la reconversión, si bien la misma se muestra de forma esquemática, con el objetivo de facilitar la comprensión por parte del lector a la hora de visualizar los siguientes apartados referidos a los pesos eliminados y añadidos.

Para la realización de esta nueva disposición general cabe destacar que prácticamente fueron eliminados todos los paneles pertenecientes a la superestructura, elementos y equipos situados por encima de la cubierta de francobordo.

Como queda patente en esta nueva disposición, el buque (en el cual es fácilmente apreciable su nuevo uso como embarcación de recreo), cuenta con tres cubiertas, situándose en la más alta el puente de gobierno, y conservando en la más baja la cámara de máquinas al completo.

El objetivo de esta nueva disposición general es la búsqueda del confort, contando incluso con un gimnasio y una piscina de pequeñas dimensiones.

El croquis de esta nueva disposición general se encuentra en el anexo A de este proyecto, dedicado a albergar los planos.

#### 3.1.Requisitos del proyecto:

Tras la conversión, la embarcación paso a tener una finalidad recreativa y se fijaron unos requisitos mínimos:

- La nueva embarcación contara con pabellón español
- Cumplirá con las siguientes normativas:
  - UNE-EN ISO 12217-1 en lo que respecta a estabilidad
  - ORDEN FOM 1144/2003 que define los equipos mínimos
- El número de pasajeros máximo será de 11 personas
- El número de tripulantes será de 1 persona
- Categoría de diseño B
- Zona de navegación 2

#### 4. Relación de pesos que se eliminan

En este apartado se detallan uno por uno los principales pesos eliminados al realizar el nuevo diseño, además se muestran los métodos de cálculo empleados para el cálculo de los espesores, los cuales se encuentran recogidos en el ABS que es el reglamento usado en este proyecto, ya que el tanto en el diseño anterior como en el nuevo, la embarcación está construida en Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), en laminado simple.

En este apartado también se muestran las posiciones de los c.d.g de los diferentes pesos eliminados y el valor de los mismos dado en toneladas.

La finalidad de este apartado es la de ofrecer al lector una lista enumerada, que junto con las imágenes incluidas en el mismo permitan conocer la situación y valor de los elementos eliminados al producirse la reconversión.

Para el cálculo del valor de los pesos a eliminar es necesario destacar:

1. El cálculo de los espesores de los paneles se realizó siguiendo el reglamento del ABS.
2. A efectos de cálculo se considero el peso específico del PRFV igual a  $1538 \text{ kg/m}^3$ , valor medio dado por el Germanischer Lloyd.
3. Se supuso que todos los paneles estaban contruidos en laminado simple de PRFV

#### 4.1. Método de cálculo de espesores

Cálculo de espesores de paneles pertenecientes a superestructuras y casetas de cubierta (Sección 12).

Primero es necesario conocer la carga de diseño, que varía dependiendo si nos encontramos en la zona de proa o en la zona de costados y popa. En nuestro caso se utilizó la carga de diseño en proa para todo el cálculo, a fin de contar con un mayor margen de seguridad. También realizaremos el cálculo para como si de un buque de navegación ilimitada se tratase, siendo la fórmula a emplear:

$$h = 0,0199L + 0,51 \text{ m} = 0,9279 \quad \text{Sec.12 Ch2.1.a}$$

donde

$h$  es la carga de diseño en metros

$L$  es la eslora del buque definida en la sección 2

$$L = 21 \text{ m}$$

Una vez conocida la carga de diseño pasamos a calcular el espesor del panel, este cálculo varía en función de si se trata de un panel curvo o un panel plano, siendo:

##### A. Paneles planos

$$t = 0,0510s^3\sqrt{kh} \text{ mm} \quad \text{Sec.12 Ch3.2.a}$$

donde

$t$  es el espesor del panel en mm

$s$  es el span o lado de menores dimensiones del panel en mm

$k$  es el coeficiente dado por la tabla 7.1 de este reglamento

## B. Paneles curvos

$$t = 0,04r\sqrt[3]{h/(k_1^2 - 1)} \text{ mm} \quad \text{Sec.12 Ch3.2.b}$$

donde

- $t$  es el espesor del panel en mm
- $r$  es el radio medio de curvatura en mm
- $k_1$  coeficiente que varía en función de forma inversa a  $\alpha$  tal y como se muestra en la tabla 7.2
- $\alpha$  la mitad del ángulo descrito por el panel curvado.

### 4.1.1. Cálculo de espesores de cubiertas (Sección 11)

11.2.1 En este apartado de la sección 11 del ABS se puntualiza que el espesor de una cubierta de laminado simple de PRFV no debe ser menor de:

$$t = 0,0642s\sqrt[3]{kch} \text{ mm} \quad \text{Sec.11 Ch2.1}$$

donde

- $t$  es el espesor en mm
- $s$  es el espaciado entre baos dado en mm
- $K$  coeficiente que varía según se muestra en la tabla 7.1 del reglamento
- $h$  es la altura dada en metros, la cual se define en el apartado 11.2.a para el caso de buques de servicio no restringido.

11.2.a En función de la posición en el buque de la cubierta a calcular, las formulas empleadas para el cálculo de la altura  $h$  son las siguientes:

1. Cubierta de francobordo expuesta

$$h = 0,02L + 0,46 \text{ m} \quad \text{Sec.11 Ch2.a.1}$$

2. Cubiertas de superestructuras

$$h = 0,02L + 0,46 \text{ m} \quad \text{Sec.11 Ch2.a.2}$$

3. Cubierta de francobordo situada entre la superestructura y cualquier cubierta situada por debajo de la de francobordo.

$$h = 0,01L + 0,61 \text{ m} \quad \text{Sec.11 Ch2.a.3}$$

4. Cualquier otra localización

$$h = 0,01L + 0,30 \text{ m} \quad \text{Sec.11 Ch2.a.4}$$

#### 4.1.2. Cálculo del espesor de la amurada (sección 13)

13.1.2 En este apartado dedicado a las amuradas se dice: "El espesor de la amurada será continuación del espesor del costado", según lo cual he de dirigirme a la sección nº 8 donde se nos proporciona la siguiente fórmula para el cálculo del espesor de costado:

$$t = 0,0510 \times s \times \sqrt[3]{k \times h} \text{ mm} \quad \text{Sec.8 ch1.2.a}$$

donde

$t$  es el espesor del costado en mm.

$s$  es el lado de menor dimensión del panel dado en mm.

$h$  es la distancia comprendida entre el borde más bajo del panel y la cubierta de francobordo dada en m.

Sin embargo, para el cálculo de la amurada al tratarse de un panel curvo se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$t = 0,04 \times r \times \sqrt[3]{h(k_1^2 - 1)} \text{ mm} \quad \text{Sec.8 ch1.2.a}$$

donde

r es el radio medio de curvatura del panel situado entre soportes, dado en la figura 7.1 del reglamento.

h es la distancia comprendida entre el borde más bajo del panel y la cubierta de francobordo dada en m.

$k_1$  coeficiente que varía en función de forma inversa a  $\alpha$  tal y como se muestra en la tabla 7.2

$\alpha$  la mitad del ángulo descrito por la plancha curvada

Como no se dispone de la situación de los refuerzos del buque, se toma un radio aproximado de B/3.

$$r = 6,12/3 = 2,04 \text{ m} = 2040 \text{ mm}$$

El valor de  $K_1$  viene dado por la figura 7.2, como en este caso tampoco se dispone del ángulo se supuso un valor intermedio de 60°. Quedando:

$$k_1 = 4,37$$

Al realizar el mismo cálculo pero, con las formulas dadas en la sección siete del reglamento se obtuvo:

$$t = 0,0510 \times s \times \sqrt[3]{(k \times h)} \text{ mm} \quad \text{Sec.7 ch1.2.a}$$

Utilizando el valor de la distancia  $h = 4550$  mm para el cálculo del espesor del fondo dado por el ABS.

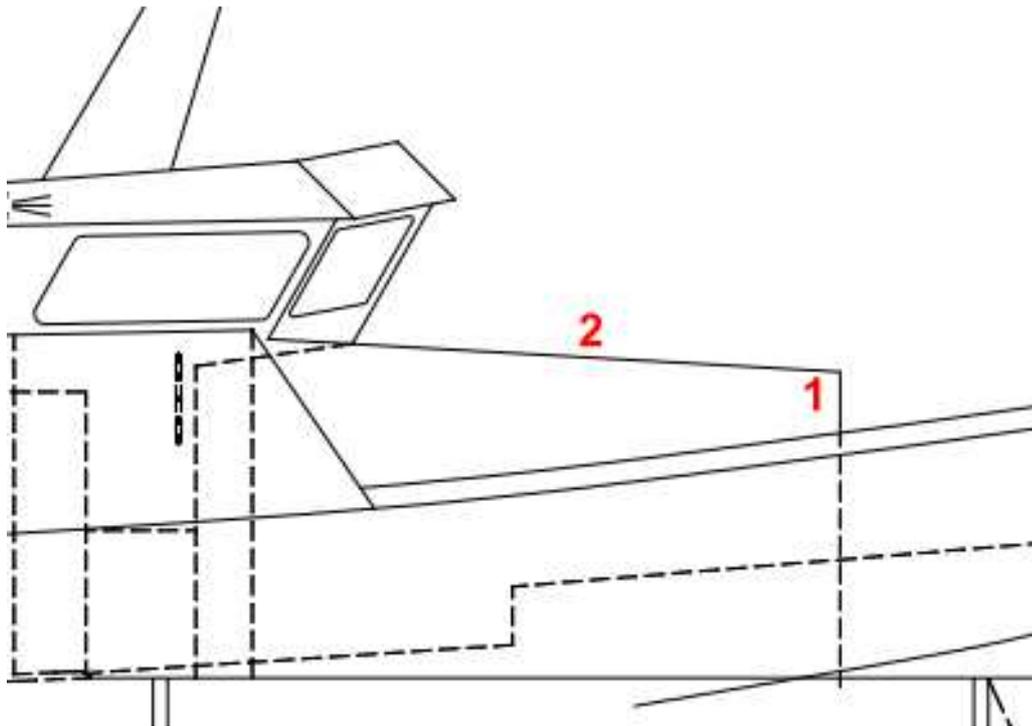
$$T_{\text{costado}} \approx 113 \text{ mm}$$

$$T_{\text{fondo}} \approx 117 \text{ mm}$$

De estos dos espesores tomo el mayor como el espesor de la amurada.

#### 4.2. Pesos que fueron eliminados

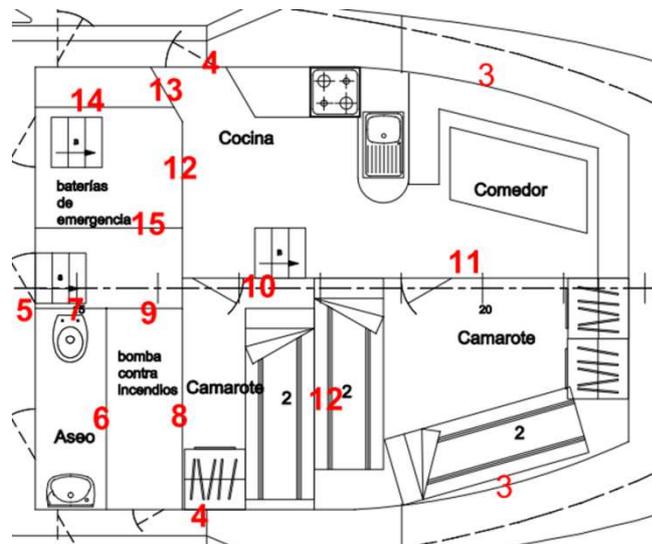
##### 4.2.1. Situados por encima de la cubierta de francobordo:



Perfil superestructura en zona de proa

1. Panel  
 3,05m x 2,1m  $t \approx 31\text{mm}$   
 LCG= 17m VCG= 4,15m TCG= 0m  
 PESO= 0, 305 t

2. Panel  
 Area  $\approx 7, 44 \text{ m}^2$   $t \approx 23\text{mm}$   
 LCG=15,789m VCG= 5,26m TCG= 0m  
 PESO= 0, 263 t



Planta de la zona de habitación situada en la superestructura

3. Paneles ( x 2)  
 2,33m X 3, 34 m  $t \approx 33\text{mm}$   
 LCG=15,34m VCG= 5,26m TCG= 0m  
 PESO= 0, 790 t

4. Paneles (x 2)  
 2,39m X 3,69 m  $t \approx 35\text{mm}$   
 LCG=13,045 VCG= 4,295m TCG= 0m  
 PESO= 0, 949t

5. Panel  
 3,368m x 4,422m      t ≈ 47mm  
 LCG= 17m      VCG= 4,15m      TCG=0m  
 PESO= 1, 077 t
6. Panel aseo  
 2m x 1,9m      t ≈ 24mm  
 LCG= 11,84m      VCG= 4,05m      TCG=1,2m  
 PESO= 0,140 t
7. Panel 2 aseo  
 0,7m x 1,9m      t ≈ 11mm  
 LCG= 11,49m      VCG= 4,05m      TCG=0,2m  
 PESO= 0,023 t
8. Panel c.bombas C.I  
 2m x 1,9m      t ≈ 25mm  
 LCG= 12,54m      VCG= 4,05m      TCG=1,2m  
 PESO= 0,146 t
9. Panel 2 c.bombas C.I  
 0,7m x 1,9m      t ≈ 11mm  
 LCG= 12,19m      VCG= 4,05m      TCG=0,2m  
 PESO= 0,023 t
10. Panel camarote 2  
 1,3m x 1,9 m      t ≈ 19mm  
 LCG= 13,19m      VCG= 4,05m      TCG=-0,1 m  
 PESO= 0,072 t
11. Panel camarote 1  
 3,1m x 1,9 m      t ≈ 28mm  
 LCG= 15,39m      VCG= 4,05m      TCG=-0,1m  
 PESO= 0,254 t

12. Panel 2 camarote 1

2,3m x 1,9 m                      t ≈ 26mm  
LCG= 13,84m                      VCG= 4,05m                      TCG=1,05m  
PESO= 0,254 t

13. Panel cocina

1m x 1,9 m                      t ≈ 15mm  
LCG= 12,6m                      VCG= 4,05m                      TCG=-0,6m  
PESO= 0,044 t

14. Panel 2 cocina

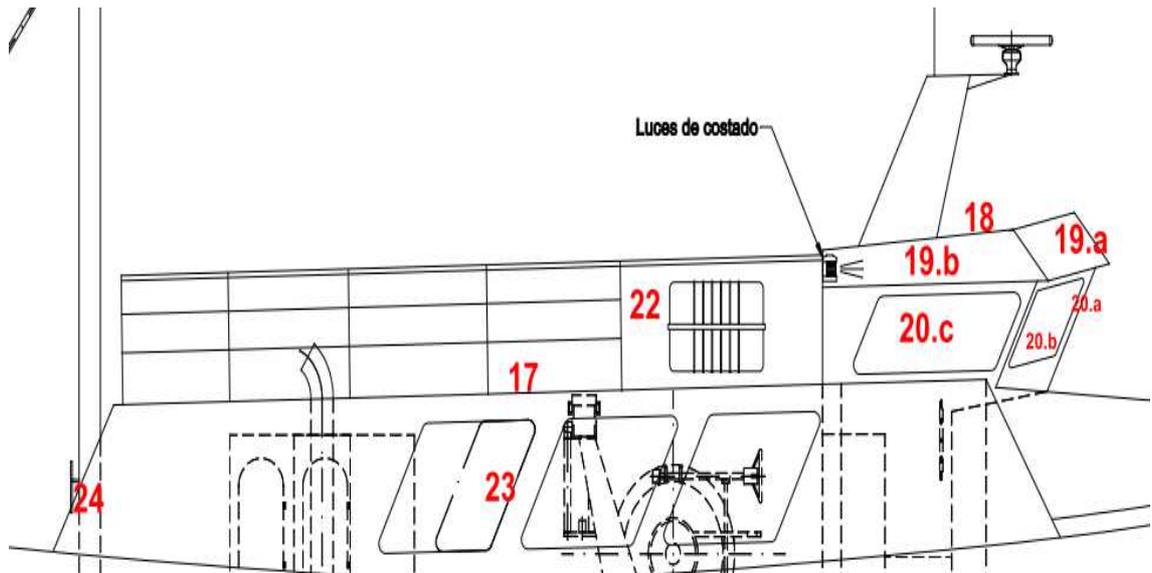
0,5m x 1,9 m                      t ≈ 15mm  
LCG= 12,4m                      VCG= 4,05m                      TCG=-1,2m  
PESO= 0,022 t

15. Panel sala baterías

1,4m x 1,9 m                      t ≈ 20mm  
LCG= 11,9m                      VCG= 4,05m                      TCG=-1,8m  
PESO= 0,082 t

16. Panel 2 sala de baterías

1,4m x 1,9 m                      t ≈ 20mm  
LCG= 11,9m                      VCG= 4,05m                      TCG=-0,6m  
PESO= 0,082 t



Vista lateral de la superestructura del buque pesquero

#### 4.2.2. Pesos situados en el exterior de la superestructura

##### 17. Cubierta superior parque de pesca

5,2m x 7,95 m                      t ≈ 19mm

LCG= 7,15m              VCG= 5,37m                      TCG=0m

PESO= 1,208 t

##### 18. Panel techo puente de gobierno

3,378m x 4,422 m              t ≈ 19mm

LCG= 12,89m              VCG= 6,63m                      TCG=0m

PESO= 0,284 t

Para el cálculo del espesor del panel anterior, se considero al mismo como si de un panel plano se tratase, a fin, de simplificar los cálculos y teniendo en cuenta que a la hora de realizar los cálculos (estabilidad) el c.d.g del mismo se encontrara más elevado.

#### 19. Paneles frontales del puente de gobierno

a. Panel central (x 2):

0,838m x 2,211 m x2                      t ≈ 13mm  
LCG= 14m    VCG= 6,6m                      TCG=0m  
PESO= 0,075 t

b. Paneles laterales (x 2)

0,838m x 2,5 m x2                      t ≈ 13mm  
LCG=12,35    VCG= 6,6m    TCG=0m\*  
PESO= 0,084 t

Al tratarse de dos paneles situados a ambos lados, fueron considerados como un solo peso con TCG=0 m.

#### 20. Paneles puente de gobierno

c. Panel frontal:

0,75m x 1,65 m                              t ≈ 13mm  
LCG= 14m                      VCG= 5,95m                      TCG=0m

Para el cálculo del peso de este panel se supuso que el mismo contaba con una ventana de dimensiones 0,6m x 1,45

PESO= 0,008 t

d. Paneles laterales-frontales (x2 )

0,75m x 1,4m x2                      t ≈ 13mm  
LCG= 13,5m                      VCG= 5,95m                      TCG=0m

PESO = 0,013 t

Al tratarse de dos paneles situados a ambos lados del plano de crujía, fue considerado como un solo peso con TCG=0 m, del mismo modo se considero que sus VCG son iguales al del panel 20.a  
Para el cálculo del peso de este panel se supuso que el mismo contaba con una ventana de dimensiones 0,6m x 1,2m.

e. Paneles laterales ( x 2)

0,75m x 2m x2                      t ≈ 13mm  
LCG= 12,1m                      VCG= 5,95m                      TCG=0m

Al tratarse de dos paneles situados a ambos lados del plano de crujía, fueron considerados como un solo peso con TCG=0 m, del mismo modo se considero que sus VCG son iguales al del panel 20.a.  
Para el cálculo del peso de este panel se supuso que el mismo contaba con una ventana de dimensiones 0,6m x 1,8m.  
PESO = 0,017 t

21. Cubierta puente de gobierno:

3,1m x 4,4 m                      t ≈ 16mm  
LCG= 12,65m                      VCG= 5,89m                      TCG=0m  
PESO= 0,336 t

22. Paneles inicio barandillas cubierta superior (x 2):

1m x 2,25 m x 2                      t ≈ 15mm  
LCG= 9,975m                      VCG= 5,9m                      TCG=0m  
PESO=0,072 t

Al tratarse de dos paneles situados a ambos lados del plano de crujía, fueron considerados como un solo peso con  $TCG=0$  m. Para el cálculo del peso de este panel se supuso que el mismo contaba con un aligeramiento de dimensiones  $0,7\text{m} \times 1\text{m}$ .

23. Paneles laterales parque de pesca (exceptuando parte perteneciente a la amurada) x 2

$7,95\text{m} \times 1,18\text{m} \times 2$   $t \approx 18\text{mm}$   
 $LCG= 7,18\text{m}$   $VCG=4,69\text{m}$   $TCG=0\text{m}$   
 $PESO=0,520\text{ t}$

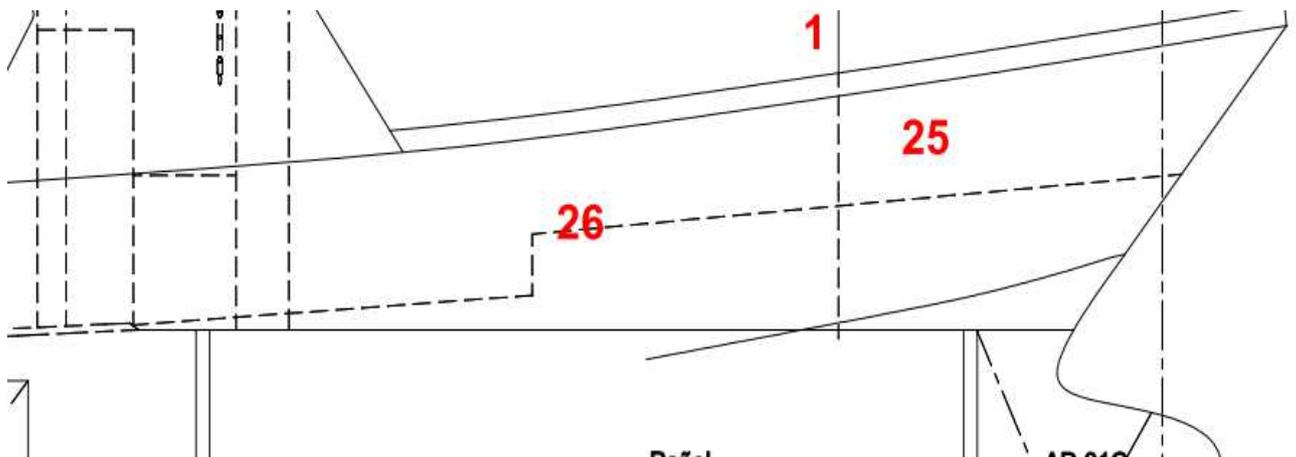
Al tratarse de dos paneles situados a ambos lados del plano de crujía, fueron considerados como un solo peso con  $TCG=0$  m

24. Continuación paneles laterales del parque de pesca (x 2):

Triángulos de áreas =  $0,275\text{m}^2$   $t \approx 18\text{mm}$   
 $LCG= 2,9\text{m}$   $VCG= 5,02\text{m}$   $TCG=0\text{m}$   
 $PESO=0,015\text{ t}$

Al tratarse de dos paneles situados a ambos lados del plano de crujía, fueron considerados como un solo peso con  $TCG=0$  m. En cuanto al espesor del mismo, fue considerado igual al del panel anterior.

## 25.AMURADA:



Vista lateral de la obra muerta en la zona de proa

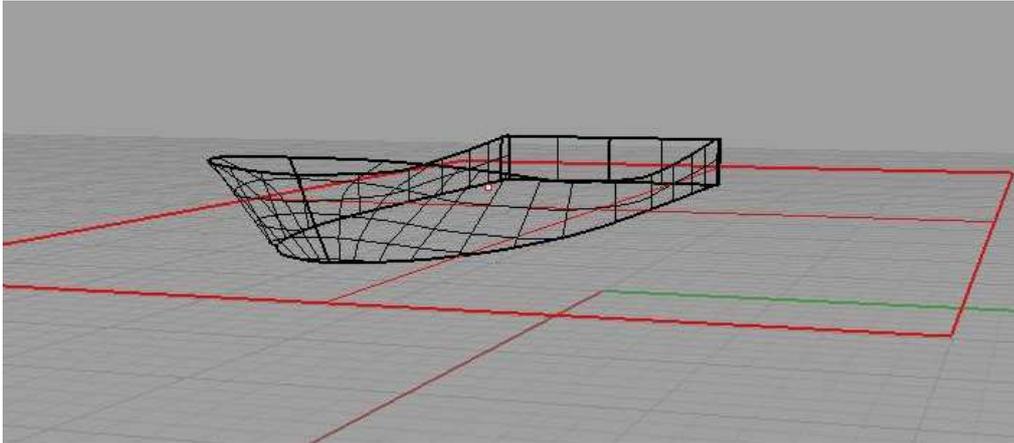
En lo que respecta al espesor de la amurada, realizando los cálculos de espesores de costado y fondo se llegó a:

$$T_{\text{costado}} \approx 113\text{mm}$$

$$T_{\text{fondo}} \approx 117\text{mm}$$

De estos dos espesores se toma el mayor como el espesor de la amurada.

El área es calculada utilizando la función análisis del programa de diseño rhino (Área =  $64,6735 \text{ m}^2$ ). Para el cálculo del c.d.g área fue utilizada la función disponible en el programa de diseño Rhinoceros: Calculo centroide del área.



Captura de la estructura 3d en rhino de la amurada

LCG= 9,962m

VCG= 3,81 m

TCG=0m

PESO=11,6 t

#### 26.Semi-cubierta de proa:

Para el cálculo del espesor de esta cubierta se utilizó la fórmula presente en la sección nº 11, para cubiertas de francobordo expuestas:

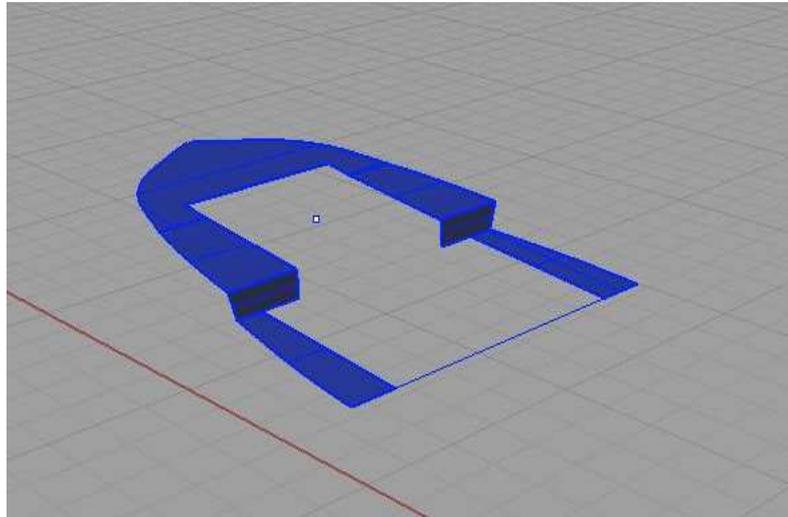
$$t = 0,0642 \times s \sqrt[3]{k \times c \times h} \text{ mm}$$

Siendo h en este caso:

$$h = 0,02 \times L + 0,76 \text{ m}$$

$t \approx 19 \text{ mm}$

Tanto para el cálculo del área como del c.d.g de esta semi-cubierta se empleó el programa de diseño Rhinoceros, obteniendo:



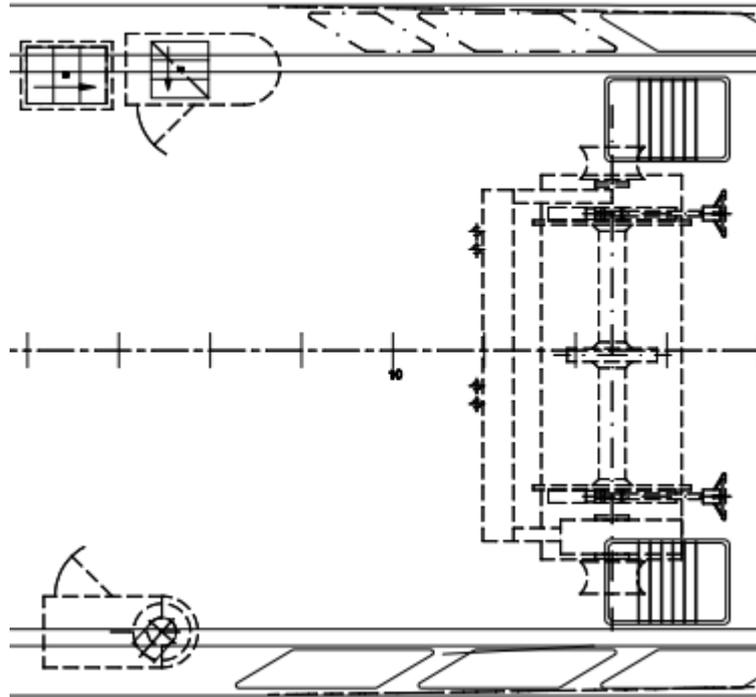
Captura de la estructura 3d en rhino de la semi-cubierta

Área= 16,654 m<sup>2</sup>

LCG= 16,10m      VCG= 3,757 m      TCG=0m  
PESO=0,487 t

4.2.3. Resto de pesos

27.Maquinilla:



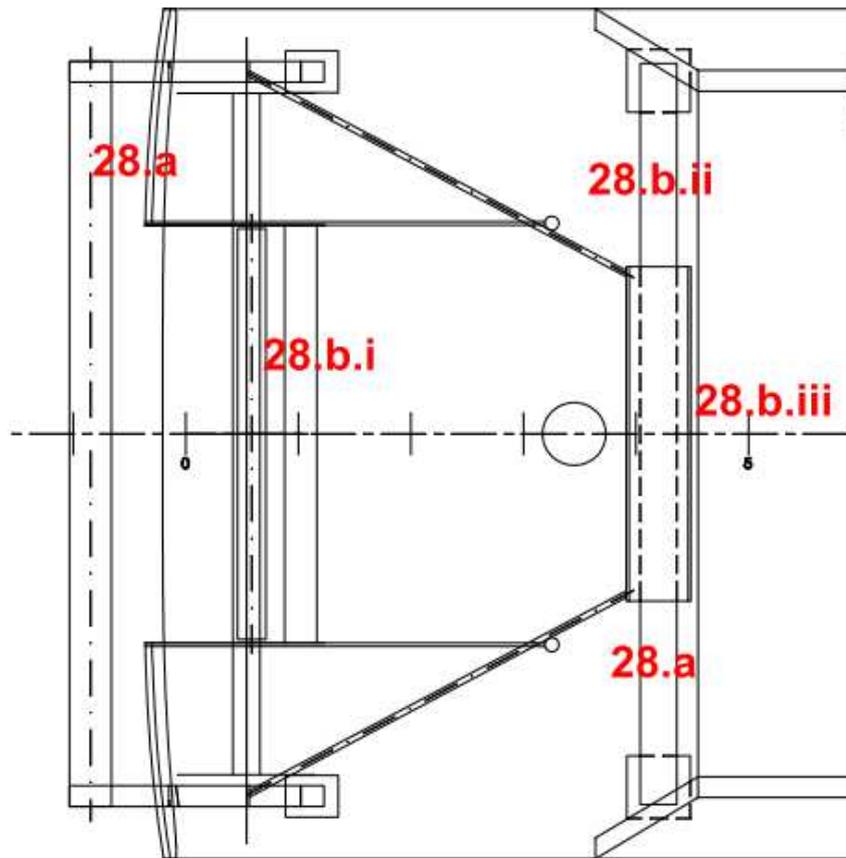
Vista en planta de la zona de popa

Con un peso estimado de 5 t y con su c.d.g situado en el eje.

LCG=9,5m      VCG= 4,1m    TCG=0m

PESO=5 t

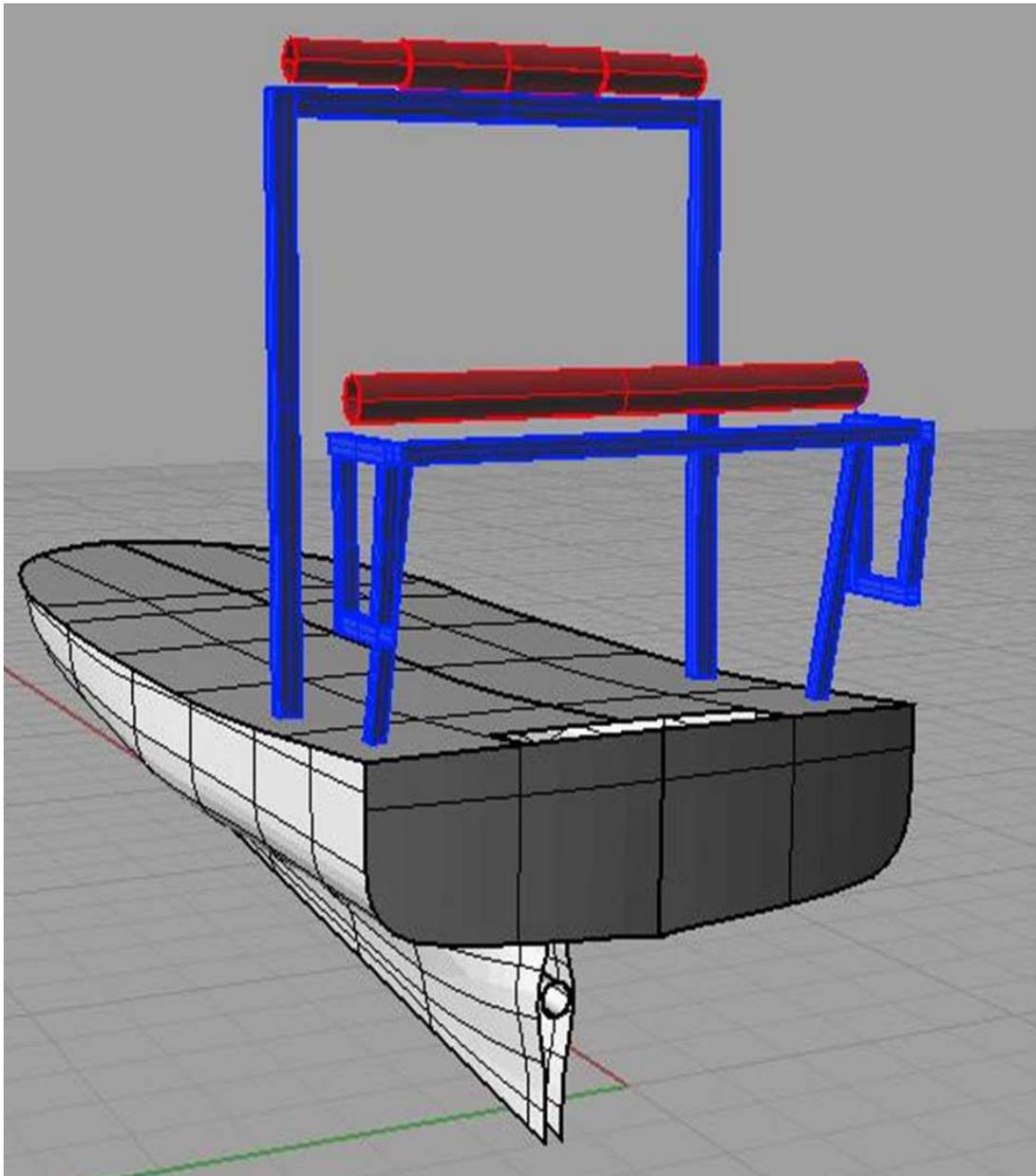
## 28. Pórtico grúa (basculante de popa):



Vista en planta de la zona de popa

Para el cálculo tanto del peso total del mismo como de su c.d.g, se realizó el diseño del mismo en Rhinoceros, a fin de, utilizando las funciones de cálculo del área y de cálculo del c.d.g del área obtener los datos requeridos.

Nota: Para el cálculo de la estructura metálica fue supuesto un espesor de 4 mm



Captura en 3D de la estructura metálica y de los ejes del pórtico grúa

a. Estructura metálica:

Área=29,487m<sup>2</sup>            t= 4 mm

LCG=1,482m            VCG= 6,123m            TCG=0m

Nota: Consideramos un peso del acero=7,85Tn/m<sup>3</sup>.

PESO=0,93 t

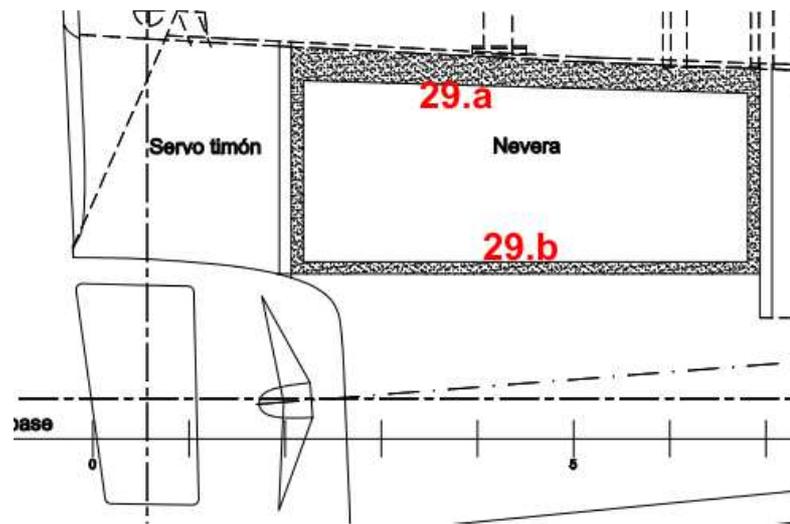
b. Ejes:

i. Área=7,288m<sup>2</sup>                      t= 4 mm  
LCG=0,281m    VCG= 6,257m    TCG=0m  
PESO=0,229 t

ii. Área=5,92m<sup>2</sup>                      t= 4 mm  
LCG=2,98m    VCG= 9,231m    TCG=0m  
PESO=0,186 t

iii. Área=6,297m<sup>2</sup>                      t= 4 mm  
LCG=2,98m    VCG=9,231 m    TCG=0m  
PESO=0,198 t

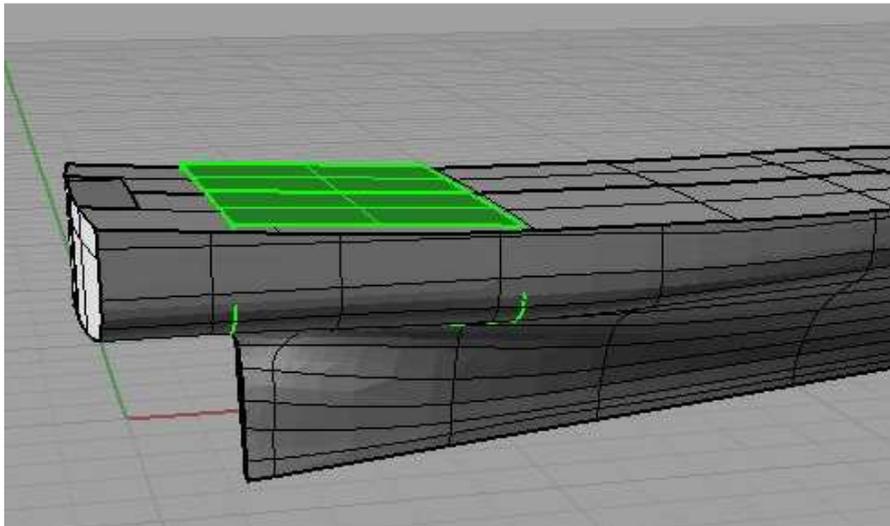
## 29. Aislamiento nevera:



Vista lateral de la zona de popa situada bajo la cubierta de francobordo

Para el cálculo del peso del aislamiento, se considero que el material empleado para la realización del mismo fue espuma de poliuretano  $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$ .

Nota: La bodega abarca la totalidad de la manga disponible y tiene una forma semejante a la de un cubo.



Captura en 3D de la situación de la bodega

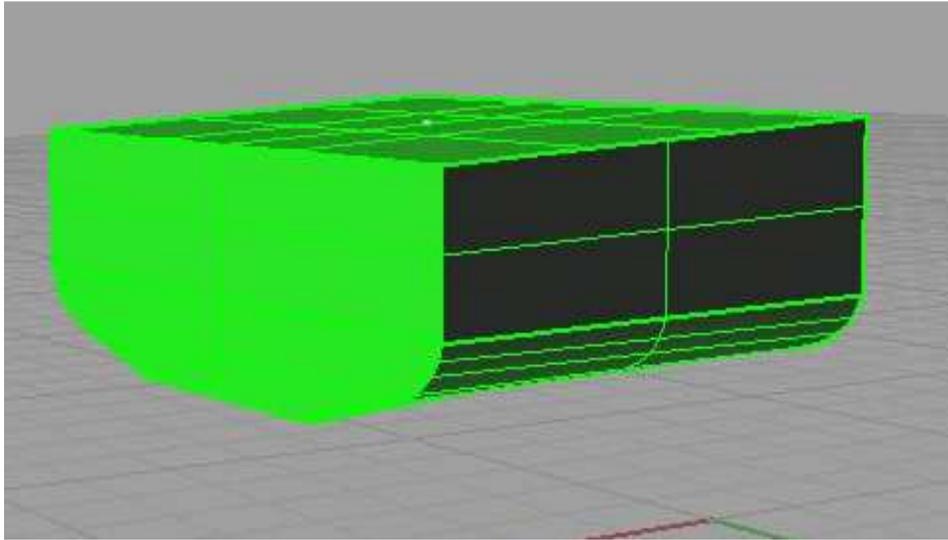
Al ser retirado el aislamiento se retiró por lo tanto:

$$\text{Área} = 54,459 \text{ m}^2$$

Con un espesor de aislamiento  $t = 0,1 \text{ m}$

$$\text{Área} = 23,868 \text{ m}^2$$

Con un espesor de aislamiento (zona de cubierta)  $t= 0,2$  m  
Con c.d.g:



Captura en 3D de la bodega

c. Aislamiento cubierta

LCG=3,122m    VCG=2,05 m    TCG=0m

Peso= 0,164 t

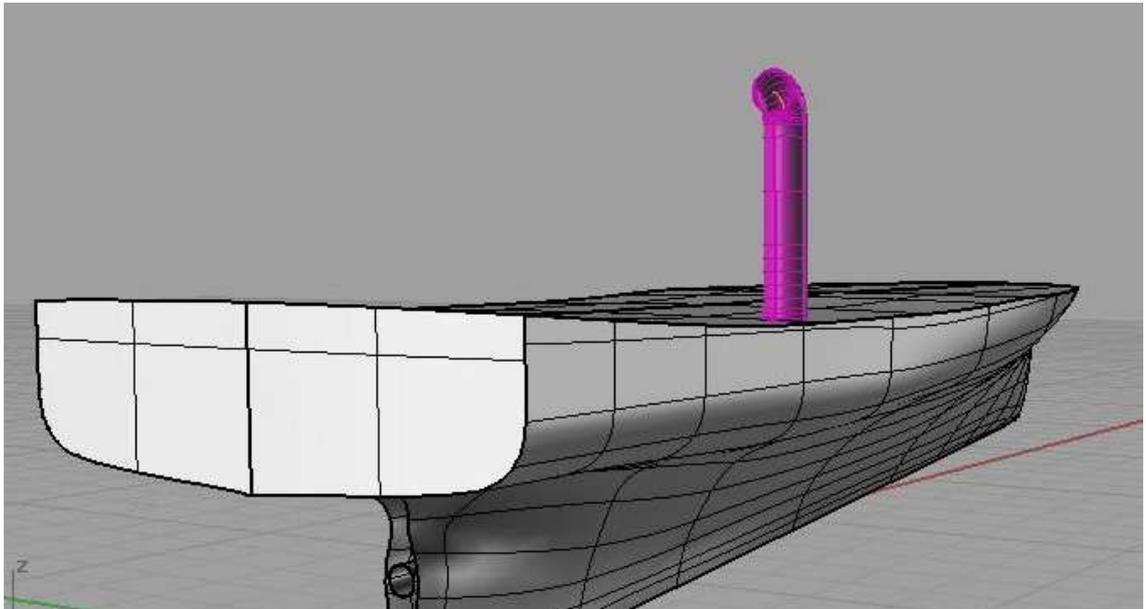
d. Aislamiento resto de la nevera

LCG=3,15m    VCG=3,197 m    TCG=0m

Peso= 0,143 t

### 30. Conducto exhaustación del motor principal:

Para el cálculo tanto del peso total del mismo como de su c.d.g, se realizo el diseño del mismo en Rhinoceros, a fin de, utilizando las funciones de cálculo del área y de cálculo del c.d.g del área obtener los datos requeridos.



Captura en 3D del conducto de exhaustación del motor

Área=12,233m<sup>2</sup>

t= 3 mm

LCG=5,76m

VCG= 3,218m

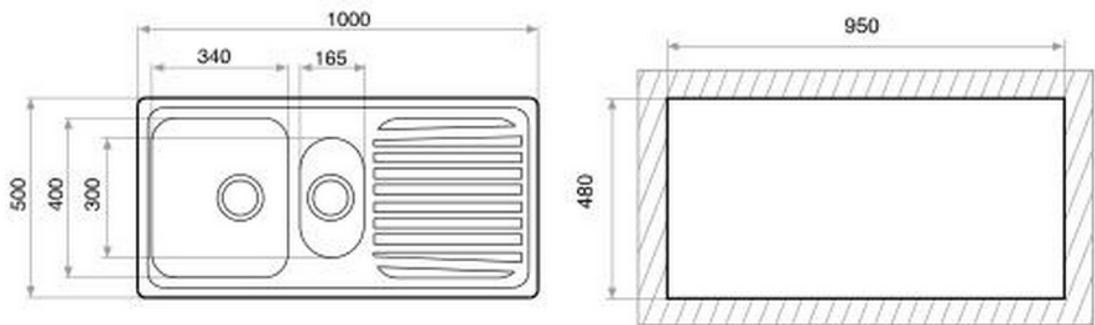
TCG=-1,33m

PESO=0,288 t

### 31. Equipos de cocina:

Al no contar con más datos en cuanto al buque en su estado original, se supondrán unos pesos mínimos de los equipos:

- Horno con parrilla y cocina de 3 quemadores  
Dimensiones 473 x 435,4 x 470 mm  
Peso = 21 kg
- Fregadero de acero Inoxidable  
Dimensiones mostradas en la imagen  
Peso = 21 kg



Dimensiones de un fregadero similar al que montaba el buque

A efectos de cálculo se considero su c.d.g a un metro sobre la cubierta de francobordo.

LCG=15,4m    VCG= 4.1m    TCG=1,6m

PESO=0,042 t

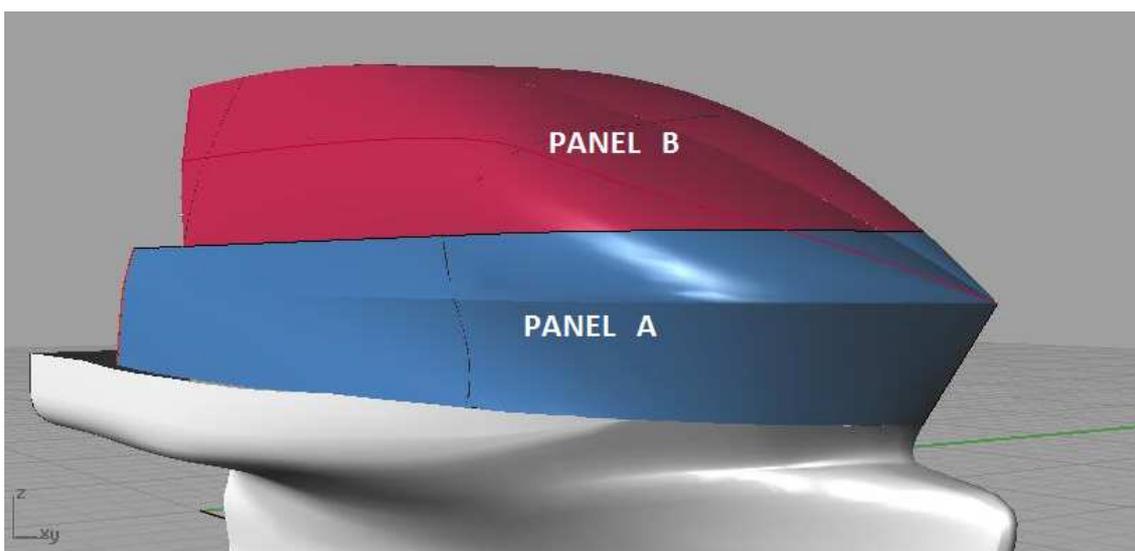
## 5. Relación de pesos añadidos con el nuevo diseño

En este apartado se mostrarán los nuevos pesos añadidos tras la reconversión, estos nuevos pesos estarán situados principalmente por encima de la cubierta de francobordo. Además de ser enumerados, se darán: la situación de su c.d.g y su peso individual.

El objetivo es proporcionar al lector una idea general de los nuevos pesos a añadir a raíz del nuevo diseño y la posición de los mismos en el buque, a fin de que obtenga una visión global de la nueva estructura.

Los pesos obtenidos en este apartado se basan en los espesores de los paneles y cálculo de refuerzos cuyos resultados se muestran en el apartado número 6 de este proyecto.

### 5.1.Paneles



Captura 3D de los paneles A y B de la nueva superestructura

A. Panel inferior de la superestructura:

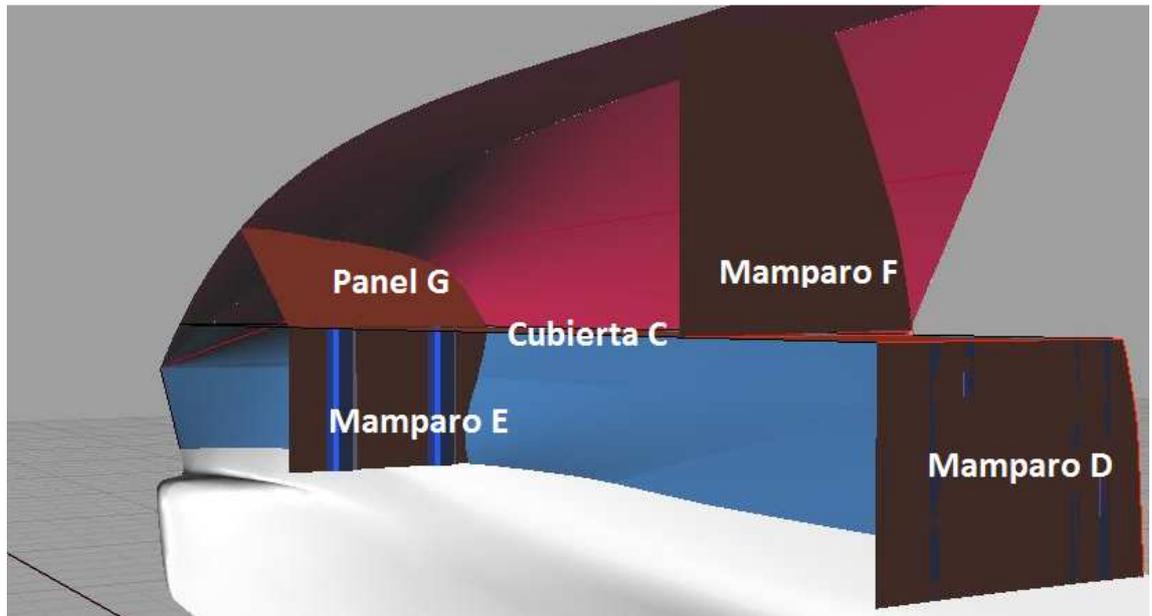
LCG=12,156 m      VCG = 4,067 m      TCG= 0 m

PESO= 2,4 t

B. Panel superior de la superestructura:

LCG=10,834 m      VCG = 6,622 m    TCG= 0 m

PESO= 5,29 t



Captura en 3D del resto de paneles y mamparos del nuevo diseño

C. Cubierta interior superestructura:

LCG=9,076 m      VCG = 5,02 m    TCG= 0 m

PESO= 1,475 t

D. Mamparo estanco D

LCG=3,567 m      VCG = 4,051 m    TCG= 0 m

PESO= 0,478 t

E. Mamparo estanco E

LCG=14,37 m      VCG = 4,093 m      TCG= 0 m

PESO= 0,465 t

F. Mamparo F

LCG=5,917 m      VCG = 6,276 m      TCG= 0 m

PESO= 0,746 t

G. Panel G

LCG=15,119 m      VCG = 5,614 m      TCG= 0 m

PESO= 0,559 t

H. Continuación panel A (manteniendo el espesor del mismo)

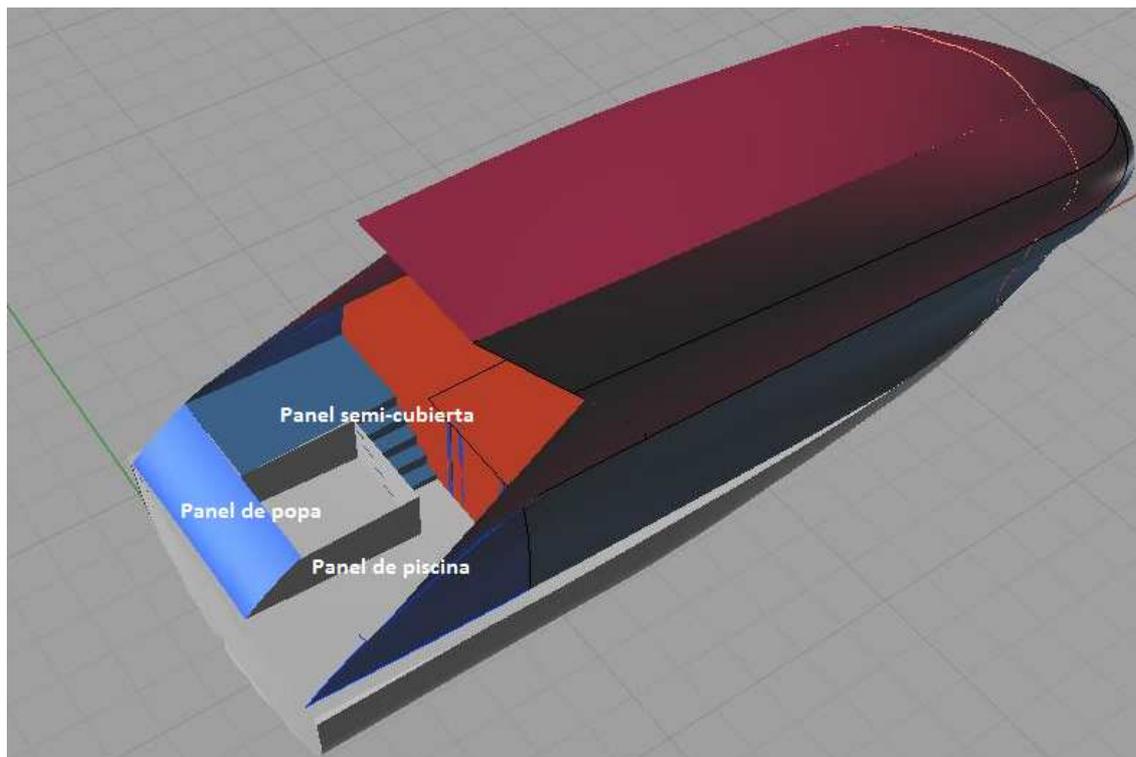
LCG=2,052m      VCG = 3,98 m      TCG= 0m

PESO= 0,346 t

I. Continuación panel B (manteniendo el espesor del mismo)

LCG=4,42m      VCG = 5,441 m      TCG= 0m

PESO= 0,213 t



Captura en 3D de los nuevos paneles situados en popa

J. Panel de popa:

LCG=-0,021m      VCG = 3,779 m      TCG= 0,953m

PESO= 0,187 t

K. Panel de semi-cubierta (incluidos escalones)

LCG=2,33m      VCG = 4,004 m      TCG= 1,566m

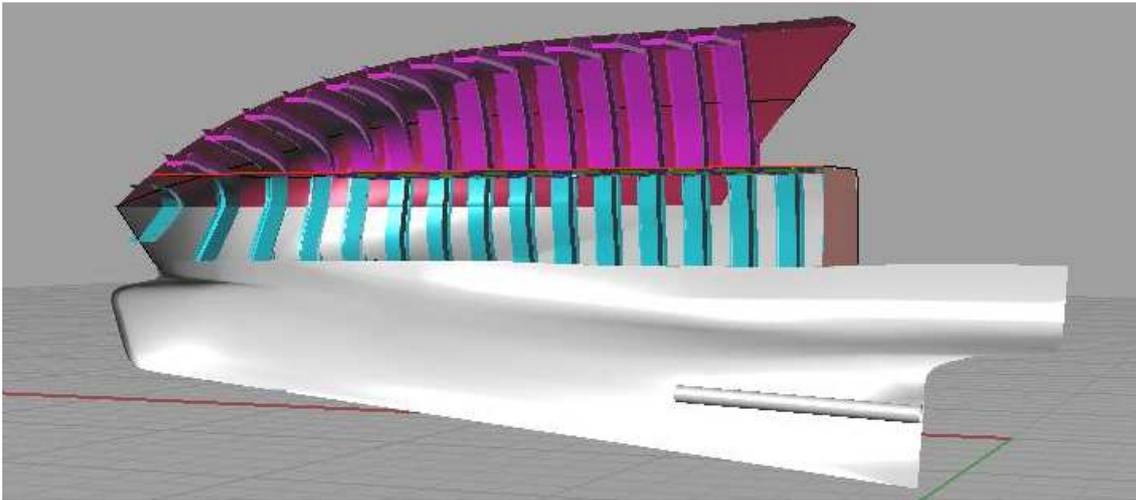
PESO= 0,544 t

L. Panel piscina

LCG=1,733m      VCG = 3,654 m      TCG= 0 m

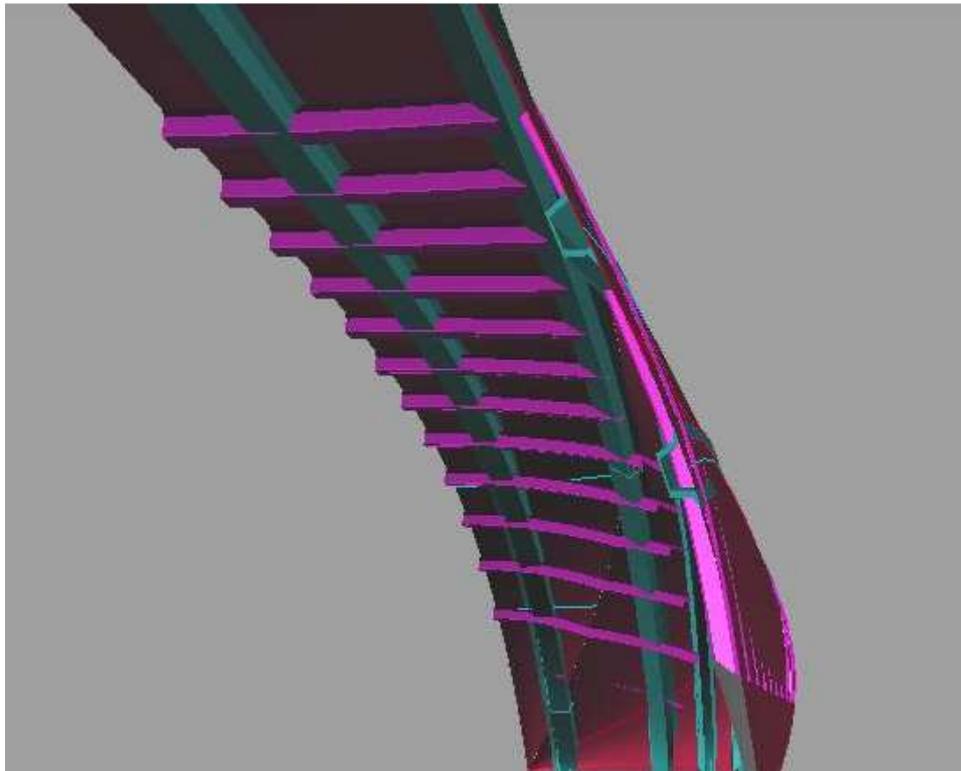
PESO= 0,170 t

## 5.2. Refuerzos:



Captura en 3D de los nuevos refuerzos

### A. Refuerzo transversal del panel superior de la superestructura

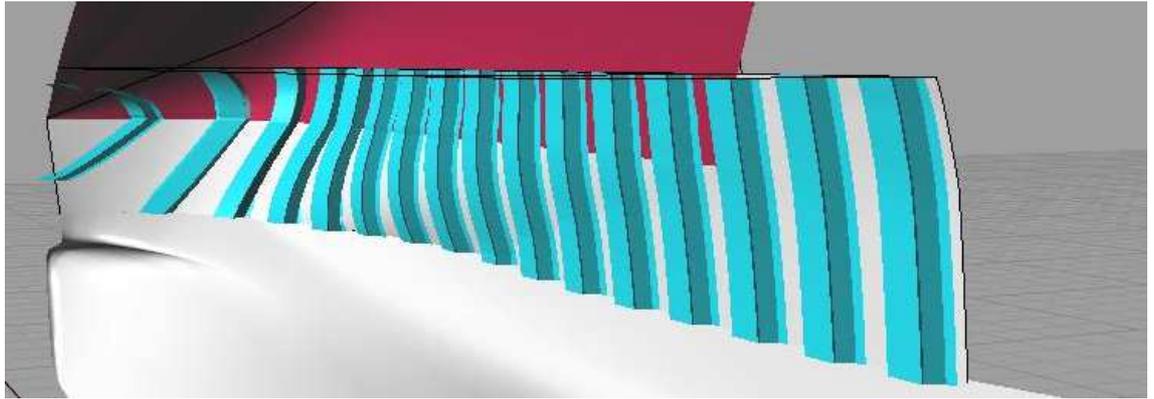


Captura en 3D de los refuerzos transversales y longitudinales del panel B

LCG=11,249 m      VCG = 6,474 m      TCG= 0m

PESO= 1,077 t

B. Refuerzo transversal del panel inferior de la superestructura

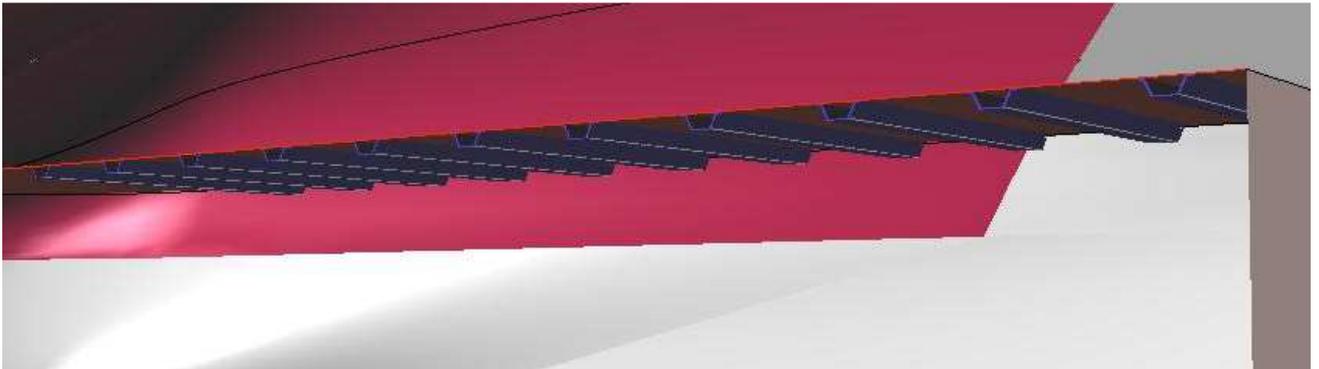


Captura en 3D de los refuerzos transversales del panel A

LCG=11,232 m                      VCG = 4,056 m    TCG= 0m

PESO= 1,420 t

C. Baos de la cubierta interior de la superestructura

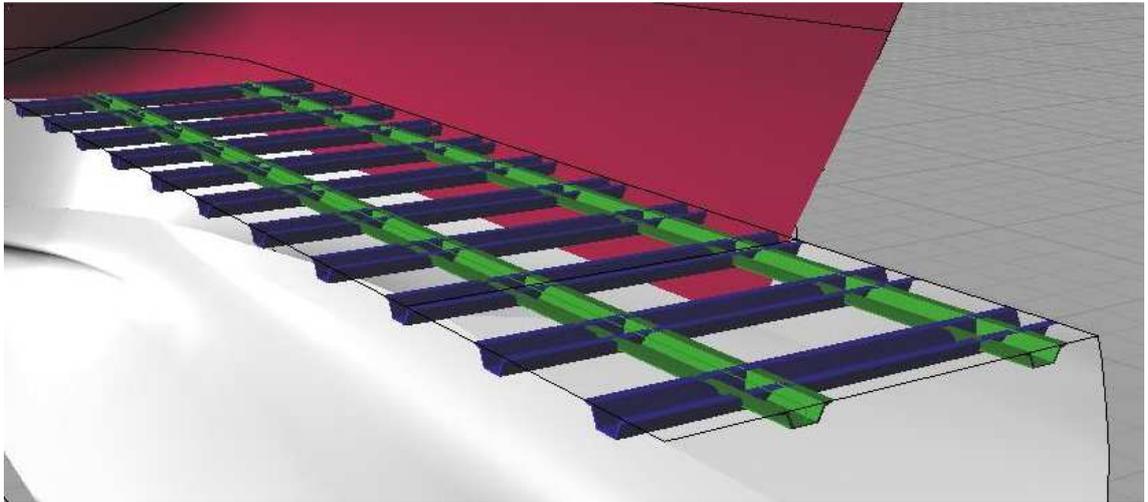


Captura en 3D de los refuerzos transversales de la cubierta interior de la superestructura

LCG=9,188 m                      VCG = 4,964 m    TCG= 0m

PESO= 0,540 t

#### D. Esloras de la cubierta interior de la superestructura



Captura en 3D de los refuerzos Transversales y longitudinales de la cubierta interior de la superestructura

LCG=8,967 m                      VCG = 4,741 m    TCG= 0m

PESO= 0,314 t



Captura en 3D de los refuerzos de los mamparos estancos E y D

#### E. Refuerzos del mamparo estanco D

LCG=3,63 m                      VCG = 4,069 m    TCG= 0m

PESO= 0,146 t

#### F. Refuerzos del mamparo estanco E

LCG=14,307 m                      VCG = 4,069 m    TCG= 0m

PESO= 0,146 t

### G. Refuerzos longitudinales del panel B

LCG=10,733 m                      VCG = 6,78 m                      TCG= 0m

PESO= 1,506 t

#### 5.3.Piscina:

Con una capacidad de carga de 3,877 t de agua dulce

LCG=1,422 m                      VCG = 3,563 m                      TCG= 0m

Nota: Estas coordenadas corresponden al c.d.g del agua contenida en la piscina, estando está llena al 100%.

Contando la misma con un panel de cierre, situado en la su parte superior, el cual permanece cerrado en la condición de mínima operacional, evitando de este modo el embarque de agua en su interior y que además en caso de tormenta puede ser cerrado, eliminando de este modo el efecto de las superficies libres sobre la estabilidad, aunque estas fueron tenidas en cuenta en el cálculo de estabilidad.

#### 5.4.Gimnasio:

El cual contara con cuatro maquinas multifunción, con un peso aproximado de 200 kg de peso la estructura y 175 kg de capacidad de carga, cada una.

LCG=16,520 m                      VCG = 3,295m                      TCG= 0m

PESO= 1,5 t

## 6. Cálculo de la nueva estructura

Este apartado se centra en mostrar los cálculos mediante los cuales, se determinaron los diferentes espesores de los paneles y los refuerzos de los mismos, que a su vez dependían en gran medida de las dimensiones de la clara y span entre refuerzos.

El objetivo de este apartado es dar la oportunidad al lector de conocer las formulas mediante las cuales se realizan los cálculos, y que de esta manera sea el mismo el que descubra la gran influencia de las diferentes distancias entre refuerzos.

El cálculo de la estructura del buque, solo se realizara desde la cubierta de francobordo hacia arriba, abarcando por lo tanto solamente la parte correspondiente a la superestructura, debido a que en el nuevo diseño la parte situada bajo la misma, se conserva.

Tanto los nuevos paneles como los refuerzos están fabricados con un laminado sencillo de PRFV.

Por otra parte destacar que los refuerzos empleados serán del tipo: Refuerzo con núcleo NO estructural, es decir el material del núcleo no contribuye a la resistencia del refuerzo.

### 6.1. Cálculo de los paneles

#### A. Panel inferior de la superestructura:

EL cálculo del espesor en este caso se realiza en el apartado 3.2.b para paneles pertenecientes a la superestructura, en este caso, para paneles curvos.

##### ○ Paneles curvos

$$t = 0,04r\sqrt[3]{h/(k_1^2 - 1)} = 22,5 \text{ mm} \quad \text{Sec.12 Ch3.2.b}$$

donde

$$t = 22,5 \text{ mm}$$

$$r = 3623 \text{ mm}$$

$k_1 = 15,72$  coeficiente que varía en función de forma inversa a  $\alpha$  tal y como se muestra en la tabla 7.2

$$\alpha = 35^\circ/2$$

B. Panel superior de la superestructura:

Al igual que en el caso del panel anterior, el cálculo del espesor se realiza mediante el método de cálculo del apartado 3.2.b

○ *Paneles curvos*

$$t = 0,04r^3\sqrt{h/(k_1^2 - 1)} = 29 \text{ mm} \quad \text{Sec.12 Ch3.2.b}$$

donde

$$t = 22,5 \text{ mm}$$

$$r = 3455 \text{ mm}$$

$k_1 = 10,05$  coeficiente que varía en función de forma inversa a  $\alpha$  tal y como se muestra en la tabla 7.2

$$\alpha = 55^\circ/2$$

C. Cubierta interior superestructura:

El cálculo del espesor de esta cubierta se realiza siguiendo el método de cálculo expresado en el apartado 2.1, tal como sigue:

$$t = 0,0642s\sqrt[3]{kch} = 16 \text{ mm} \quad \text{Sec.11 Ch2.1}$$

donde

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$s = 1000 \text{ mm}$$

$$K = 0,028$$

$$h = 0,82\text{m} \text{ (} h=0,01L+0,61 \text{ m)}$$

D. Mamparo estanco D:

El método usado para el cálculo del espesor de mamparos estanco viene dado en la sección 10 del reglamento ABS.

Siendo la formula a emplear en caso de usar laminado simple de PRFV:

$$t = 0,0404 s \sqrt[3]{kh} \text{ mm} \quad \text{Sec.10 Ch.3.1}$$

donde

t es el espesor en mm

s es el lado de menores dimensiones del panel dado en mm

k coeficiente que varía en función de la relación entre dimensiones y que se encuentra en la tabla 7.1

h altura del mamparo dada en m

En este caso:

$$t = 0,0404 s \sqrt[3]{kh} = 29 \text{ mm}$$

$$t=29\text{mm}$$

$$s=1900 \text{ mm}$$

$$k= 0,028$$

$$h= 1,9 \text{ m}$$

E. Mamparo estanco E:

El método usado para el cálculo del espesor de mamparos estanco viene dado en la sección 10 del reglamento ABS, calculándose igual que en el caso anterior.

$$t = 0,0404 s \sqrt[3]{kh} = 29 \text{ mm}$$

$$t=29\text{mm}$$

$$s=1900 \text{ mm}$$

$$k= 0,028$$

$$h= 1,9 \text{ m}$$

F. Mamparo F

Se consideró el espesor del mismo igual al del mamparo D, al ser ambos de dimensiones similares u en todo caso ser las del mamparo D superiores a las del mamparo F.

G. Panel G

Al ser un panel que se encuentra a continuación de la cubierta interior, se le dio al mismo un espesor igual al de la cubierta interior a fin de dar continuidad.

H. Panel de popa:

Al tratarse de un panel que forma parte de la superestructura, para el cálculo de su espesor fue empleado el método de cálculo dado en el apartado 4.1.1, si bien al ser un panel de pequeñas dimensiones podría considerarse el mismo espesor que en el panel inferior de la superestructura y de esta manera dar una continuidad al mismo.

I. Panel de semi-cubierta:

Al tratarse de una cubierta, el cálculo del espesor de este panel se realiza empleando el método de cálculo dado en el apartado 4.1.2:

En este apartado de la sección 11 del ABS se especifica que el espesor de una cubierta de laminado simple de PRFV no debe ser menor de:

$$t = 0,0642s\sqrt[3]{kch} = 48 \text{ mm} \quad \text{Sec.11 Ch.2.1}$$

$$t=48\text{mm}$$

$$s=3000 \text{ mm}$$

$$k= 0,025$$

$$h= 0,88 \text{ m}$$

J. Panel del tanque:

Para el cálculo del espesor de este panel se utilizo la formula dada en el ABS, (sección 9) en el apartado 9.2 que es la siguiente:

$$t = 0,0510s\sqrt[3]{kh} \text{ mm} \quad \text{Sec.9 Ch.2}$$

donde

t es el espesor del panel en mm

s es el lado de menores dimensiones del panel dado en mm

$k$  coeficiente que varía en función de la relación entre dimensiones y que se encuentra en la tabla 7.1

$h$  es la mayor de las siguientes tres distancias medidas en m desde el punto más bajo del panel hasta:

- Un punto localizado a  $2/3$  partes de la distancia a la cubierta de francobordo
- Un punto localizado a  $2/3$  de la distancia medida desde la parte más alta del tanque hasta la línea de agua
- Un punto situado por debajo de la parte más alta del tanque, sin ser menor que:
  - i.  $0,01L+0,15$  m
  - ii.  $0,46$  m

Siendo:

$$t = 0,0510s\sqrt[3]{kh} = 12,26 \text{ mm}$$

$$s = 1080 \text{ mm}$$

$$K = 0,024$$

$$h = 0,46 \text{ m}$$

Puesto que el panel de popa tiene un espesor superior, se le dio al mismo un espesor igual que el del panel de popa a fin de contar con un mayor margen de seguridad y dar continuidad a la estructura.

## 6.2. Cálculo de los refuerzos

Como ya se dijo anteriormente los refuerzos empleados en el nuevo diseño serán los definidos en el apartado 6.4.2 del ABS, es decir, refuerzos con núcleo no estructural.

Por otra parte las proporciones de los refuerzos serán las dadas en la siguiente figura:

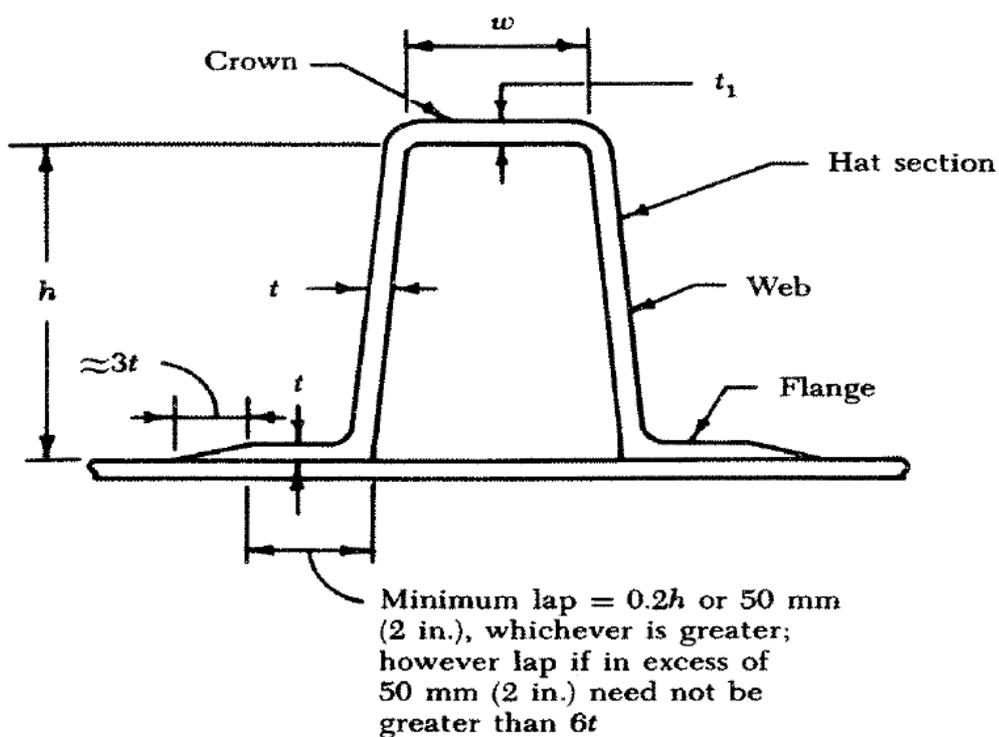


Imagen con las dimensiones mínimas dadas por el ABS para este tipo de refuerzo

### A. Refuerzo transversal del panel B:

Este refuerzo, como su propio nombre indica se trata de un refuerzo transversal del panel de la superestructura B, el cálculo para este tipo de refuerzo se encuentra en el apartado 12.4 de la sección 12 del ABS, tal como sigue.

$$12.4.1 \quad SM = 19,38 chsl^2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85chs^3 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 1,0$$

h es la carga de diseño=0,914 m

Si bien la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, fue usado este valor para el cálculo de los refuerzos en todas las zonas, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

s es la clara entre refuerzos dada en m

l es el span, es decir, la distancia existente entre un punto de apoyo del refuerzo y el siguiente punto de apoyo dado en m

$$SM = 19,38 chsl^2 = 17,98 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85chs^3 = 32,3373 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 1,0$$

$$h = 0,914 \text{ m}$$

Si bien la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, fue usado este valor para el cálculo de los refuerzos en todas las zonas, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

$$s = 1 \text{ m}$$

$$l = 1 \text{ m}$$

Considerando a efectos de cálculo, que toda la inercia del refuerzo se encuentra concentrada en la zona superior del mismo, se obtienen unos espesores del mismo:

$$t_2 = 10 \text{ mm}$$

$$t_1 = 29 \text{ mm}$$

$$H = 0,1 \text{ m}$$

$$w = 0,2 \text{ m}$$

#### B. Refuerzos longitudinales del panel B

Este refuerzo, como su propio nombre indica se trata de un refuerzo longitudinal del panel de la superestructura B , el cálculo para este tipo de refuerzo se encuentra en el apartado 12.4 de la sección 12 del ABS, tal como sigue.

$$12.4.1 \quad SM = 19,38 \text{ chsl}^2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85 \text{ chsl}^3 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 1,0$$

h es la carga de diseño=0,914 m

s es la clara entre refuerzos dada en m

l es el span, es decir, la distancia existente entre un punto de apoyo del refuerzo y el siguiente punto de apoyo dado en m

$$SM = 19,38 \text{ chsl}^2 = 17,98 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85 \text{ chsl}^3 = 32,3373 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 1,0$$

$$h = 0,914 \text{ m}$$

Si bien la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, fue usado este valor para el cálculo de los refuerzos en todas las zonas, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

$$s = 1 \text{ m}$$

$$l = 1 \text{ m}$$

Considerando a efectos de cálculo, que toda la inercia del refuerzo se encuentra concentrada en la zona superior del mismo, se obtienen unos espesores del mismo:

$$t_2 = 10 \text{ mm}$$

$$t_1 = 29 \text{ mm}$$

$$H = 0,08 \text{ m}$$

$$w = 0,2 \text{ m}$$

### C. Refuerzo transversal del panel A:

Este refuerzo, se trata de un refuerzo transversal del panel de la superestructura A, el cálculo para este tipo de refuerzo se encuentra en el apartado 12.4 de la sección 12 del ABS, tal como sigue.

$$12.4.1 \quad SM = 19,38 \text{ chsl}^2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85 \text{ chsl}^3 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 1,0$$

h es la carga de diseño = 0,914 m

Si bien la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, fue usado este valor para el cálculo de los refuerzos en todas las zonas, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

s es la clara entre refuerzos dada en m

l es el span, es decir, la distancia existente entre un punto de apoyo del refuerzo y el siguiente punto de apoyo dado en m

$$SM = 19,38 \text{ chsl}^2 = 64,92 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85 \text{ chsl}^3 = 222 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 1,0$$

$$h = 0,914 \text{ m}$$

Aunque la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, fue tomada para todas las zonas igual a la de la zona de proa, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

$$s = 1 \text{ m}$$

$$l = 1,9 \text{ m}$$

Considerando a efectos de cálculo, que toda la inercia del refuerzo se encuentra concentrada en la zona superior del mismo, los espesores del mismo son:

$$t_2 = 18 \text{ mm}$$

$$t_1 = 22,5 \text{ mm}$$

$$H = 0,15 \text{ m}$$

$$w = 0,36 \text{ m}$$

#### D. Baos de la cubierta interior de la superestructura

En este refuerzo transversal de la cubierta interior de la superestructura, el cálculo se realiza siguiendo las formulas dados en el ABS, en el apartado 11.3.2 de la sección 11.

##### 11.3.2. a(FRP Beams)

$$SM = 19,38 \text{ chsl}^2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85 \text{ chsl}^3 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 0,7$$

$h$  es la carga de diseño

A pesar de que la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, se tomo para todas las zonas igual a la de la zona de proa, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

$s$  es la clara entre refuerzos dada en m

$l$  es el span, es decir, la distancia existente entre un punto de apoyo del refuerzo y el siguiente punto de apoyo dado en m

$$SM = 19,38 chsl^2 = 11,12 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85chsI^3 = 20 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 0,7$$

$$h = 0,82 \text{ m}$$

Aunque la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, fue usado este valor para el cálculo de los refuerzos en todas las zonas, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

$$s = 1 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

A efectos de cálculo, se consideró que toda la inercia del refuerzo se encuentra concentrada en la zona superior del mismo, obteniendo:

$$t_2 = 9 \text{ mm}$$

$$t_1 = 16 \text{ mm}$$

$$H = 0,1 \text{ m}$$

$$w = 0,16 \text{ m}$$

## E. Esloras de la cubierta interior de la superestructura

En este refuerzo longitudinal de la cubierta interior de la superestructura, el cálculo se realiza siguiendo las formulas dados en el ABS, en el apartado 11.4.2 de la sección 11.

### 11.4.2. a

$$SM = 19,38 chsl^2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85chs^3 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 0,6$$

h es la carga de diseño=0,82 m

A pesar de que la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, fue usado este valor para el cálculo de los refuerzos en todas las zonas, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

s es la clara entre refuerzos dada en m

l es el span, es decir, la distancia existente entre un punto de apoyo del refuerzo y el siguiente punto de apoyo dado en m

$$SM = 19,38 chsl^2 = 11,12 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85chs^3 = 20 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 0,6$$

$$h = 0,82 \text{ m}$$

Si bien la carga de diseño es menor para la zona de costados y popa, fue usado este valor para el cálculo de los refuerzos en todas las zonas, contando de esta manera con un mayor margen de seguridad.

$$s=1,5 \text{ m}$$

$$l= 1\text{m}$$

Considerando que toda la inercia del refuerzo se encuentra concentrada en la zona de superior del mismo:

$$t_2 = 8 \text{ mm}$$

$$t_1 = 16 \text{ mm}$$

$$H = 0,08 \text{ m}$$

$$w = 0,16 \text{ m}$$

#### F. Refuerzos del mamparo estanco D

En este refuerzo longitudinal del mamparo estanco, el cálculo se realiza siguiendo las formulas dados en el ABS, en el apartado 10.3.3 de la sección 10.

$$SM = 19,38 \text{ chsl}^2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85 \text{ chsl}^3 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 0,46$$

h es la distancia desde el punto más bajo del mamparo hasta la mitad de su altura

s es la clara entre refuerzos dada en m

l es el span, es decir, la distancia existente entre un punto de apoyo del refuerzo y el siguiente punto de apoyo dado en m

$$SM = 19,38 \text{ chsl}^2 = 45,85 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85chs^3 = 156,688 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 0,46$$

$$h = 0,95 \text{ m}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

$$l = 1,9 \text{ m}$$

Considerando a efectos de cálculo, que toda la inercia del refuerzo se encuentra concentrada en la zona superior del mismo, se obtienen unos espesores del mismo:

$$t_2 = 21 \text{ mm}$$

$$t_1 = 16 \text{ mm}$$

$$H = 0,08 \text{ m}$$

$$w = 0,21 \text{ m}$$

#### G. Refuerzos del mamparo estanco E

En este refuerzo longitudinal del mamparo estanco, el cálculo se realiza siguiendo las formulas dados en el ABS, en el apartado 10.3.3 de la sección 10.

$$SM = 19,38 \text{ chs}^2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85chs^3 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 0,46$$

h es la distancia desde el punto más bajo del mamparo hasta la mitad de su altura

s es la clara entre refuerzos dada en m

l es el span, es decir, la distancia existente entre un punto de apoyo del refuerzo y el siguiente punto de apoyo dado en m

$$SM = 19,38 chsl^2 = 45,85 \text{ cm}^3$$

$$I = 34,85 chsl^3 = 156,688 \text{ cm}^4$$

donde

$$c = 0,46$$

$$h = 0,95 \text{ m}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

$$l = 1,9 \text{ m}$$

Considerando a efectos de cálculo, que toda la inercia del refuerzo se encuentra concentrada en la zona superior del mismo, se obtienen unos espesores del mismo:

$$t_2 = 21 \text{ mm}$$

$$t_1 = 16 \text{ mm}$$

$$H = 0,08 \text{ m}$$

$$w = 0,21 \text{ m}$$

Una vez calculados todos los paneles y refuerzos del nuevo diseño, se pasa a adjuntar el plano de la sección maestra el cual se encuentra en el Anexo A.

## 7. Estudio de la estabilidad del buque

En este apartado se dan a conocer los diferentes requisitos con los que ha de poseer una embarcación para pertenecer a una determinada categoría de diseño, variando los mismos en función de la categoría requerida. La embarcación ya reconvertida tiene el requerimiento de contar con una categoría de diseño B.

A lo largo del apartado se irán mostrando los diferentes requisitos exigidos por la norma UNE-EN ISO 12217-1 para esta categoría de diseño y se realizarán los pertinentes cálculos para comprobar si la embarcación cumple con ellos tras la reconversión.

La finalidad de este apartado es comprobar si la embarcación satisface los requerimientos necesarios para obtener la categoría B, ofreciendo al lector de esta manera, una visión general de la norma y de su utilización.

La norma a utilizar, en este proyecto, para comprobar si el buque cumple o no con los requisitos de estabilidad, tal y como se dijo anteriormente será la:

UNE-EN ISO 12217-1

La cual, abarca a todas aquellas embarcaciones no propulsadas a vela de eslora igual o superior a 6 m.

En este proyecto fue estudiada una embarcación de una eslora total 20,32 metros, propulsada a motor.

La categoría de diseño de la embarcación, indica si la embarcación cumple con los requisitos de flotabilidad y estanqueidad necesarios para superar ciertas condiciones en la mar, las cuales varían en función de la categoría seleccionada, tal y como se define en la norma UNE-EN ISO 12217-1 en el apartado 5.3 y capítulo 6

En los requisitos de esta embarcación se establece una CATEGORIA DE DISEÑO B.

A continuación adjunto la tabla incluida en la norma

**Tabla 2**  
**Ensayos a realizar**

Opción	1	2	3	4	5	6
Categorías posibles	A y B	C y D	B	C y D	C y D	C y D
Cubiertas o protecciones	Cubierta completa <sup>a</sup>	Cubierta completa <sup>a</sup>	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cubierta parcial <sup>b</sup>	Cualquier tipo
Aberturas de inundación	6.1.1	6.1.1	6.1.1	6.1.1	6.1.1	6.1.1
Ensayo de la altura de inundación	6.1.2	6.1.2	6.1.2	6.1.2 <sup>c</sup>	6.1.2	6.1.2
Ángulo de inundación	6.1.3	6.1.3	6.1.3	6.1.3 <sup>c</sup>		
Ensayo de compensación de cargas	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
Resistencia a las olas + viento	6.3		6.3			
Escora debida a la acción del viento		6.4 <sup>d</sup>		6.4 <sup>d</sup>	6.4 <sup>d</sup>	6.4 <sup>d</sup>
Requisitos de flotación			6.5	6.5		
Material de flotación			Anexo F	Anexo F		
<sup>a</sup> Este término se define en el apartado 3.1.6. <sup>b</sup> Este término se define en el apartado 3.1.7. <sup>c</sup> Este ensayo no se requiere para las embarcaciones evaluadas para utilizar la opción 4 si, durante los ensayos de inundación en carga que se especifican en el anexo E, la embarcación ha demostrado poder soportar un peso seco equivalente del 133% de la carga máxima total. <sup>d</sup> Sólo se requiere aplicar el apartado 6.4 en las embarcaciones en las que $A_{LV} \geq L_B B_B$ .						

**Tabla 2 incluida en la norma UNE-EN ISO 12217-1**

Si observamos la primera columna, en la que las categorías posibles son la A y B, encontraremos los requisitos en cuanto a lo que estabilidad respecta, con los que debe contar una embarcación para tener categoría de diseño B.

Antes de exponer los requerimientos se definen las dos condiciones estudiadas:

- Condición mínima operativa:

<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso t</b>	<b>L.C.G m</b>	<b>V.C.G m</b>	<b>T.C.G m</b>
Rosca.Inicial	1	44,7	7,64	2,75	0
Panel 1	-1	0,305	17	4,15	0
Panel 2	-1	0,263	15,789	5,26	0
Paneles 3	-1	0,79	15,34	5,26	0
Paneles 4	-1	0,949	13,045	4,295	0
Panel 5	-1	1,077	17	4,15	0
Panel 6	-1	0,14	11,84	4,05	1,2
Panel 7	-1	0,023	11,49	4,05	0
Panel 8	-1	0,146	12,54	4,05	1,2
Panel 9	-1	0,023	12,19	4,05	0,2
Panel 10	-1	0,072	13,19	4,05	-0,1
Panel 11	-1	0,254	15,39	4,05	-0,1
Panel 12	-1	0,254	13,84	4,05	1,05
Panel 13	-1	0,044	12,6	4,05	-0,6
Panel 14	-1	0,022	12,4	4,05	-1,2
Panel 15	-1	0,082	11,9	4,05	-1,8
Panel 16	-1	0,082	11,9	4,05	-0,6
Panel 17	-1	1,208	7,15	5,37	0
Panel 18	-1	0,284	12,89	6,63	0
Paneles 19.a	-1	0,075	14	6,6	0
Paneles 19.b	-1	0,084	12,35	6,6	0
Panel 20.a	-1	0,008	14	5,95	0
Paneles 20.b	-1	0,013	13,5	5,95	0
Paneles 20.c	-1	0,017	12,1	5,95	0
Panel 21	-1	0,336	12,65	5,89	0
Paneles 22	-1	0,072	9,975	5,9	0
Paneles 23	-1	0,52	7,18	4,69	0
Paneles 24	-1	0,015	2,9	5,02	0
Amurada (panel 25)	-1	11,6	9,962	3,81	0
Semi-cubierta de proa	-1	0,487	16,1	3,757	0
Maquinilla	-1	5	9,5	4,1	0
Pórtico grúa. a estructura me	-1	0,93	1,482	6,123	0
Pórtico Grúa. b.i	-1	0,229	0,281	6,257	0
Pórtico Grúa. b.ii	-1	0,186	2,98	9,231	0
Pórtico Grúa. b.iii	-1	0,198	2,98	9,231	0
Aislamiento nevera A	-1	0,164	3,122	2,05	0
Aislamiento nevera B	-1	0,143	3,15	3,197	0
Conducto exhaustación	-1	0,288	5,76	3,218	-1,33
Equipo cocina	-1	0,042	15,4	4,1	1,6

Panel A	1	2,4	12,156	4,067	0
Panel B	1	5,29	10,843	6,622	0
Cubierta interior	1	1,475	9,076	5,02	0
Mamparo D	1	0,478	3,567	4,051	0
Mamparo E	1	0,465	14,37	4,093	0
Mamparo F	1	0,746	5,917	6,276	0
Panel G	1	0,599	15,119	5,614	0
Continuación panel A	1	0,346	2,052	3,98	0
Continuación panel B	1	0,213	4,42	5,441	0
Panel de popa	1	0,187	-0,021	3,779	0
Panel semi-cubierta de popa	1	0,544	2,33	4,004	0
Panel piscina	1	0,17	1,733	3,654	0
Refuerzos A	1	1,077	11,249	6,474	0
Refuerzos B	1	1,42	11,232	4,056	0
Baos cubierta interior	1	0,54	9,188	4,964	0
Esloras cubierta interior	1	0,314	8,967	4,741	0
Refuerzos mamparo D	1	0,146	3,63	4,069	0
Refuerzos mamparo E	1	0,146	14,307	4,069	0
Refuerzo longitudinal panel	1	1,506	10,733	6,78	0
gym	1	1,5	16,52	3,295	0
personas camarote 2	0	0,075	2,09	2,22	2,11
personas en piscina	0	0,075	1,2	3,51	0
personas en salon	0	0,075	7,2	4	0
persona en puente de gobierno	1	0,225	13	6,02	0
personas en gym	0	0,075	16,52	4	0
equipo de seguridad	1	0,318	16,6	1,7	0
tanque agua dulce	0%	0	18,131	2,222	0
tanque de aguas sucias	0%	0	10,582	0,334	0
Tanque de combustible 1	0%	0	7,497	2,135	2,173
Tanque de combustible 2	0%	0	7,497	2,135	-2,173
piscina	0%	0	1,422	3,563	0
<b>Total Weight:</b>		<b>38,38</b>	<b>LCG=7,462 mVCG=2,985 mTCG=0,000 m</b>		

- Condición de desplazamiento en carga:

Elementos	Cantidad	Peso t	L.C.G m	V.C.G m	T.C.G m
Rosca.Inicial	1	44,7	7,64	2,75	0
Panel 1	-1	0,305	17	4,15	0
Panel 2	-1	0,263	15,789	5,26	0
Paneles 3	-1	0,79	15,34	5,26	0
Paneles 4	-1	0,949	13,045	4,295	0
Panel 5	-1	1,077	17	4,15	0
Panel 6	-1	0,14	11,84	4,05	1,2
Panel 7	-1	0,023	11,49	4,05	0
Panel 8	-1	0,146	12,54	4,05	1,2
Panel 9	-1	0,023	12,19	4,05	0,2
Panel 10	-1	0,072	13,19	4,05	-0,1
Panel 11	-1	0,254	15,39	4,05	-0,1
Panel 12	-1	0,254	13,84	4,05	1,05
Panel 13	-1	0,044	12,6	4,05	-0,6
Panel 14	-1	0,022	12,4	4,05	-1,2
Panel 15	-1	0,082	11,9	4,05	-1,8
Panel 16	-1	0,082	11,9	4,05	-0,6
Panel 17	-1	1,208	7,15	5,37	0
Panel 18	-1	0,284	12,89	6,63	0
Paneles 19.a	-1	0,075	14	6,6	0
Paneles 19.b	-1	0,084	12,35	6,6	0
Panel 20.a	-1	0,008	14	5,95	0
Paneles 20.b	-1	0,013	13,5	5,95	0
Paneles 20.c	-1	0,017	12,1	5,95	0
Panel 21	-1	0,336	12,65	5,89	0
Paneles 22	-1	0,072	9,975	5,9	0
Paneles 23	-1	0,52	7,18	4,69	0
Paneles 24	-1	0,015	2,9	5,02	0
Amurada (panel 25)	-1	11,6	9,962	3,81	0
Semi-cubierta de proa	-1	0,487	16,1	3,757	0
Maquinilla	-1	5	9,5	4,1	0
Pórtico grúa. a estructura me	-1	0,93	1,482	6,123	0
Pórtico Grúa. b.i	-1	0,229	0,281	6,257	0
Pórtico Grúa. b.ii	-1	0,186	2,98	9,231	0
Pórtico Grúa. b.iii	-1	0,198	2,98	9,231	0
Aislamiento nevera A	-1	0,164	3,122	2,05	0
Aislamiento nevera B	-1	0,143	3,15	3,197	0
Conducto exhaustación	-1	0,288	5,76	3,218	-1,33
Equipo cocina	-1	0,042	15,4	4,1	1,6

Panel A	1	2,4	12,156	4,067	0
Panel B	1	5,29	10,843	6,622	0
Cubierta interior	1	1,475	9,076	5,02	0
Mamparo D	1	0,478	3,567	4,051	0
Mamparo E	1	0,465	14,37	4,093	0
Mamparo F	1	0,746	5,917	6,276	0
Panel G	1	0,599	15,119	5,614	0
Continuación panel A	1	0,346	2,052	3,98	0
Continuación panel B	1	0,213	4,42	5,441	0
Panel de popa	1	0,187	-0,021	3,779	0
anel semi-cubierta de popa	1	0,544	2,33	4,004	0
Panel piscina	1	0,17	1,733	3,654	0
Refuerzos A	1	1,077	11,249	6,474	0
Refuerzos B	1	1,42	11,232	4,056	0
Baos cubierta interior	1	0,54	9,188	4,964	0
Esloras cubierta interior	1	0,314	8,967	4,741	0
Refuerzos mamparo D	1	0,146	3,63	4,069	0
Refuerzos mamparo E	1	0,146	14,307	4,069	0
Refuerzo longitudinal panel	1	1,506	10,733	6,78	0
gym	1	1,5	16,52	3,295	0
personas camarote 2	2	0,075	2,09	2,22	2,11
personas en piscina	2	0,075	1,2	3,51	0
personas en salon	2	0,075	7,2	4	0
persona en puente de gobierno	1	0,075	13	6,02	0
personas en gym	2	0,075	16,52	4	0
equipo de seguridad	1	0,318	16,6	1,7	0
tanque agua dulce	100%	4,374	18,131	2,222	0
tanque de aguas sucias	100%	1,481	10,582	0,334	0
Tanque de combustible 1	100%	3,776	7,497	2,135	2,173
Tanque de combustible 2	100%	3,776	7,497	2,135	-2,173
piscina	95%	3,681	1,421	3,541	0
<b>Total Weight:</b>		<b>55,9</b>	<b>LCG=7,964 m</b>	<b>VCG=2,773 m</b>	<b>TCG=0,005 m</b>

## 7.1. Cubiertas o protecciones

Debe contar con una cubierta completa, entendiéndose por una embarcación con cubierta completa:

Embarcación en la que la proyección horizontal del área total de diseño comprende cualquier combinación de:

- Cubiertas estancas y superestructura, y/o
- Nichos de achique rápido que cumplan con la Norma ISO 11812, y/o
- Nichos estancos que cumplan con la Norma ISO 11812 con un volumen conjunto inferior a  $L_H B_H F_M / 40$

Todos los dispositivos cerrados que sean estancos al agua de acuerdo con la Norma ISO 12216.

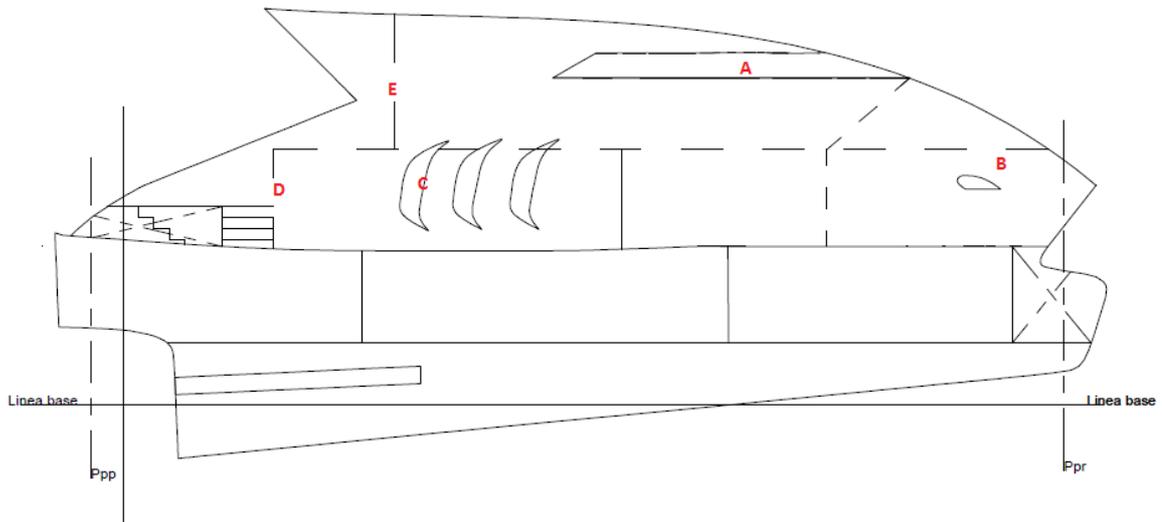
En la anterior definición se hace referencia a los nichos y las normativas con la que habrán de contar dependiendo de si son estancos o de achique rápido.

Según la definición dada por esta norma de nicho (3.1.3 nicho: Cualquier volumen abierto al exterior que pueda retener agua), la conclusión obtenida es que esta embarcación carece de los mismos, ya que el único posible nicho, que es la piscina, permanecerá cerrado en caso de no encontrarse llena, además de que esas superficies libres fueron tenidas en cuenta en el cálculo de estabilidad.

## 7.2. Aberturas de inundación

En este caso la tabla nos remite al apartado 6.1.1 de la norma.

Las posibles aberturas inundables del buque son las siguientes:



Vista de perfil del nuevo diseño en la cual se indican las posibles aberturas inundables

Según lo dispuesto en el apartado 6.1.1.1 C de esta norma, la posible aberturas de inundación A queda descartada al igual que la aberturas B y C ya que todas ellas se tratan de dispositivos no abiertos, pues en los tres casos se trata de ventanas estancas que no pueden ser abiertas.

Por lo tanto solo se consideraran, como aberturas inundables, las aberturas D y E.

A estas se les deben aplicar los requisitos dados en los apartados 6.1.2 y 6.1.3.

**6.1.2.1** En este apartado se nos indica que el ensayo se debe realizar en la condición de carga de desplazamiento, contando con un número de personas igual a la tripulación límite.

A continuación se calcula la altura mínima de inundación utilizando para ello las normas del anexo A de la norma, que generalmente dan los requisitos más bajos.

### 7.3. Ensayo de altura de inundación

#### Método completo para calcular la altura de inundación requerida

**Tabla A.1**  
Límites en la altura de inundación requerida

Medidas en metros

Categoría de diseño	A	B	C	C	D	D
Opciones (véase la tabla 2)	1	1,3	2, 4, 5	6	2, 4, 5	6
$h_{D(R)}$ no debe ser menor que	0,5	0,4	0,3	0,5	0,2	0,4
$h_{D(R)}$ no debe ser mayor que	1,41	1,41	0,75	0,75	0,4	–

Tabla 1 incluida en el anexo A de la norma UNE-EN ISO 12217-1

La altura de inundación requerida ( $h_{D^*}$ ) se calcula separadamente para cada abertura inundable como sigue:

$$h_{D^*} = H_1 \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times F_5$$

#### I. Abertura D

$$H_1 = L_H / 15$$

$$H_1 = 20,32 / 15 = 1,354 \text{ m}$$

$$F_1 = (1 - x_D / L_H) \text{ o } (1 - y_D / B_H) \text{ cualquiera que sea la mayor.}$$

$x_D$  es la distancia longitudinal hasta la abertura inundable desde el extremo de la roda o de la popa (cualquiera que sea el menor)

$y_D$  es la menor distancia transversal de la abertura inundable desde la periferia de la embarcación

$$F_1 = (1 - 4,26 / 20,32) = 0,79$$

$$F_1 = (1 - 0,61 / 6,12) = 0,9$$

$$F_1 = 0,9$$

$$F_2 = 1,0 \text{ si } a \geq (30 L_H)^2$$

a es el área conjunta de las aberturas hasta la parte superior de cualquier abertura inundable, expresada en milímetros cuadrados (mm<sup>2</sup>)

$$F_2 = 1,0$$

$F_3$  es el factor del tamaño del nicho, se toma igual a 1 cuando la abertura no es un nicho

$$F_3 = 1,0$$

$$F_4 = \left( \frac{10 \times V_D}{L_H B^2} \right)^{1/3}$$

$V_D$  es el volumen en la condición de desplazamiento en carga, =  $m_{LDC}/1,025$

B es  $B_H$  para un monocasco

$$V_D = 54,536 \text{ m}^3$$

$$F_4 = 0,895$$

$F_5$  es el factor de flotación, al utilizar la opción 2 de la tabla nº 2 de esta norma

$$F_5 = 1,0$$

$$h_{D^*} = H_1 \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times F_5 = 1,088 \text{ m}$$

## II. Abertura E

$$H_1 = L_H / 15$$

$$H_1 = 20,32 / 15 = 1,354 \text{ m}$$

$F_1 = (1 - x_D / L_H)$  o  $(1 - y_D / B_H)$  cualquiera que sea la mayor.

$x_D$  es la distancia longitudinal hasta la abertura inundable desde el extremo de la roda o de la popa (cualquiera que sea el menor)

$y_D$  es la menor distancia transversal de la abertura inundable desde la periferia de la embarcación

$$F_1 = (1 - 5,92/20,32) = 0,709$$

$$F_1 = (1 - 1,67/6,12) = 0,727$$

$$F_1 = 0,727$$

$$F_2 = 1, 0 \text{ si } a \geq (30 L_H)^2$$

a es el área conjunta de las aberturas hasta la parte superior de cualquier abertura inundable, expresada en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ )

$$F_2 = 1, 0$$

$F_3$  es el factor del tamaño del nicho, se toma igual a 1 cuando la abertura no es un nicho

$$F_3 = 1, 0$$

$$F_4 = \left( \frac{10 \times V_D}{L_H B^2} \right)^{1/3}$$

$V_D$  es el volumen en la condición de desplazamiento en carga, =  $m_{LDC}/1,025$

B es  $B_H$  para un monocasco

$$V_D = 54,536 \text{ m}^3$$

$$F_4 = 0,895$$

$F_5$  es el factor de flotación, al utilizar la opción 2 de la tabla nº 2 de esta norma

$$F_5 = 1,0$$

$$h_{D^*} = H_1 \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times F_5 = 0,879 \text{ m}$$

Después de comprobar que cumplimos con los requisitos en cuanto a altura de inundación requerida, pasamos al siguiente apartado.

#### 7.4.Ángulo de inundación

Este requisito sirve para comprobar que existe un margen suficiente del ángulo de escora antes de que puedan penetrar en la embarcación cantidades significativas de agua.

Las embarcaciones deben evaluarse para las condiciones mínimas operacionales a menos que la relación  $m_{LDC} / m_{MOC} > 1,15$ , en cuyo caso se deben evaluar también en la condición de desplazamiento en carga.

Sabiendo que la definición de condición mínima operacional dada por la norma es la que sigue:

Embarcación equipada en la condición en rosca añadiendo los siguientes pesos según corresponda:

- e. El peso que representa a la tripulación, situado en la línea de crujía próximo a la posición más alta del principal puesto de control, de 225kg cuando  $16 \text{ m} < L_H \leq 24 \text{ m}$
- f. El equipo esencial de seguridad con un peso no menor de  $(L_H - 2,5)^2 \text{ kg}$
- g. Provisiones no consumibles y equipo normalmente llevado a bordo
- h. Tanques de lastre simétricos cuyo llenado se especifique en el manual del propietario en caso de estar la embarcación a flote.
- i. Una balsa de salvamento (cuando corresponda) estibada.

Utilizando el programa Hydromax y habiendo sido definidas previamente las condiciones de carga  $m_{LDC}$  y  $m_{MOC}$ , se obtienen los siguientes resultados:

$$m_{LDC} = 55,9 \text{ Tn}$$

$$m_{MOC} = 38,38 \text{ Tn}$$

Como  $m_{LDC} / m_{MOC} > 1,15$  se deben evaluar también en la condición de desplazamiento en carga.

La tabla en la que se recogen los requisitos mínimos es la siguiente:

**Tabla 3**  
**Requisitos del ángulo de inundación**

Categoría de diseño	Ángulo mínimo de inundación (grados)	
	Opciones 1 a 5 <sup>a</sup> , utilícese la que sea mayor	
A	$\phi_0 + 25$	30
B	$\phi_0 + 15$	25
C	$\phi_0 + 5$	20
D	$\phi_0$	
<sup>a</sup> Véase la tabla 2.		

Tabla 3 incluida en la norma UNE-EN ISO 12217-1

En cuanto al valor del ángulo de escora de compensación de pesos, fue tomado un valor máximo dado en la siguiente tabla en función de la eslora del buque a fin de obtener un mayor margen de seguridad.

**Tabla 4**  
**Ángulo máximo de escora para el ensayo de compensación de pesos**

$L_H$	(m)	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0
$\phi_{O(R)}$	(°)	19,7	18,2	16,8	15,6	14,6	12,9	11,2	10,4	10,0	10,0

Tabla 4 incluida en la norma UNE-EN ISO 12217-1

$$L_H = 20,32 \text{ m}$$

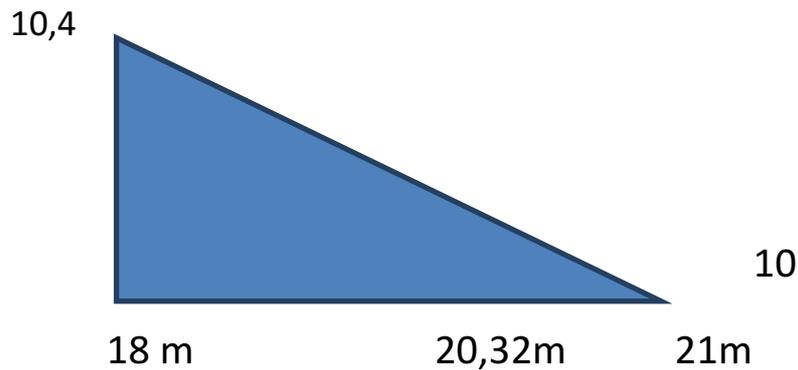


Figura que representa la interpolación usada para calcular el ángulo de escora máximo para el cálculo de compensación de pesos

Fue realizada una interpolación lineal, la cual dio como resultado:

$$\phi_{0(R)} = 10,1^\circ$$

Por lo tanto el ángulo mínimo de inundación para una categoría de diseño B es =  $25,1^\circ$

De los cálculos realizados en el programa Hydromax se obtienen los siguientes resultados:

- Para condición mínima operacional:  
 $\Phi_D = 112,88^\circ$
- Para condición de desplazamiento en carga:  
 $\Phi_D = 69,91^\circ$

De estos resultados se demuestra, que la embarcación cumple con este requisito.

## 7.5. Ensayo de compensación de cargas

Para todas las categorías de diseño, el ángulo de escora  $\phi_{O(R)}$  no debe ser mayor de

$$\phi_{O(R)} = 10 + \frac{(24 - L_H)^3}{600}$$

El ensayo de compensación de pesos debe realizarse de acuerdo con el anexo B de la norma, mediante el cual se obtiene el ángulo de escora de compensación de pesos  $\phi_O$ .

### MÉTODO PARA EL ENSAYO DE COMPENSACIÓN DE PESOS

El objeto de este método es determinar el ángulo de escora que se alcanza cuando se sitúan acumuladas a una banda el máximo número de personas recomendado a bordo (tripulación límite).

Para la realización del mismo la embarcación se debe analizar en la condición de desplazamiento en carga.

#### ➤ Método para las embarcaciones con más de un nivel de cubierta:

- a) Se supone que el nivel más alto está ocupado por el máximo número de personas (N1) que no exceden de dos por metro cuadrado
- b) Calculamos  $CD_1$  y  $M_{C1}$  para este nivel, utilizando el método descrito en el apartado B.3.1 de esta norma, con valor de  $B_C$  adecuado a este nivel ( $B_{C1}$ ).

$$CD = \frac{CL}{4 \times A_C}$$

donde

CL es la tripulación límite

$A_C$  es el área de la tripulación, que está formada por el área de la cubierta o cabina prevista por el constructor para el uso de la tripulación cuando la embarcación se encuentra en navegación, y está formada por cualquier

área donde las personas puedan estar de pie, sentadas, paseando o tumbadas, y donde se puedan realizar cualquiera de las siguientes actividades:

- embarcación maniobrado o gobernado;
- acceso al interior o al exterior de la habitación;
- ocio;
- manejo o acondicionamiento de cualquier vela

Según lo anterior, para la cubierta más alta de esta embarcación:

$$CL = 9$$

$$A_c = 59,928 \text{ m}^2$$

$$CD = \frac{CL}{4 \times A_c} = 0,0375$$

Si  $CD < 0,5$  entonces  $M_c = 314 CL B_c (1-CD)$  (en N x m)

En la norma se realizan los cálculos para las diferentes cubiertas, hasta agotar el número de tripulantes máximo, no siendo necesario en este caso ya que el número de tripulantes máximo se encuentra situado en su totalidad en la cubierta más alta (caso más desfavorable)

$$M_c = 314 \times 9 \times 5,9(1 - 0,0375) = 16048,147 \text{ N} \times \text{m}$$

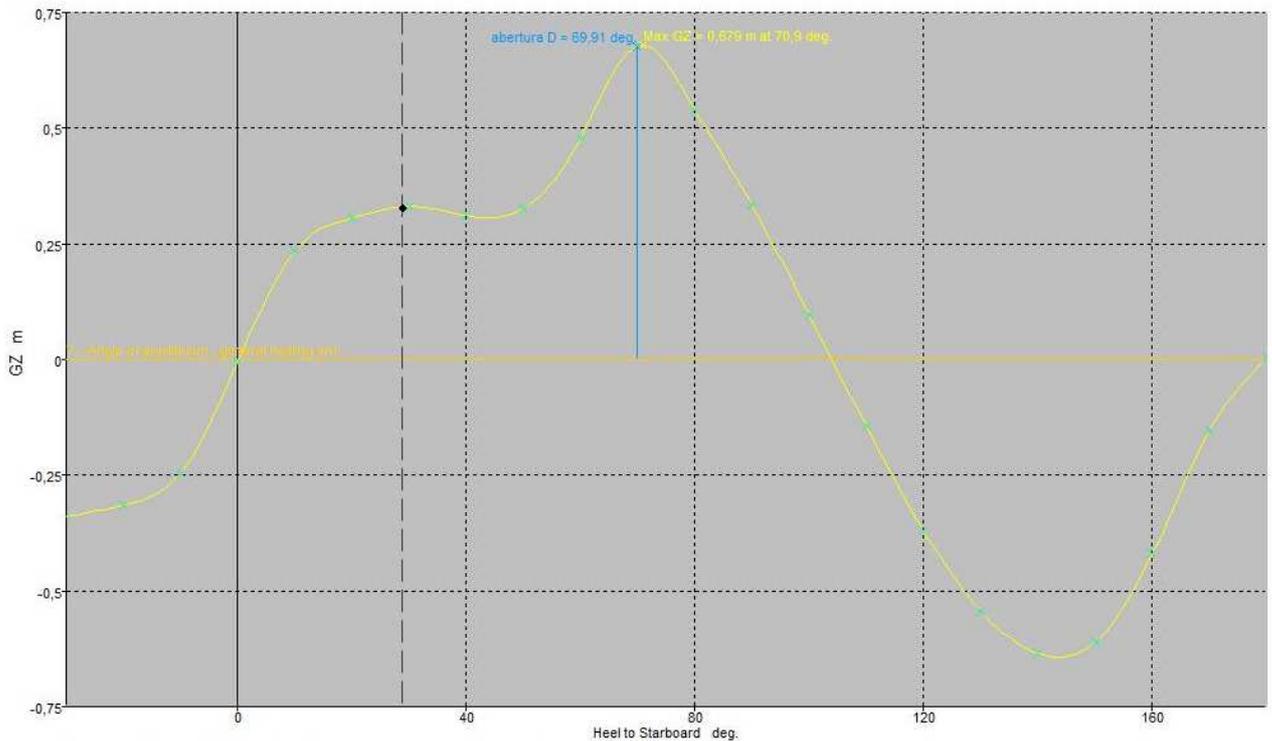
El brazo del par escorante es igual al momento de escora dividido por el producto del peso en kilogramos y la aceleración debida a la gravedad ( $9,806 \text{ m/s}^2$ ) y se expresa en metros.

$$M_c = 0,0293 \text{ m}$$

Una vez obtenido el valor de  $M_c$  pasamos al siguiente apartado del anexo B:

### B.5 Aplicación de $M_c$ mediante cálculos

- a. Para la aplicación, es necesario disponer de una curva que represente los momentos de adrizamiento de la embarcación para un número adecuado de ángulos de escora, esta curva se obtuvo utilizando el programa Hidromax, y es, para la condición de desplazamiento en carga, la que se muestra a continuación:



Curva GZ de la embarcación en la condición de desplazamiento en carga

- b. El cálculo de la curva de momentos de escora se realiza como sigue:

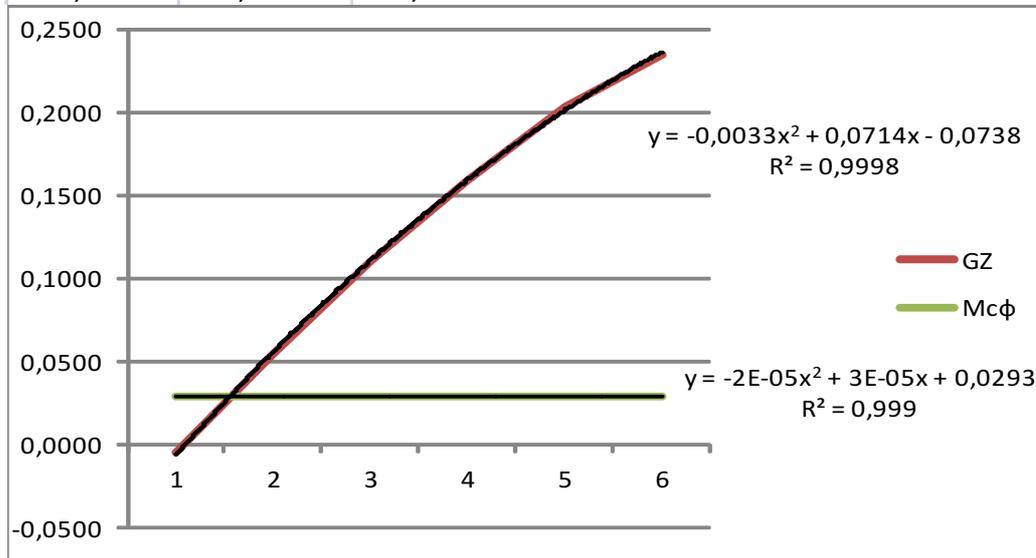
$$M_{C\phi} = M_C \cos \phi$$

Donde  $M_{C\phi}$  es el momento de escora para un ángulo de escora  $\phi$ .

- c. El ángulo de escora deducido del ensayo de compensación de pesos ( $\phi_0$ ) es el ángulo más cercano a la posición vertical en que se cortan la curva de momentos de par de adrizamiento y la curva de momentos de escora.

Para encontrar el punto de corte entre ambas curvas, fueron representadas mediante ecuaciones de segundo grado (dadas en la siguiente figura) realizadas a través de una serie de puntos tomados para valores comprendidos entre  $0^\circ$  y  $10^\circ$  grados de escora:

Grados °	GZ	$Mc\phi$
0,0000	-0,0050	0,0293
2,0000	0,0550	0,0293
4,0000	0,1100	0,0292
6,0000	0,1590	0,0291
8,0000	0,2030	0,0290
10,0000	0,2350	0,0289



Gráfica en la que se representan la curva de brazos escorantes y las curva de brazos adrizantes

Hallamos el punto de intersección entre las dos curvas obteniendo como resultado un ángulo de escora:

$$\Phi_0 = 1,556^\circ$$

Por lo tanto, sabiendo que el ángulo de escora máximo es:

$$\Phi_{0(R)} = 10 + \frac{(24 - L_H)^3}{600} = 10,83^\circ$$

Y que el obtenido es  $\Phi_{0^*} = 1,556^\circ$ , queda patente que la embarcación cumple con los requerimientos demandados por el ensayo de compensación de pesos.

## 7.6. Resistencia a las olas + viento

Las embarcaciones se deben evaluar utilizando los apartados 6.3.2 y 6.3.3 de esta norma.

Las embarcaciones se deben evaluar en la condición mínima operativa a menos que la relación  $m_{LDC} / m_{MOC} > 1,15$ , debiéndose evaluar también en la condición de desplazamiento en carga.

Como ya se dijo en los apartados anteriores, el nuevo diseño carece de nichos por lo tanto las referencias a los mismos en este apartado no afectaron a la embarcación.

### 7.6.1. Balance transversal debido a las olas y al viento

Para la realización de este apartado cabe destacar que la curva de momento del par de adrizamiento se obtuvo utilizando el programa Hydromax, tanto para una condición como para la otra.

Se considera que el momento de escora debido al viento,  $M_W$ , expresado en Newton metros, es constante para todos los ángulos de escora y se debe calcular como sigue:

$$M_W = 0,3 \times A_{LV} \left( \frac{A_{LV}}{L_{WL}} + TM \right) v_W^2$$

donde

$T_M$  es el calado en la mitad de la eslora en la flotación, expresado en metros;

$v_W = 21 \text{ m/s}$  para la categoría de diseño B;

$A_{LV}$  es el área expuesta al viento tal y como se define en el apartado 3.3.7, la cual no debe tomarse menor que  $0,55L_H B_H$ .

El ángulo previsto de balance se calcula como sigue:

$\phi_R = 20 + 20/V_D$  para la categoría de diseño B

Las curvas de momentos de par de adrizamiento y de momentos de escora debido al viento se deben dibujar en el mismo grafico como se ve en la figura. El área  $A_2$  debe ser mayor que el área  $A_1$ .

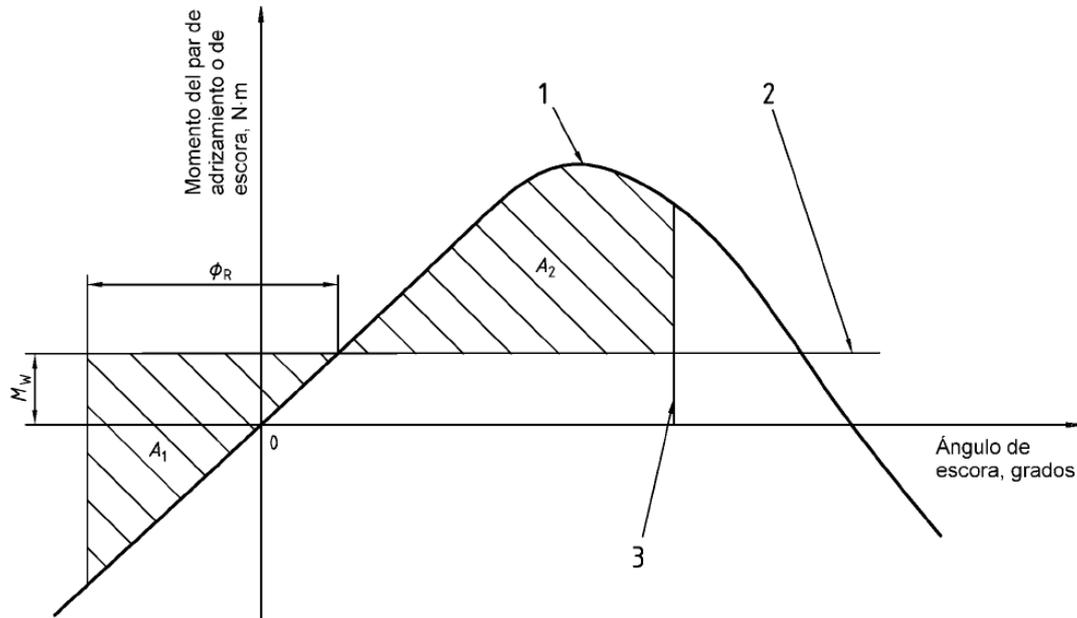


Figura 5 incluida en la norma UNE-EN ISO 12217-1

#### 7.6.1.1. Condición mínima operativa

$$M_W = 0,3 \times A_{LV} \left( \frac{A_{LV}}{L_{WL}} + TM \right) v_W^2 = 83264,29 \text{ N x m}$$

$$A_{LV} = 98,227 \text{ m}^2$$

$$T_M = 1,537 \text{ m}$$

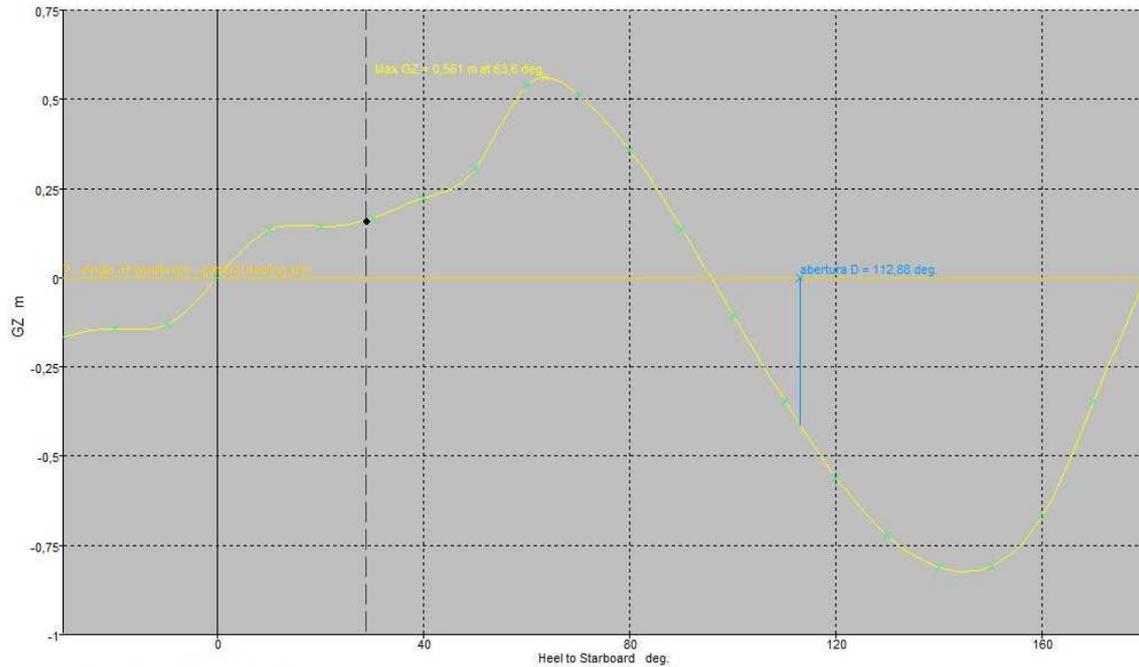
$$L_{WL} = 20,169 \text{ m}^2$$

$$M_W = \frac{83264,29}{38380 \times 9,806} = 0,22 \text{ m}$$

$$V_D = 37,444 \text{ m}^3$$

$$\phi_R = 20 + 20/V_D = 20 + 0,53 = 20,53^\circ$$

Entrando con este dato en la curva de estabilidad GZ existente para la embarcación estudiada, tomando como límite para A<sub>2</sub> el ángulo de 50°, en esta condición obtenemos:



Curva GZ de la embarcación en la condición mínima operativa

$$A_1 = 1,009 \text{ m X deg}$$

$$A_2 = 1,012 \text{ m X deg}$$

#### 7.6.1.2. Condición de desplazamiento en carga

$$M_W = 0,3 \times A_{LV} \left( \frac{A_{LV}}{L_{WL}} + TM \right) v_W^2 = 77682 \text{ N x m}$$

$$A_{LV} = 92,339 \text{ m}^2$$

$$T_M = 1,813 \text{ m}$$

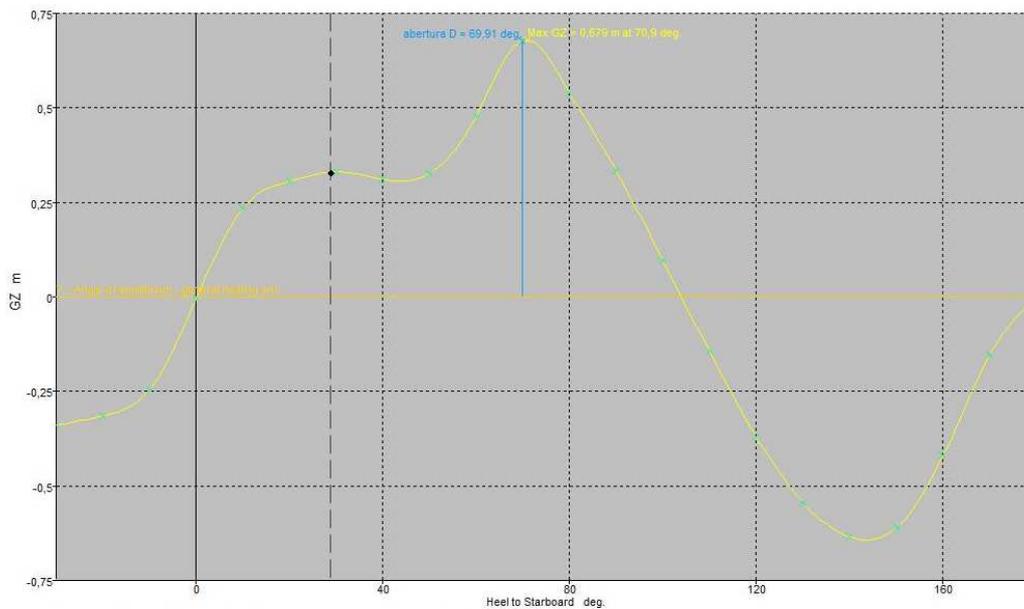
$$L_{WL} = 20,313 \text{ m}^2$$

$$M_W = \frac{77682}{55900 \times 9,806} = 0,142 \text{ m}$$

$$V_D = 54,536 \text{ m}^3$$

$$\phi_R = 20 + 20/V_D = 20 + 0,367 = 20,367^\circ$$

Entrando con este dato en la curva de estabilidad GZ existente para la embarcación estudiada, tomando como límite para  $A_2$  el ángulo de  $50^\circ$ , en esta condición obtenemos:



Curva GZ de la embarcación en la condición de desplazamiento en carga

$$A_1 = 5,631 \text{ m X deg}$$

$$A_2 = 7,15 \text{ m X deg}$$

Para ambas condiciones el área  $A_2$  supera el valor del área  $A_1$  cumpliéndose por tanto el requerimiento exigido en cuanto a estabilidad.

### 7.6.2. Resistencia a las olas

La curva de brazos de palanca del par de adrizamiento con los ángulos de escora  $\phi_D$ ,  $\phi_V$  o  $50^\circ$ , cualquiera que sea el menor, debe cumplir, además de los requisitos del apartado 6.3.3, lo siguiente:

- Cuando el momento máximo del par de adrizamiento ocurre con un ángulo de escora de  $30^\circ$  ó más, el momento del par de adrizamiento con  $30^\circ$  de escora no debe ser menor de 7KN para la categoría de diseño B

#### 7.6.2.1. Condición mínima operativa

Par adrizante (N X m) / ( $m_L \times 9,806$ ) = Brazo del par de adrizamiento

Según lo anterior  $GZ^{30^\circ} \geq 0,0186$  m

Siendo para esta condición el valor de  $GZ^{30^\circ} = 0,176$ m

#### 7.6.2.2. Condición de desplazamiento en carga

Siendo para esta condición el valor de  $GZ^{30^\circ} = 0,337$ m

Una vez comprobados todos los criterios fueron representados en la siguiente tabla de *CRITERIA*:

Requerimiento	Apartado	Valor mínimo	Valor máximo	Condición.mínima operativa	Condición desplazamiento carga
				Valor obtenido	Valor obtenido
Ensayo de altura de inundacion	6.1.2	0,4 m	1,41 m	0,879 m	1,088 m
Ángulo de inundación	6.1.3	25,1°		69,91°	112,88°
Ensayo de compensación de cargas	6.2		10,83°		1,556 °
Resistencia a las olas + viento	6.3	0,0186 m		0,176 m	0,337m

Demostrándose que la embarcación cumple todos los requisitos para obtener una categoría de diseño B.

## 8. Equipos y servicios del buque

En este último apartado se enumeran una serie de equipos necesarios y en su mayor parte obligatorios, para una embarcación como la estudiada, con capacidad para navegar en Zona 2.

La finalidad del mismo es mostrar mediante la aplicación de la norma ORDEN FOM 1144/2003 los diferentes equipos con los que han de contar las embarcaciones en función de su categoría de diseño y su zona de navegación, a la vez que definir los equipos con los que cuenta la embarcación ya rediseñada.

Los principales equipos y servicios con los que cuenta esta embarcación, dados por la ORDEN FOM 1144/2003 y la Normativa referente a exhaustaciones húmedas dadas por la Dirección general de la marina mercante (D.G.M.M) son:

*8.1.Elementos de salvamento*

*8.2.Equipo de fondeo*

*8.3.Equipo de navegación*

*8.4.Equipos y detección contra incendios*

*8.5.Medios de achique*

*8.6.Descarga de aguas sucias*

*8.7.Servicio de exhaustación de los gases del motor*

La zona de navegación 2, permite en combinación con la categoría de diseño B, el ámbito de navegación detallado en la tabla adjunta:

Categoría de diseño		Zona de navegación	
A	Oceánica	1	Navegación ilimitada.
B	Alta Mar	2	Hasta 60 millas paralelas a la costa.
		3	Hasta 25 millas paralelas a la costa.
C	Aguas costeras	4	Hasta 12 millas paralelas a la costa.
		5	Hasta 5 millas de un abrigo o playa accesible.
		6	Hasta 2 millas de un abrigo o playa accesible.
D	Aguas protegidas	7	aguas costeras protegidas, puertos, radas, rías, bahías abrigadas y aguas protegidas en general.

Tabla que relaciona zonas de navegación con categorías de diseño

Correspondencia entre categorías de diseño y zonas de navegación:

Categoría de Diseño	Fuerzo del viento (Escala de Beaufort)	Altura significativa de las olas (H 1/3; metros)	Zona de navegación
A – Oceánicas	Más de 8	Más de 4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
B – En alta mar	Hasta 8 incluido	Hasta 4 incluido	2, 3, 4, 5, 6, 7
C – En aguas costeras	Hasta 6 incluido	Hasta 2 incluido	4, 5, 6, 7
D – En aguas protegidas	Hasta 4 incluido	Hasta 0,3 incluido	7

## 8.1.Elementos de salvamento

Los elementos de salvamento requeridos, viene dados en la siguiente tabla, en función de la zona de navegación.

Alcance	Navegación oceánica	Alta mar		Aguas costeras			Aguas protegidas
	Zona 1 Ilimitada	Zona 2 Hasta 60 millas	Zona 3 Hasta 25 millas	Zona 4 Hasta 12 millas	Zona 5 Hasta 5 millas	Zona 6 Hasta 2 millas	Zona 7 Agua protegidas
<b>Balsas salvavidas</b>	100% personas SOLAS (Nuevo) o NO SOLAS (Homologadas por la DGMM para esta zona) con equipo SOLAS A	100% personas ISO9650 (Con equipo SOLAS B) o las mismas que Zona 1	100% personas ISO9650 (Con equipo SOLAS B) o las mismas que Zona 1	No	No	No	No
<b>Chaleco salvavidas</b>	110% personas SOLAS o CE 275N	100% personas SOLAS o CE 150N	100% personas SOLAS o CE 150N	100% personas SOLAS o CE 150N	100% personas SOLAS o CE 100N	100% personas SOLAS o CE 100N	100% personas SOLAS o CE 100N
<b>Aros salvavidas</b>	2 Uno de ellos con luz y rabiza	1 Con luz y rabiza	1 Con luz y rabiza	1 Con luz y rabiza	No	No	No
<b>Bengalas de mano</b>	6	6	6	6	3	3	3
<b>Cohetes con luz roja y paracaídas</b>	6	6	6	6	No	No	No
<b>Señales fumígenas</b>	2	2	1	1	No	No	No

Tabla incluida en la ORDEN FOM 1144/2003

La zona de navegación requerida fue la número dos, y por lo tanto la embarcación cuenta con:

Balsa salvavidas	100% de las personas según ISO 9650 (con equipo solas B) o las mismas que en zona 1
Chaleco salvavidas	100% de las personas según SOLAS o CE 150n
Aros salvavidas	1 con luz y rabiza
Bengalas de mano	6
Cohetes con luz roja y paracaídas	6
Señales fumígenas	2

## 8.2. Equipo de fondeo

El equipo de fondeo consistirá en ancla unida a una cadena, cuyas dimensiones vienen dadas por la siguiente tabla (incluida en la ORDEN FOM 1144/2003).

ESLORA (m)	Peso del Ancla (kg)	Diámetro de cadena (mm)	Diámetro de estacha (mm)
L = 3	3,5	6	10
L = 5	6	6	10
L = 7	10	6	10
L = 9	14	8	12
L = 12	20	8	12
L = 15	33	10	14
L = 18	46	10	14
L = 21	58	12	16
L = 24	75	12	16

En la norma se detallan las características de las mismas que son las siguientes:

- La longitud del tramo de cadena  $\geq L$
- no son admisibles cadenas ni estachas empalmadas sin grillete,
- las cadenas deben ser de acero galvanizado o equivalente (norma EN 24565).
- El diámetro de la estacha está referido a estachas de nylon; en todo caso su carga de rotura será mayor que la de la cadena.
- El peso de las anclas indicado en la tabla corresponde a anclas de alto poder de agarre (con una tolerancia del 10%), por lo que el peso debe aumentarse en un tercio en otros tipos de anclas.
- El peso del ancla podrá dividirse en dos anclas, siendo el peso del ancla principal no menor del 75% del peso

La eslora de la embarcación, tras la realización del nuevo diseño es de 20,32 m por lo tanto cogeremos un peso del ancla inmediatamente mayor de 58 Kg

El diámetro de la cadena se obtendrá por medio de la siguiente interpolación:

$$((12-10)/21-18)*(20,32-18))+10= 11,54 \text{ mm que redondeando daría } \underline{12\text{mm}}$$

La longitud del tramo de cadena  $L \geq 23 \text{ m}$

### 8.3. Equipo de navegación

El equipo de navegación viene dado por las siguientes tablas, incluidas en la norma, en función de la zona de navegación:

MATERIAL	Zona de Navegación			
	1	2	3,4	5, 6, 7
Compás .....	1	1	1	
Corredera .....	1	1		
Sextante .....	1			
Cronómetro .....	1			
Compás de puntas ....	1	1		
Transportador .....	1	1		
Regla de 40 cm. ....	1	1		
Prismáticos .....	1	1	1	
Cartas y libros náuticos.	1	1	1	

MATERIAL	Zona de Navegación			
	1	2	3,4	5, 6, 7
Bocina de niebla .....	1	1	1	1
Barómetro .....	1	1		
Campana o similar .....	1	1	1	
Pabellón nacional .....	1	1	1	1
Código de banderas ...	1	1		
Linterna estanca .....	2	2	1	
Diario de navegación ..	1			
Espejo de señales .....	1	1	1	1
Reflector de radar .....	1	1	1	
Código de señales .....	1	1	1	1

Una embarcación cuya zona de navegación sea ZONA 2 contará con los siguientes elementos:

1. Compás
2. Corredera
3. Compas de puntas
4. Transportador
5. Regla de 40 cm
6. Prismáticos
7. Cartas y libros náuticos
8. Bocina de niebla
9. Barómetro
10. Campana o similar
11. Pabellón nacional

- 12. Código de banderas
- 13. Linterna estanca
- 14. Espejo de señales
- 15. Reflector de radar
- 16. Código de señales

#### 8.4. Equipos y detección contra incendios

##### 8.4.1. Extintores

Para el cálculo de los extintores requeridos a bordo existen dos posibles métodos de cálculo:

##### 8.4.1.1. En función de la eslora:

L	Número y tipo de extintores*
Si tiene cabina cerrada y $L < 10$ m	1, tipo 21 B
$10 \leq L < 15$ m	1, tipo 21 B**
$15 \leq L < 20$ m	2, tipo 21 B**
$20 \leq L < 24$ m	3, tipo 21 B**

(\*) Tipo de extintores: eficacia mínima.

(\*\*) Para embarcaciones de la lista 6.<sup>a</sup> y  $L > 10$  m, un extintor más de los indicados.

Al contar con una  $L = 20,32$  m se nos exige contar con 3 extintores, del tipo 21B, código que nos indica según la tabla que se encuentra en la norma:

B uso para la lucha contra fuegos líquidos.

Número número de litros de combustible normalizado que el extintor es capaz de apagar

#### 8.4.1.2. En función de la potencia instalada a bordo

Potencia máxima instalada	Número y tipo de extintores*
$P \leq 150 \text{ kw}$	1 tipo 21 B.
$150 < P \leq 300 \text{ kw}$	1 tipo 34 B (con un motor). 2 tipo 21 B (con 2 motores).
$300 < P \leq 450 \text{ kw}$	1 tipo 55 B (con un motor). 2 tipo 34 B (con 2 motores).
$450 \text{ kw} < P$	Con 1 motor: 1 tipo 55 B y además el número de extintores necesarios para cubrir la potencia del motor por encima de los 450 kw.  Con 2 motores: 1 tipo 55 B por cada motor (que puede ser 34 B si la potencia de cada uno de los motores es inferior a 300 kw) y además el número de extintores necesarios para cubrir la potencia total instalada.

Al realizar el cálculo en función de la potencia, sería necesario un extintor tipo 55B y otro tipo 21B ya que el motor instalado es un modelo Marine QSK19-M y tiene una potencia de 567 KW (al ser mayores los requerimientos usando esta opción fue utilizado este cálculo).

#### 8.4.2.

#### Baldes

El número de baldes contra incendios viene dado por la siguiente tabla en función de la zona de navegación:

Zona de Navegación	Número de baldes Contraincendios con rabiza
3, 4 1, 2 1 y 2 ( $L > 20$ m)	1 2 3

Necesitando por tanto en nuestro caso tres baldes al ser nuestra  $L = 20,32$  m.

Al utilizar el motor un combustible diesel para su propulsión, la embarcación no está obligada a contar con medios de extinción de incendios en el compartimento del motor que eviten abrirlo en caso de incendio, ya que pertenece al grupo 2

#### 8.4.3. Detección

La norma indica que las embarcaciones que tengan instalaciones de gas combustible, total o parcialmente en el interior del casco, deberán llevar medios de detección de gases.

Por lo tanto, al contar la embarcación con una cocina de gas deberá contar también con un adecuado sistema de detección de incendios que deberá reunir los siguientes requisitos:

- En caso de incendio su indicación será automática.
- Los indicadores se centralizaran en el puesto de mando.
- Su alimentación eléctrica será directa.
- Accionara tanto señales luminosas como sonoras

### 8.5. Medios de achique

Los medios de achique necesarios vienen dados por la norma en la siguiente tabla siendo función de la zona de navegación.

	1, 2, 3	4, 5, 6	7	7 Velero $L \leq 6$ con cámaras flotabilidad
Bombas	accionada por el motor principal u otra fuente de energía,	1	1 Manual o eléctrica	
Baldes	2	1		
Achicador				1

Capacidad de las bombas a una presión de 10 kPa):

- a) 10 litros/min para  $L \leq 6$  m.
- b) 15 litros/min para  $L > 6$  m.
- c) 30 litros/min para  $L \geq 12$  m.

Según lo anterior y sabiendo que la embarcación tiene una  $L=20,32$  m, será necesaria una bomba accionada por el motor principal, o bien, por otra fuente de energía.

### *8.6. Descarga de aguas sucias*

La norma exige:

- Disponer de un tanque de aguas sucias con capacidad para 4 litros / persona y día durante dos días

Para cumplir los requerimientos en esta embarcación, es necesario un tanque de:

12x4x2 = 96 litros

Disponiendo la embarcación de un tanque destinado a este fin, el cual aparece en el plano de disposición general, con una capacidad más que suficiente, como puede observarse en la condición de desplazamiento en carga y cumpliéndose por lo tanto este requerimiento.

En lo referente a la descarga de aguas sucias, la norma no impone en este caso ningún tipo de tratamiento previo antes de proceder a la descarga, siempre y cuando esta se realice a más de 12 millas de la costa, y estando el buque desplazándose a una velocidad igual o mayor a 4 nudos.

### *8.7. Servicio de exhaustación de los gases del motor*

Este servicio fue usado en la embarcación tras la reconversión entre otros motivos con el fin de evitar que de un conducto de exhaustación de gases del motor pasara a través de la habitación, salón comedor, del buque. Además de esta manera se reducía el peso permitiendo su uso para otros menesteres.

El sistema de exhaustación húmeda consiste a grandes rasgos en un conducto, el cual, cuenta en su interior con un sistema de pulverización de agua, tomada directamente del servicio de agua salada del motor. La inyección del agua se produce a través de un anillo con perforaciones, a modo de rociador, refrescando de esta manera los gases de escape. Este dispositivo de inyección de agua estará situado por encima de la flotación.

Al contar la embarcación con un casco de PRFV la zona del mismo en la que se inserta el escape está elaborada con un laminado simple.

En la instalación del mismo se tuvieron en cuenta las indicaciones recogidas en el apartado de proyecto general de la norma.

Se trata de un sistema cuya descarga al exterior se produce bajo la flotación. Empleándose para la definición de la posición del conducto, que va desde el motor al exterior, la opción numero 2 incluida en la norma, ya que de haber utilizando la opción 1 de la norma no se habría logrado la pendiente mínima del conducto ( $\geq 25\%$ , o lo que es lo mismo 0,25 m por cada metro de distancia).

La opción 2 de la norma, mostrada en la figura siguiente, contemplaba elevar el conducto de escape a la salida del motor formando un cuello de cisne a fin de obtener la pendiente mínima citada anteriormente, finalmente la opción elegida fue la número 2.

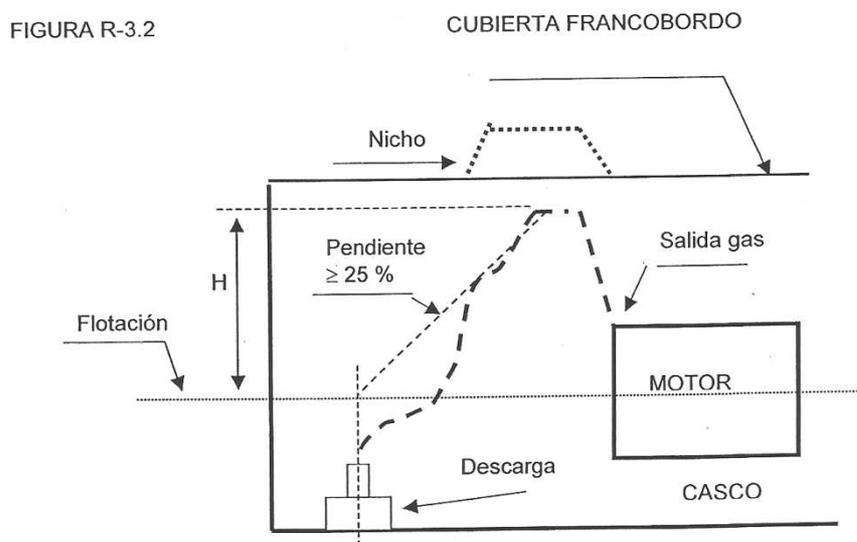


Figura 3.2 incluida en las Normas de proyecto y construcción de las exhaustaciones húmedas D.G.M.M

Por otro lado el material de los conductos empleado fue una goma sintética la cual cumple con las exigencias de las normas **UL 1129** o **SAE J20 06**, además de las normas aceptadas por las Sociedades de clasificación o aquellas que la Inspección marítima considere satisfactorias.

## 9. Conclusiones

Tras haber realizado el nuevo diseño, que convierte al anterior pesquero en una embarcación de recreo, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Al realizar el nuevo diseño hay que tener muy claro la categoría de diseño y la zona de navegación a la que está destinada la embarcación, pues podría darse el caso de que el diseño no cumpliera con las condiciones mínimas de estabilidad obligando a su modificación.
2. Para llegar al diseño final de una embarcación es necesario un proceso de rediseño constante.
3. El diseño de una embarcación con cubiertas situadas por encima de la cubierta de francobordo reduce la estabilidad de la misma, condicionando la categoría de diseño y en consecuencia la zona de navegación.
4. El empleo de exhaustaciones húmedas en sustitución de las tradicionales, es positivo desde el punto de vista del confort, siendo su uso recomendable sobre todo en embarcaciones de recreo siempre y cuando se cumpla la normativa en cuanto a su proyecto y construcción.

## 10. Bibliografía

### Normativas:

- UNE-EN ISO 12217-1 Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de la estabilidad y la flotabilidad. Parte1: Embarcaciones no propulsadas a vela de eslora igual o superior a 6 m
- Rules for Building and Classing. Reinforced Plastic Vessels 1978 (ABS)
- ORDEN FOM 1144/2003 por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo.
- Normas de proyecto y construcción de las exhaustaciones húmedas 8 abril 2003 D.G.M.M.
- Ergonomic Data for Shipboard Design in Nato Surface Ship 1993
- UNE 1-1027-95 Dibujos técnicos. Plegado de planos.

### Programas:

- Rhinoceros 4.0
- HydromaxPro Version 9.52
- MaxsurfPro Version 9.52
- Procesador de Texto Microsoft Office Word 2007

### Apuntes:

- Proyectos de embarcaciones de recreo (Optativa)  
Universidad Politécnica de Cartagena

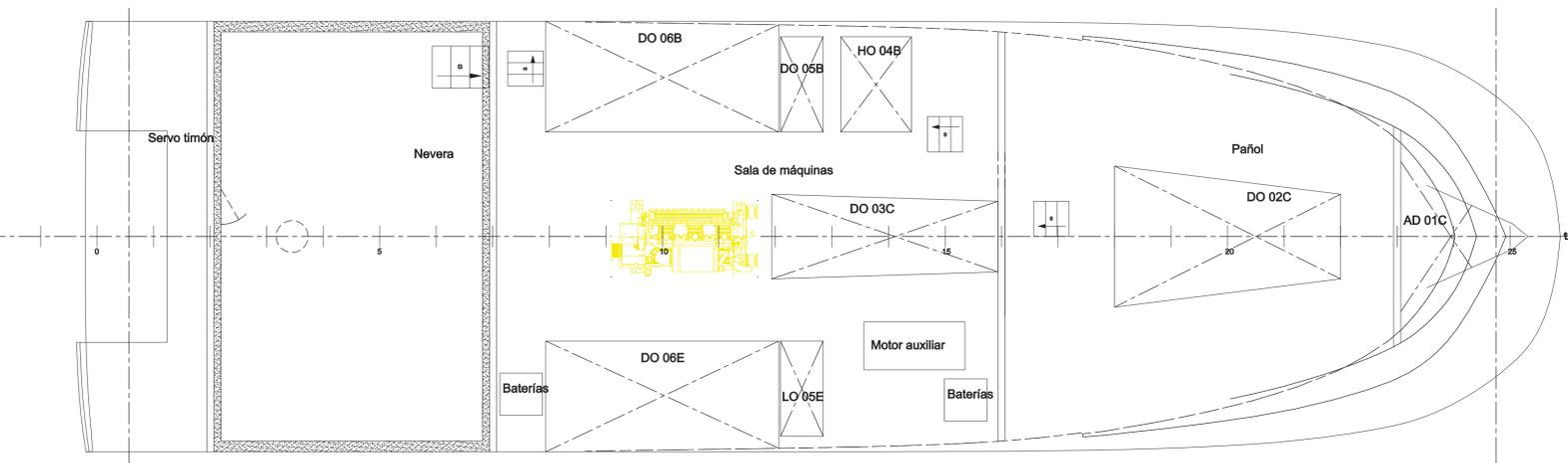
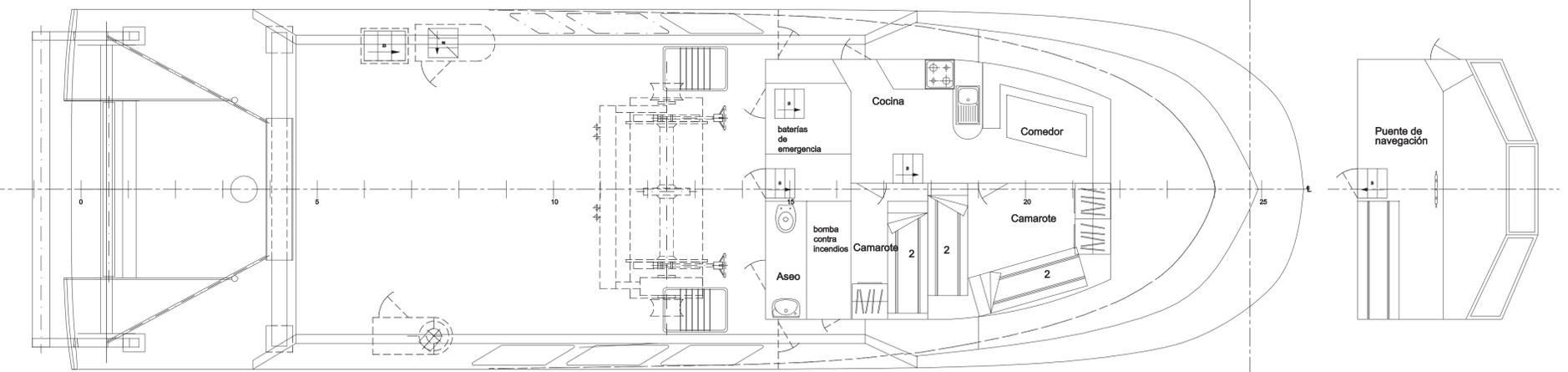
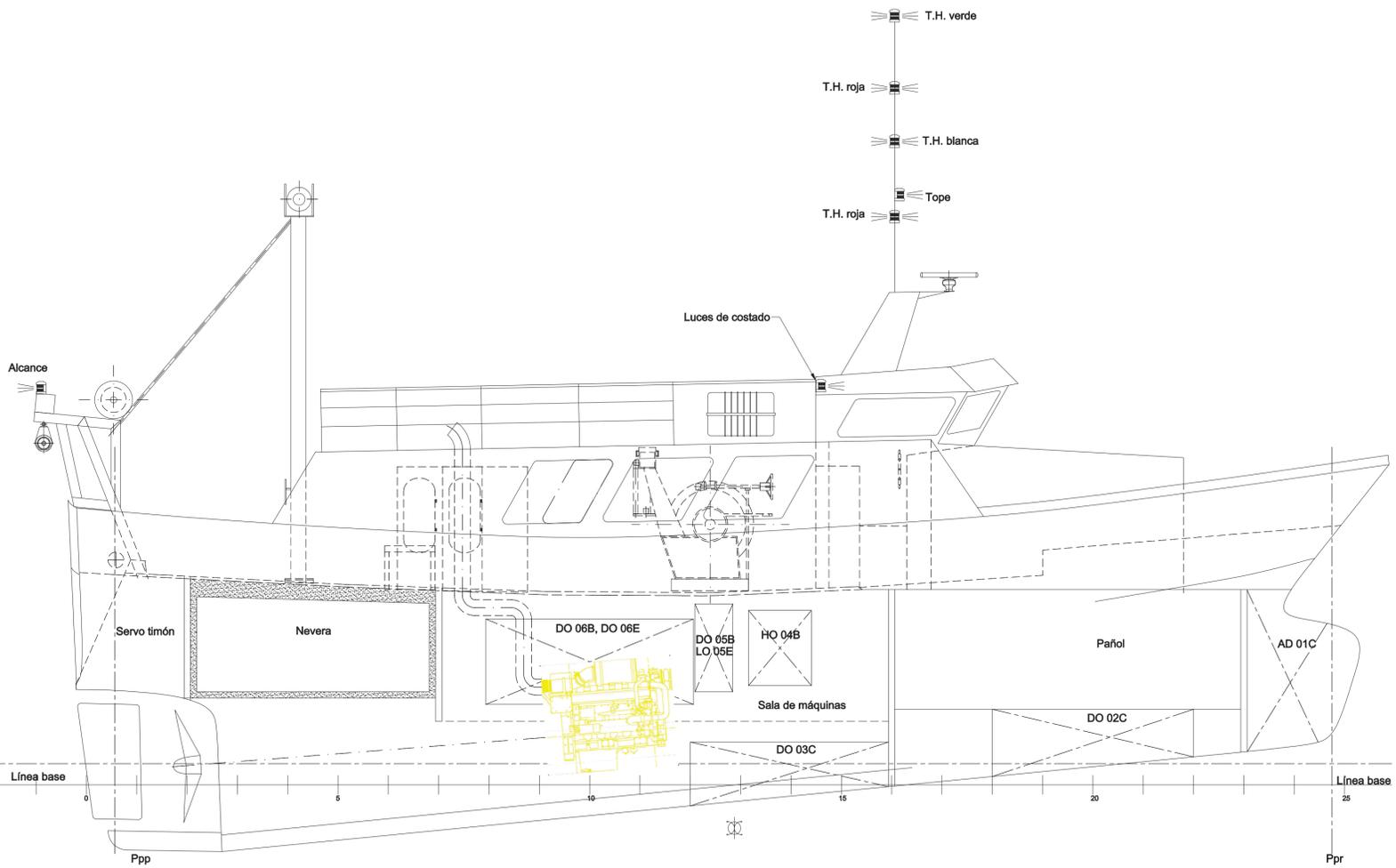
### Páginas web consultadas:

- <http://www.portalbloques.com/index.html>
- <http://www.euskalnet.net/amestoy/Normasgenerales.htm>
- Google imágenes

## Anexo A

En este anexo se contienen los siguientes planos, a los cuales se hace referencia en los diferentes apartados de este proyecto:

- A. Plano de la disposición general del pesquero
- B. Croquis Nueva disposición general
- C. Cuaderna maestra
- D. Plano definitivo de la nueva disposición general



**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

Eslera total	21.00 m
Eslera entre perpendiculares	19.00 m
Manga fuera forros	6.12 m
Puntal de construcción	3.02 m

Embarcación:  
Pesquero de arrastre al fresco  
PFC 053 y 054

Francisco Blasco Lloret  
Profesor francisco.blasco@upct.es  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
E.T.S. DE INGENIERIA NAVAL Y OCCIANICA  
Paseo Alfonso XIII, 82. 30203 Cartagena, España

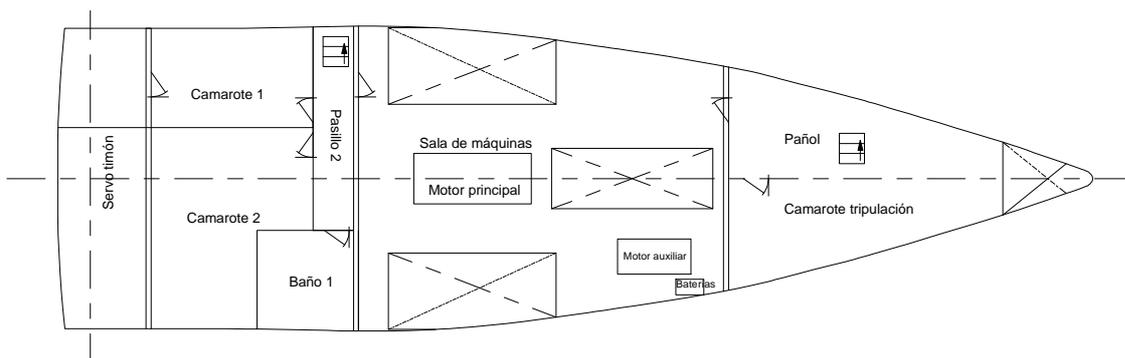
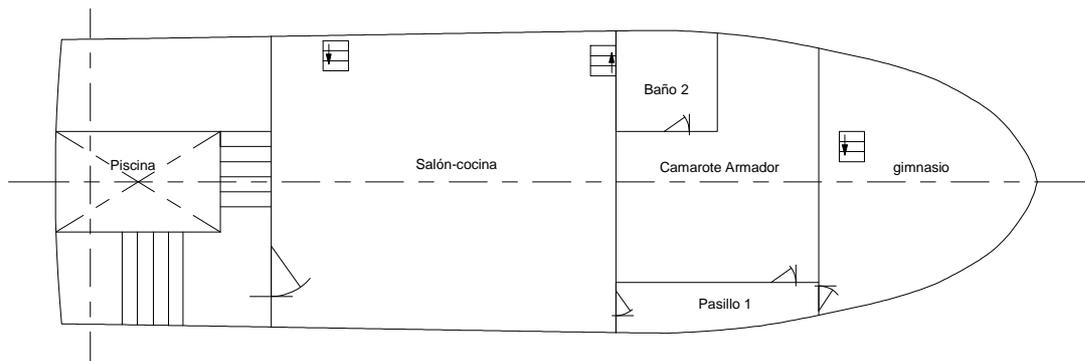
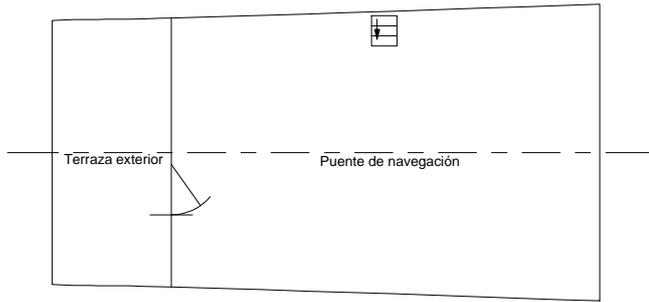
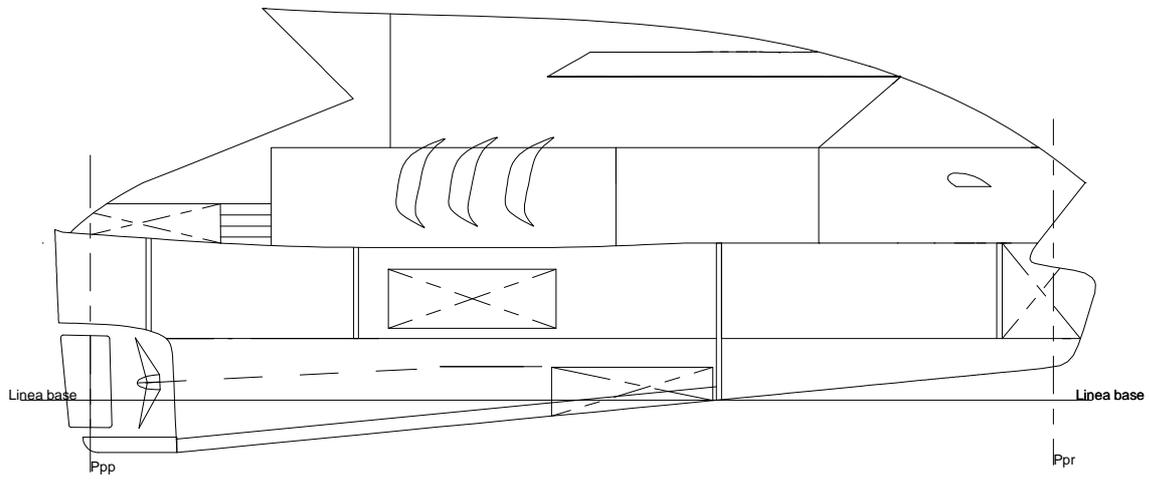
Escala  
1:50 Dibujado F.B.L.L. 18.nov.2007

Nombre Fecha  
F.B.L.L. 18.nov.2007  
Disposición general 00  
antes de la reforma

Rev: Comprobado FBLL 04.nov.2011 Sustituye a:

Plano Nº: UPCT-PFC-02-021 est\_DG\_RA.dwg Sustituido por:

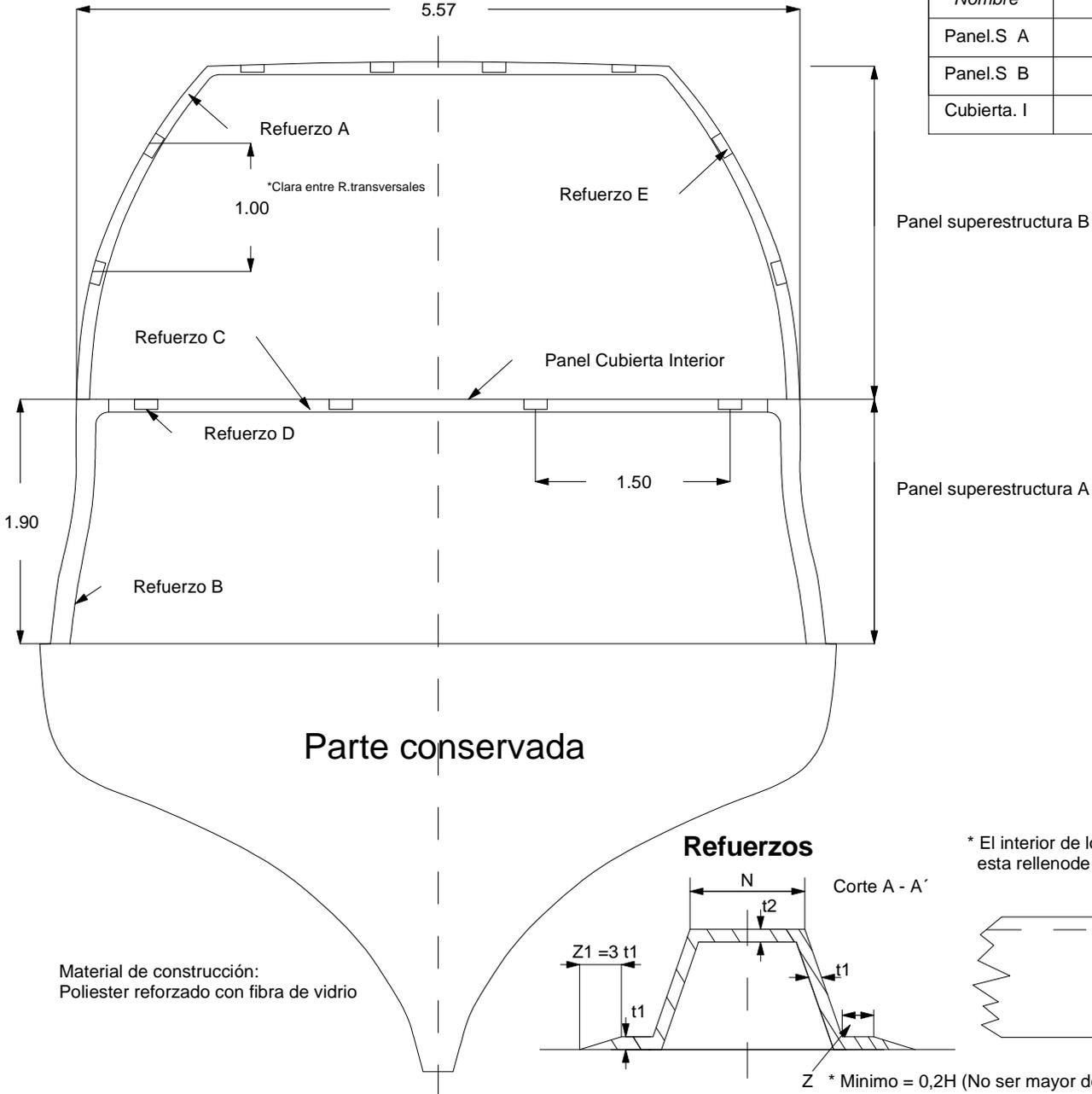
Este plano es propiedad de Francisco Blasco Lloret y no podrá ser utilizado, reproducido o entregado a terceros personas sin previa autorización por escrito.  
This drawing is property of Francisco Blasco Lloret and it could not be used, reproduced or given to third people without previous authorization in writing.



	Fecha	Nombre	Firma:	 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>
Dibujado	19 - 09 - 2012	Adrián Hita Espejo		
i.d.s normas				
Escala: <b>1:150</b>	<b>Croquis disposición general de la embarcación Rakture Shark</b>			Nº Revisión de plano <b>II</b>
				Curso: 2011-2012

# Sección de la Cuaderna Maestra

\* Las medidas de las cotas estan en metros

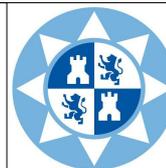


## Paneles

Nombre	Espesor (mm)
Panel.S A	22.50
Panel.S B	29.00
Cubierta. I	16.00

Refuerzos	Tipo	t1 (mm)	t2 (mm)	H (mm)	N (mm)	Z (mm)	Z1 (mm)
A	Transversal	29.00	10.00	100.00	200.00	20.00	87.00
B	Transversal	22.50	18.00	150.00	360.00	30.00	67.50
C	Transversal	16.00	9.00	100.00	160.00	20.00	48.00
D	Longitudinal	16.00	8.00	80.00	160.00	16.00	48.00
E	Longitudinal	29.00	10.00	80.00	200.00	16.00	87.00

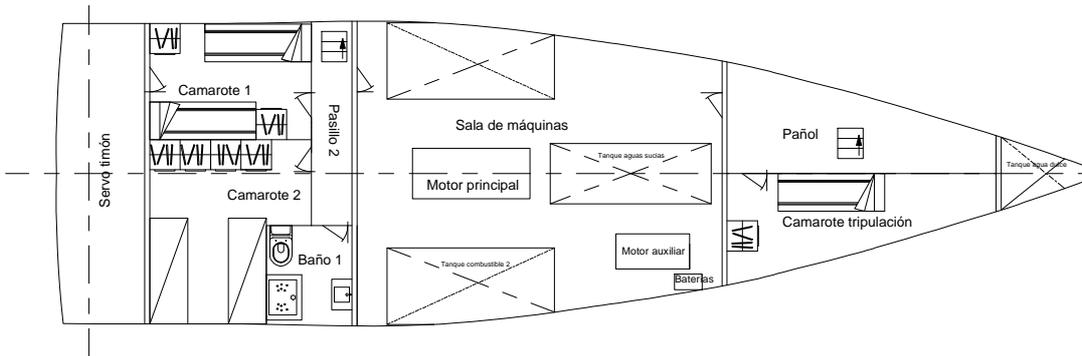
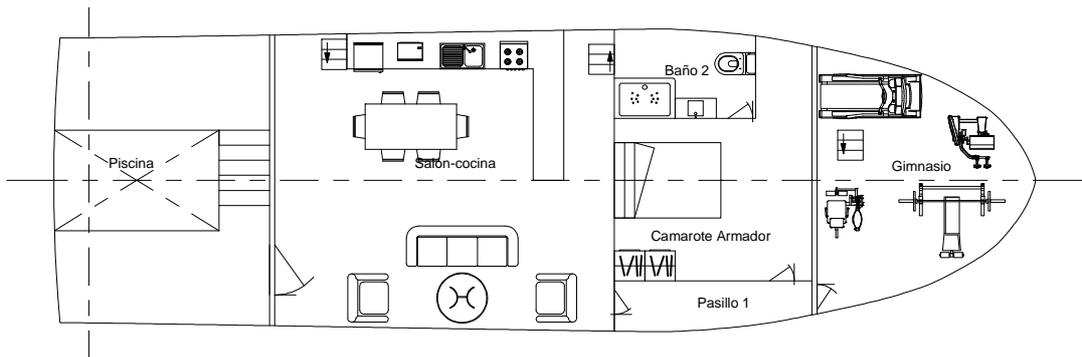
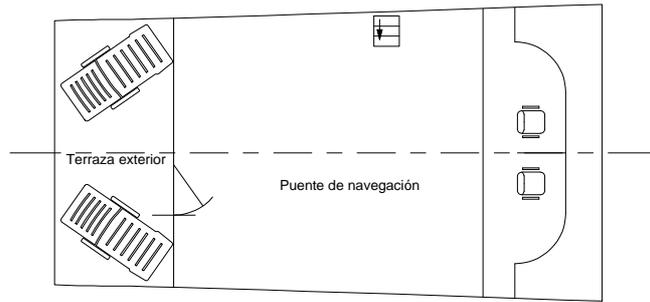
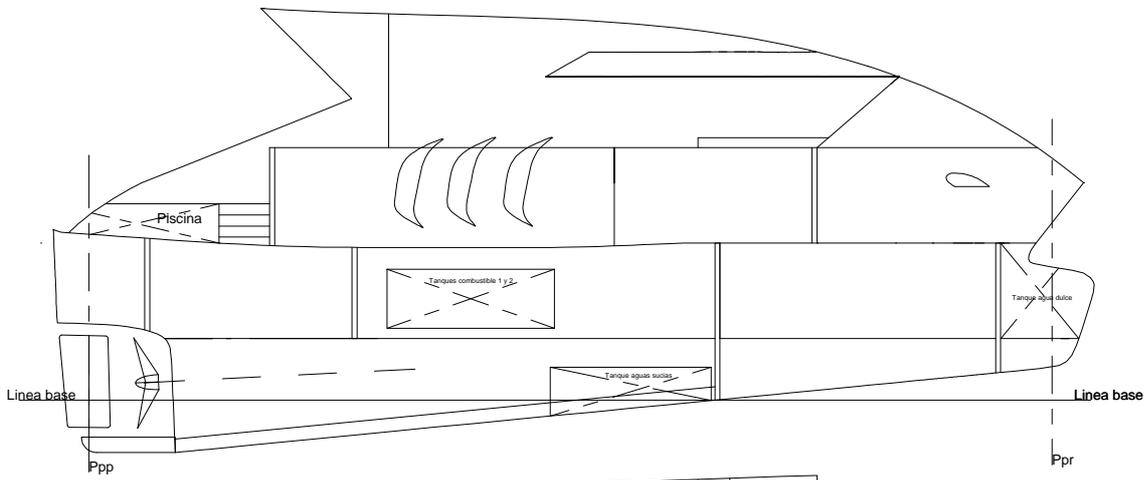
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	19 - 09 - 2012	Adrián Hita Espejo	
i.d.s normas			



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Escala: <b>1:50</b>	<b>Plano de cuaderna Maestra y su Escantillón</b>
------------------------	---

Nº Revisión de plano II
Curso: 2011-2012



	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	19 - 09 - 2012	Adrián Hita Espejo	
i.d.s normas			
Escala: 1:150	<b>Plano disposición general de la embarcación Rakture Shark</b>		



**Universidad  
Politécnica  
de Cartagena**

Nº Revisión de plano  
II

Curso: 2011-2012