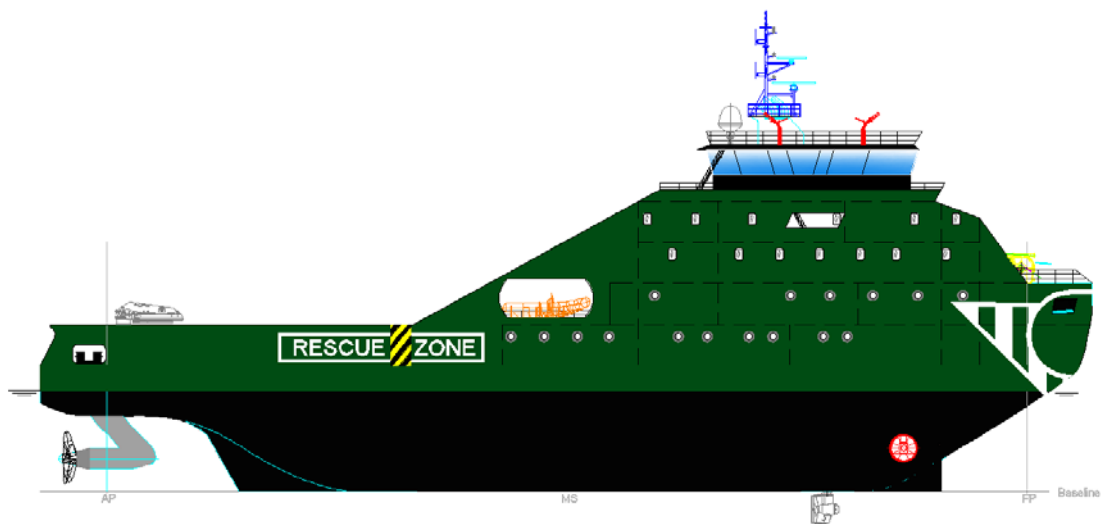




Escola Politécnica Superior

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Proyecto número: 14-04 REMOLCADOR ROMPEHIELOS



## CUADERNO 9: Francobordo y Arqueo

ALUMNO: MIGUEL PÉREZ-LAFUENTE RECUNA



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

**ANTEPROYECTO Y PROYECTO FIN DE CARRERA**

*CURSO 2.013-2014*

**PROYECTO NÚMERO** 14- 04

**TIPO DE BUQUE:** Buque remolcador rompehielos de 100 TPF OPERACIONES EN PUERTO CON ALTO NIVEL DE HIELO PARA ESCOLTA DE GRANDES BUQUES Y OPERACIONES ROMPEHIELOS

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** REGISTRO RUSO, KM, SOLAS, MARPOL, DYNPOS-1, Icebreaker6, FF3WS, AUT1-ICS, OMBO, EPP, ECO-S, Oil recovery ship (>60°C), Tug

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 100 TPF 2000 TPM 400 M2 DE SUPERFICIE DE CUBIERTA

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 15 nudos en condiciones de servicio 80% MCR y 18% MM

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Maquinilla de remolque en cubierta y en proa. Grúa en cubierta

**PROPULSIÓN:** Diésel eléctrica MDO, AZIPODS EN PROA Y POPA, 10 MW DE POTENCIA

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 30 personas de tripulación 40 náufragos

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

Ferrol, Febrero de 2.014

ALUMNO: D. MIGUEL PÉREZ-LAFUENTE RECUNA



## ÍNDICE

1. Presentación.....	5
2. Cálculo del Francobordo.....	6
2.1 Parámetros iniciales.....	7
2.2 Tipos de buques.....	9
2.3 Regla 28. Tablas de francobordo.....	9
2.4 Regla 29. Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100 metros.....	9
2.5 Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque.....	10
2.6 Regla 31. Corrección por puntal.....	10
2.7 Regla 32. Corrección por posición de línea de cubierta.....	10
2.8 Regla 33. Altura normal de las superestructuras.....	10
2.9 Regla 34. Longitud de las superestructuras.....	10
2.10 Regla 35. Longitud efectiva de las superestructuras.....	11
2.11 Regla 36. Troncos.....	11
2.12 Regla 37. Reducción por superestructuras y troncos.....	11
2.13 Regla 38. Arrufo.....	12
2.14 Regla 39. Altura mínima de proa y flotabilidad de reserva.....	13
2.15 Francobordo tabular y resumen de correcciones.....	16
2.16 Conclusiones al francobordo.....	18
3. Cálculo del Arqueo.....	19
3.1 Arqueo bruto.....	19
3.2 Arqueo neto.....	20



---

<i>ANEXO I: Plano de perfil longitudinal.....</i>	<i>22</i>
<i>ANEXO II: Hidrostáticas al calado <math>T = 6.80</math> m.....</i>	<i>24</i>
<i>ANEXO III: Plano línea de agua al calado <math>T = 6.80</math> m.....</i>	<i>26</i>
<i>ANEXO IV: Plano de flotabilidad de reserva.....</i>	<i>28</i>
<i>ANEXO V: Hidrostáticas al calado <math>T = 6.36</math> m.....</i>	<i>30</i>
<i>ANEXO VI: Hidrostáticas al calado <math>T = 8.00</math> m.....</i>	<i>32</i>
<i>ANEXO VII: Plano de disposición general.....</i>	<i>34</i>
<i>ANEXO VI: Tabla de capacidades de tanques.....</i>	<i>36</i>



## 1. Presentación

En este cuaderno se calculará el francobordo reglamentario y el arqueo del buque.

El contenido será el siguiente:

- Cálculo de Francobordo
- Cálculo de Arqueo

Para el francobordo se utilizará el ‘Convenio internacional sobre linead de carga de 1966 y Protocolo de 1988’.

Para el arqueo se utilizará el Convenio internacional sobre arque de buques de 1969.

Las dimensiones principales del buque son:

L <sub>pp</sub> (m)	58,25	$\Delta$ (Tn)	4495
L <sub>total</sub> (m)	66,60	C <sub>b</sub>	0,66
B (m)	16,20	Potencia (kW)	10660
D (m)	8,00	Vel. Servicio (nudos)	15
T (m)	6,40	Área de Cubierta (m <sup>2</sup> )	402,12

Sus características principales son la de rompehielos y la de remolcador. A mayores, este buque tiene sistemas de succión de aceites en la superficie del mar, cuenta con equipo de rescate y con equipos para combatir incendios en otros buques.



## 2. Cálculo del Francobordo

El convenio utilizado es el ‘Convenio internacional sobre líneas de carga’, que establece principios y reglas uniformes en lo que respecta a los límites autorizados para la inmersión de los buques que realizan viajes internacionales, en atención a la necesidad de garantizar la seguridad de la vida humana y los bienes en el mar. Surge a petición de la uniformidad de reglas por parte de los gobiernos contratantes.

Ningún buque sujeto a las disposiciones de este convenio podrá salir al mar para realizar un viaje internacional si no ha sido inspeccionado, marcada y provisto de un certificado internacional de francobordo, o si fuese el caso, un certificado internacional de exención de francobordo.

El Convenio se aplica a buques matriculados en países cuyo gobierno es gobierno contratante, a buques matriculados en territorios en los que se aplica este convenio y a buques no matriculados que lleven la bandera de Estado cuyo gobierno sea un gobierno contratante.

Además se aplicará a buques que efectúen viajes internacionales y a buques nuevos.

Existen excepciones, siendo estas los buques nuevos de eslora inferior a 24 m, los buques existentes de tonelaje bruto inferior a 150 Tn, los yates de recreo que no se dediquen a ningún tráfico comercial y los buques de pesca.

El Convenio define una serie de reglas para determinar las líneas de carga.

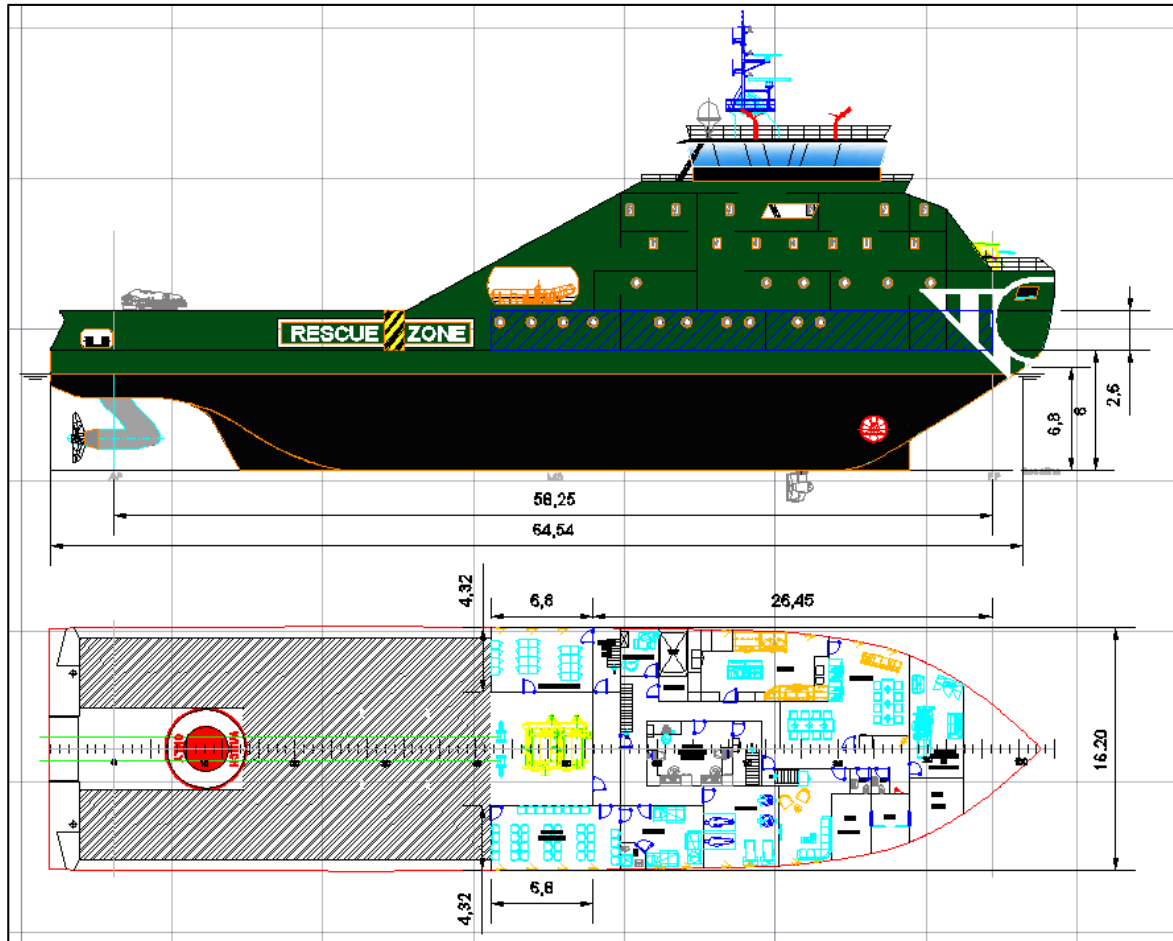
Estas reglas suponen que la naturaleza y estiba de la carga, lastre, etc..., son adecuadas para asegurar una estabilidad suficiente del buque y evitar esfuerzos estructurales excesivos.

Las reglas suponen también que se han cumplido las prescripciones internacionales relativas a estabilidad y compartimentado que existan.

En primer lugar se calcularán los parámetros a utilizar (eslora, manga, puntal de trazado, coeficiente de bloque y se analizará la superestructura.

## 2.1 Parámetros iniciales

A continuación se muestra un croquis para identificar las medidas realizadas. El plano se adjunta en el ANEXO I.



Los parámetros que se van a necesitar son

$$\underline{H} = \text{puntal mínimo de trazado} = \underline{8.00 \text{ m}}$$

$$\underline{d_1} = 85\% \text{ del puntal mínimo de trazado} = 0.85 * 8.00 = \underline{6.80 \text{ m}}$$

L = mayor valor de los siguientes:

$$L_1 = L_{wl}(d_1) * 0.96 = 64.54 * 0.96 = 61.96 \text{ m}$$

$$L_2 = L_{pp}(d_1) = 58.25 \text{ m}$$

$$\underline{L} = \underline{61.96 \text{ m}}$$

$$\underline{B} = \underline{16.20 \text{ m}}$$

El espesor de la chapa de trancañil es de 21 mm, valor obtenido en el Cuaderno 8 (Cuaderna reforzada por hielo).



El puntal de francobordo será el puntal mínimo de trazado más el espesor de la chapa de trancanil:

$$D = \text{puntal de francobordo} = 8,021 \text{ m}$$

Para calcular el coeficiente de bloque utilizamos el valor del volumen de las hidrostáticas del buque al calado  $d_1$ , presentadas en el ANEXO II.

$$\nabla = 4763.42 \text{ m}^3$$

$$Cb = \frac{\nabla}{L * B * d_1} = \frac{4763.42}{61.96 * 16.2 * 6.8} = 0.698$$

Se considerarán 3 superestructuras en la misma cubierta, el castillo de proa y dos superestructuras laterales, que no se extienden de costado a costado, por lo que tendrán una corrección por manga en su longitud efectiva. La altura real de superestructuras es la altura entre la cubierta principal y la cubierta A, que es de 2,60m

$$h_{\text{real}} = 2.60 \text{ m}$$

- Castillo de proa:  $S = 26.45 \text{ m}$

$$E = 26.45 \text{ m}$$

- Superestructuras laterales  $B_r$  y  $E_r$ :

$$S = 6,80 \text{ m}$$

$$b_s = 4.32 \text{ m}$$

$$B_s = 16,20 \text{ m}$$

$$E = \frac{b_s}{B_s} * S = \frac{(4.32 + 4.32)}{16.20} * 6.80 = 3.63 \text{ m}$$

- Superestructura total:

$$S_{\text{total}} = 26.45 + 6.80 = 33.25 \text{ m}$$

$$E_{\text{total}} = 26.45 + 3.63 = 30.08 \text{ m}$$

El área de flotación a proa de  $L/2$  para el calado  $d_1$  se calcula con el programa AutoCad. El plano de la línea de agua al calado  $d_1$  se presenta en el ANEXO III.

$$A_{\text{wf}} = 413.04 \text{ m}^2$$

Los calados con los que se comparará el obtenido de francobordo serán el de estabilidad y el de escantillonado.





El calado de estabilidad es el calado obtenido en la condición de máxima carga del Cuaderno 5 (Situación de Carga 7 → T = 6.36 m)

$$T_{\text{Estabilidad}} = 6.36 \text{ m}$$

El calado de escantillonado es para el cual se ha escantillonado el buque en el Cuaderno 8:

$$T_{\text{Escantillonado}} = 6.60 \text{ m}$$

Con todos estos datos, se procede a continuación a la aplicación directa de las reglas del convenio al buque de este proyecto.

## 2.2 Regla 27. Tipos de buques

El buque es de tipo B, ya que puede transportar carga en cubierta y su fin no es el de transportar solamente cargas líquidas a granel.

## 2.3 Regla 28. Tablas de francobordo

El francobordo tabular se obtendrá por interpolación lineal de: 'Tabla 28.2, tabla de francobordo para buques de tipo B'.

$$\text{Francobordo tabular} = 601 \text{ mm}$$

## 2.4 Regla 29. Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100 m

**Regla no aplicable** ya que la longitud efectiva de la superestructura es mayor que el 35% de la eslora:

$$\frac{E}{L} = \frac{30.08}{61.96} = 0.485 \rightarrow 48.5 \% > 35\%_{Lpp}$$



## 2.5 Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque calculado antes ( $C_b = 0.698$ ) es superior a 0.68, por lo que el francobordo tabular se multiplicará por:

$$\frac{C_b + 0.68}{1.36} = \frac{0.698 + 0.68}{1.36} = 1.013$$

**Francobordo tabular aplicando la corrección =  $601 * 1.013 = 609 \text{ mm}$**

Se han sumado 8 mm al francobordo.

## 2.6 Regla 31. Corrección por puntal

$$\frac{L}{15} = \frac{61.96}{15} = 4.13 \text{ m} < D = 8.021 \text{ m}$$

D supera  $L/15$ , por lo que el francobordo se aumentará ( $R = L/0.48$ ):

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) * R = \left(8.021 - \frac{61.96}{15}\right) * \left(\frac{61.96}{0.48}\right) = 503 \text{ mm}$$

**Corrección = 503 mm**

## 2.7 Regla 32. Corrección por posición de la línea de cubierta

**Regla no aplicable**

## 2.8 Regla 33. Altura normal de las superestructuras

Altura normal = 1.80 m

## 2.9 Regla 34. Longitud de las superestructuras

Longitud total (S) =  $26.45 + 6.80 = 33.25 \text{ m}$



## 2.10 Regla 35. Longitud efectiva de las superestructuras

La altura real es mayor que la altura normal de superestructuras, por lo tanto no se aplica la corrección por altura.

Se aplica corrección por anchura a las superestructuras  $E_r$  y  $B_r$ , ya que la anchura es menor que la manga del buque. Este cálculo se ha realizado en el apartado 2.1. Se recuerda a continuación el valor final:

$$\text{Longitud total efectiva (E)} = 26.45 + 3.63 = 30.08 \text{ m}$$

## 2.11 Regla 36. Troncos

Regla no aplicable

## 2.12 Regla 37. Reducción por superestructuras y troncos

Por interpolación lineal se obtiene que la reducción por superestructura completa es igual a 668 mm.

$$\text{Porcentaje cubierto} \rightarrow \frac{E}{L} = \frac{30.08}{61.96} = 0.485$$

Como la superestructura no es completa a toda la eslora, se obtiene por interpolación lineal que el porcentaje de reducción según la Tabla 37.1 para una longitud efectiva total de superestructuras de  $0.485 L$  es del 39.5 %.

Se aplica la reducción ya que la longitud efectiva del castillo de proa ( $E = 26.45 \text{ m}$ ) es superior a  $0.07 L$  ( $0.07 * 61.96 = 4.34 \text{ m}$ ).

$$\text{Reducción} = 667 * 0.396 = 265 \text{ mm}$$

## 2.13 Regla 38. Arrufo

El buque no tiene arrufo, por lo que tendrá un defecto de arrufo y se deberá aplicar una corrección.

ARRUFO NORMAL	Situación	Ordenada (mm)	Factor	Producto
	Pp de popa	$25*(L/3 + 10)$	1	766
	1/6 L desde P <sub>popa</sub>	$11.1 * (L/3 + 10)$	3	1020
	1/3 L desde P <sub>popa</sub>	$2.8 * (L/3 + 10)$	3	258
	Centro del buque	0	1	0
	Centro del buque	0	1	0
	1/3 L desde P <sub>proa</sub>	$5.6 * (L/3 + 10)$	3	516
	1/6 L desde P <sub>proa</sub>	$22.2 * (L/3 + 10)$	3	2043
	Pp de proa	$50 * (L/3 + 10)$	1	1533

ARRUFO REAL	Situación	Ordenada (mm)	Factor	Producto
	Pp de popa	0	1	0
	1/6 L desde P <sub>popa</sub>	0	3	0
	1/3 L desde P <sub>popa</sub>	0	3	0
	Centro del buque	0	1	0
	Centro del buque	0	1	0
	1/3 L desde P <sub>proa</sub>	0	3	0
	1/6 L desde P <sub>proa</sub>	0	3	0
Pp de proa	0	1	0	

Corrección a popa = Arrufo real – Arrufo normal = 0 – 2037 = - 2044

Corrección a proa = Arrufo real – Arrufo normal = 0 – 4090 = - 4092



Se consideran ahora los excesos de altura de las superestructuras de proa y popa:

	Real (mm)	Normal (mm)	Diferencia (y)	$(1/3)*y*(S/L)$	Resultado (mm)
A (Pr)	2600	1800	800	$\frac{1}{3} * 800 * \frac{33.25}{61.96}$	143

$$sPr = 143 \text{ mm}$$

$$sPp = 0 \text{ mm}$$

Se obtienen los siguientes valores:

$$\text{Variación de arrufo a popa} = -255 \text{ (defecto de arrufo)}$$

$$\text{Variación de arrufo a proa} = -368 \text{ (defecto de arrufo)}$$

$$\text{Variación de arrufo} = -311$$

$$\text{Factor de corrección de arrufo: } 0.75 - \left(\frac{S}{2*L}\right) = 0.75 - \left(\frac{33.25}{2*61.96}\right) = 0.4817$$

$$\text{Corrección} = 0.4817 * 311 = 150 \text{ mm}$$

## 2.14 Regla 39. Altura mínima de proa y flotabilidad de reserva

$$Fb = \left[ 6075 * \left(\frac{L}{100}\right) - 1875 \left(\frac{L}{100}\right)^2 + 200 * \left(\frac{L}{100}\right)^3 \right] * \left[ 2.08 + 0.609 * Cb - 1.603 * Cwf - 0.0129 * \left(\frac{L}{d_1}\right) \right]$$

Fb = altura mínima de proa (mm)

Cwf = coeficiente del área de la flotación a proa de L/2:

$$Awf = 413.04 \text{ m}^2$$

$$Cwf = \frac{Awf}{\frac{L}{2} * B} = \frac{413.04}{\frac{61.96}{2} * 16.2} = 0.823$$

$$\text{Altura mínima de proa (Fb)} = 3303 \text{ mm}$$

En cuanto a la flotabilidad de reserva, la regla dice que todos los buques tipo B salvo los petroleros, quimiqueros y gaseros, tendrán una flotabilidad de reserva adicional en el extremo proel. En la sección delimitada por 0.15 L a popa de la perpendicular de proa, la suma del área proyectada entre la flotación en carga de verano y el borde de la cubierta (A1 y A2 en la figura de abajo) y el área proyectada de una superestructura cerrada (A3), si existe, no será inferior a:

$$\left( 0.15 * F_{min} + 4 * \left( \frac{L}{3} + 10 \right) \right) * \frac{L}{1000} \text{ (m}^2\text{)}$$

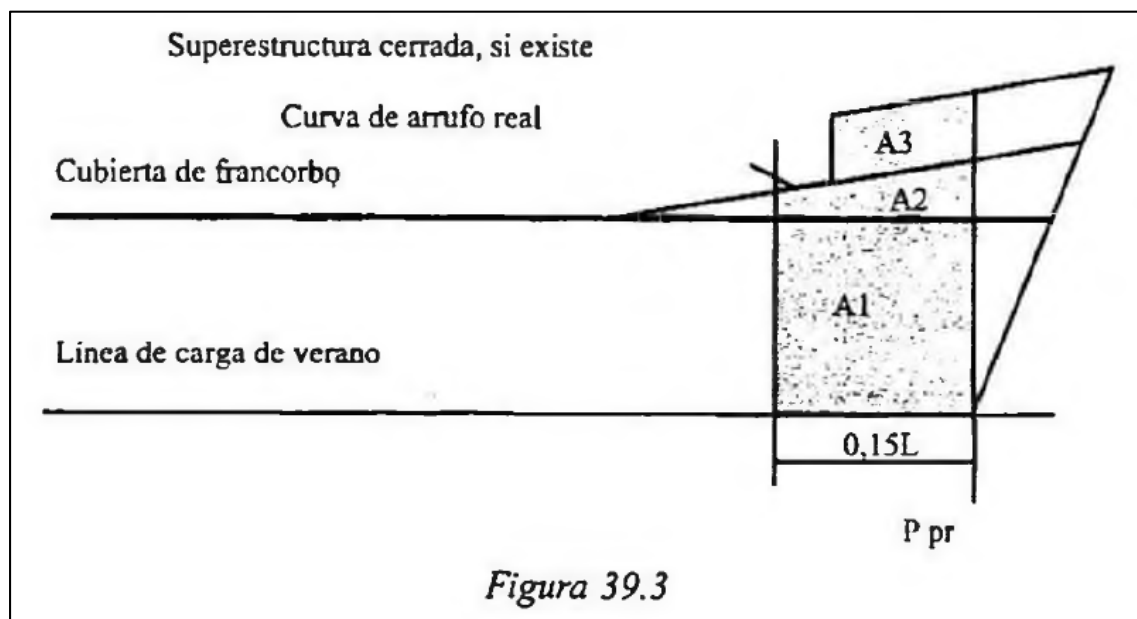
Siendo:

$$F_{min} = (F_0 * f_1) + f_2$$

$F_0$  = francobordo tabular, en mm, obtenido de la tabla 28.2, corregido con arreglo a las reglas 27 9) o 27 10), según sea el caso.

$f_1$  = corrección por coeficiente de bloque indicada en la Regla 30.

$f_2$  = corrección por puntal, en mm, indicada en la Regla 31.



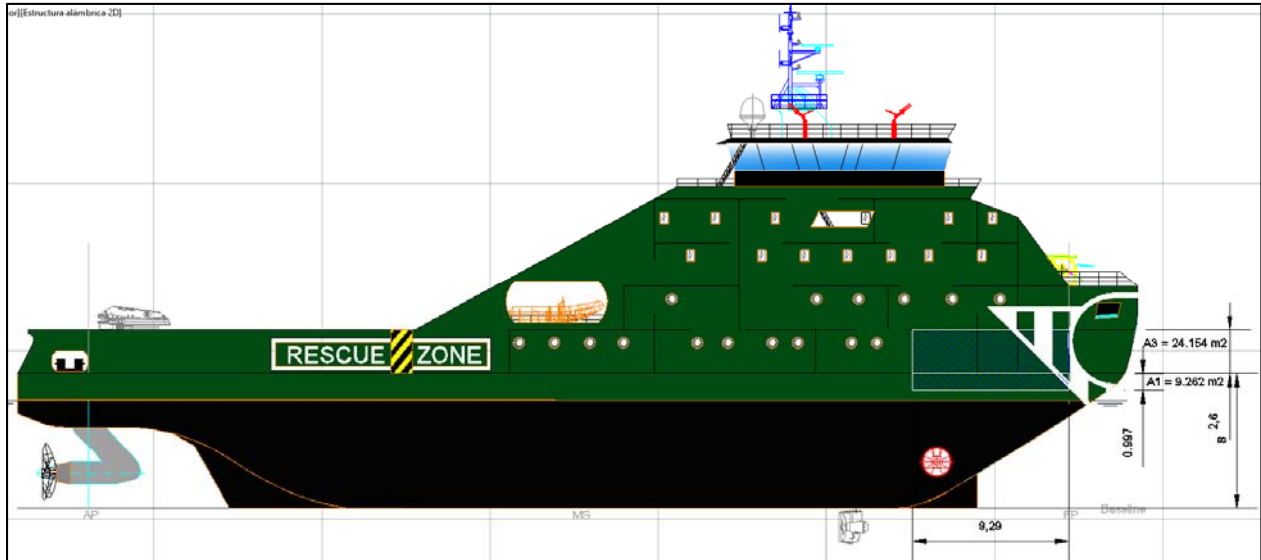
$$F_0 = 601 \text{ mm}; f_1 = 1.013; f_2 = 503 \text{ mm}$$

$$F_{min} = (601 * 1.013) + 503 = 1112 \text{ mm}$$

$$\text{Área mínima} = \left( 0.15 * 1112 + 4 * \left( \frac{61.96}{3} + 10 \right) \right) * \frac{61.96}{1000} = 17.93 \text{ m}^2$$

$$0.15 L = 0.15 * 61.96 = 9.29 \text{ m}$$

Con el programa AutoCad se obtienen los valores de las áreas. En el ANEXO IV se presenta el plano de la reserva de flotabilidad.



$$A1 = 9.262 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0.000 \text{ m}^2$$

$$A3 = 24.154 \text{ m}^2$$

La suma total es:

$$\text{Suma áreas proyectadas} = 9.262 + 24.154 = 33.416 \text{ m}^2$$

Y se comprueba así que se cumple con la norma, ya que la suma de áreas es mayor que el área mínima requerida (17.93 m<sup>2</sup>).



## 2.15 Francobordo tabular y resumen de correcciones

Los valores de la siguiente tabla se dan en milímetros.

BUQUE TIPO B		
Francobordo tabular	601	
Correcciones	+	-
Coef. Bloque	8	
R 29		
Puntal	503	
Superestructuras		265
Arrufo	150	
Altura proa		
Pos. Línea de cubierta		
	661	265
Francobordo de verano	997	

Se comprueba a continuación si se cumple con la altura mínima de proa.

La altura real será:

Altura real = Francobordo de verano + Arrufo en p. Pr + Altura castillo p. Pr

$$\text{Altura real} = 997 + 0 + 2600 = 3597 \text{ mm}$$

La altura mínima de proa (3303 mm) es menor que la real, por lo que no será necesario aplicar corrección por altura de proa.

El calado máximo será:

$\text{Calado}_{\text{máx}} = \text{Puntal(D)} + \text{Arrufo en p.Pr} + \text{Altura castillo p.Pr} - \text{Altura mín. proa}$

$$\text{Calado}_{\text{máx}} = 8.021 + 0 + 2.600 - 3.303 = 7.318 \text{ m}$$

El calado de trazado (d) del buque será:

Calado de trazado (d) = Puntal a la cubierta de FB – FB verano

$$\text{Calado de trazado (d)} = 8.021 - 0.997 = 7.024 \text{ m}$$

Se comprueba ahora el calado de trazado (d) con los calados de estabilidad (6.360 m) y de escantillonado (6.600 m).

$$d = 7.024 \text{ m} > T_{\text{Escantillonado}} = 6.600 \text{ m} > T_{\text{Estabilidad}} = 6.360 \text{ m}$$

Se limita el calado al de estabilidad. El calado definitivo es de 6.360 m.





El nuevo francobordo será pues el de verano calculado antes (997 mm) más la diferencia entre el calado de trazado y el de estabilidad.

$$\text{Diferencia de calados} = 7.024 - 6.360 = 0.664 \text{ m} = 664 \text{ mm}$$

$$\text{Nuevo francobordo} = 997 + 664 = 1661 \text{ mm}$$

Reducción para francobordo tropical e incrementos para francobordos de invierno y del Atlántico Norte en invierno.

$$\text{Puntal a la cubierta de francobordo} = 8021 \text{ mm}$$

$$\text{Francobordo de verano} = 1661 \text{ mm}$$

$$\text{Calado de trazado (d)} = 6360 \text{ mm}$$

$$\text{Reducción para francobordo tropical} = 6360 / 48 = 133 \text{ mm}$$

$$\text{Incremento para francobordo de invierno} = 6360 / 48 = 133 \text{ mm}$$

$$\text{Incremento para f.b. de Atlántico Norte, inv.} = (6360/48)+50 = 183 \text{ mm}$$

Reducción para agua dulce

Desplazamiento en agua salada con la flotación en carga de verano:

$$\Delta = 4456 \text{ Tn}$$

Toneladas por centímetro de inmersión en la flotación en carga de verano:

$$\text{TPC} = 9.652 \text{ Tn/cm}$$

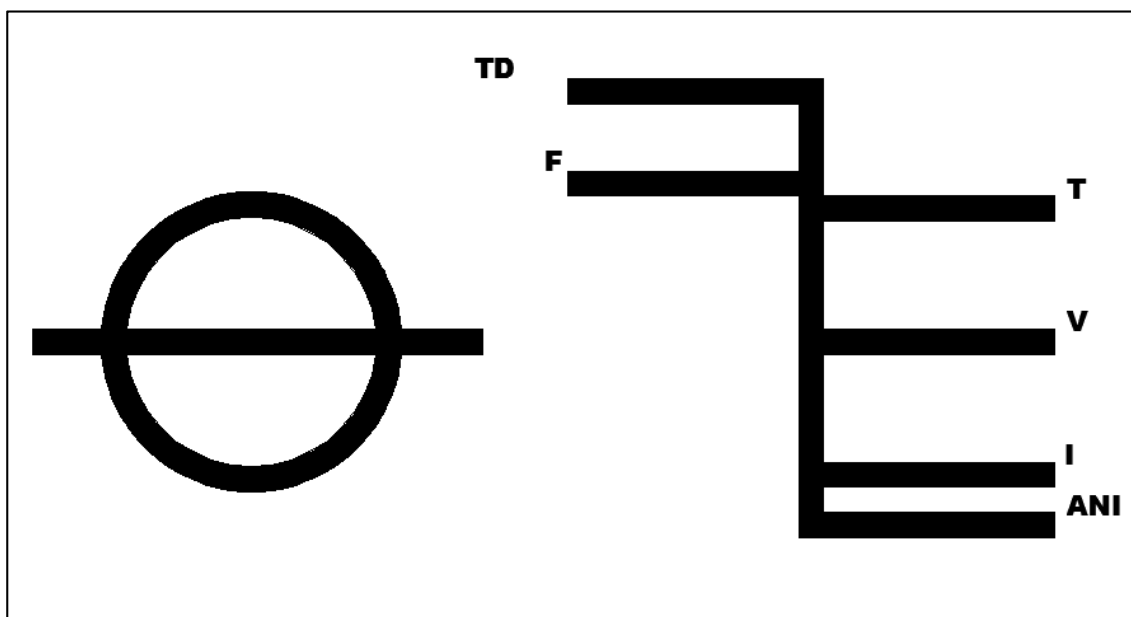
Los valores del desplazamiento y de las toneladas por centímetro de inmersión se obtienen de las hidrostáticas a  $T = 6.360 \text{ m}$ . En el ANEXO V se presentan las hidrostáticas al calado de 6.36 metros.

$$\text{Reducción} = \frac{\Delta}{4 * \text{TCP}} = \frac{4456}{9.652} = 116 \text{ mm}$$

Este valor se restará al francobordo mínimo en agua salada (Francobordo tropical).

En la siguiente página se resumen las líneas de carga del buque.

Francobordo desde la línea de cubierta		Lineas de carga. Situación respecto a la de verano
Agua Dulce	1412	249 mm sobre la de verano
Tropical	1528	133 mm sobre la de verano
Verano	1661	El canto alto de la línea pasa por el centro del anillo
Invierno	1794	133 mm bajo la de verano
Atlántico Norte (Invierno)	1844	183 mm bajo la de verano



## 2.16 Conclusiones al francobordo

El francobordo obtenido según el reglamento era 997 mm, y el calado de trazado 7.024 m.

Como el calado máximo de estabilidad estudiado en el Cuaderno 5 es de 6.360 m, e inferior al calado de trazado obtenido según reglamento, se limitó éste al menor, por lo que hubo que aumentar el francobordo en esa diferencia de calados.



### 3. Cálculo del Arqueo

#### 3.1 Arqueo bruto

El arqueo bruto de un buque (GT) se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 * V$$

Siendo:

- $V$  = Volumen total de todos los espacios cerrados del buque, en  $m^3$ .
- $K_1 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} V$

$V$  se considerará como la suma del volumen hasta la cubierta principal más el volumen de los espacios cerrados del buque.

- Volumen hasta cubierta principal: se tomará igual al valor del volumen sumergido hasta un calado igual a la altura de la cubierta principal. En el ANEXO VI se presentan las hidrostáticas para un calado  $T = 8.00$  m.
- Volumen de espacios cerrados: en el ANEXO VII se presenta el plano de disposición general, en el que se medirán las áreas de espacios cerrados de cada cubierta y se multiplicarán por las alturas correspondientes.

$$\text{Volumen hasta cubierta principal} = 5911.54 \text{ m}^3$$

Volumen de espacios cerrados:

- Cubierta principal =  $439.7 * 2.6 = 1143.22 \text{ m}^3$
- Cubierta A =  $369.45 * 2.6 = 960.57 \text{ m}^3$
- Cubierta B =  $335.47 * 2.6 = 872.22 \text{ m}^3$
- Cubierta C =  $335.47 * 3.3 = 1107.05 \text{ m}^3$
- Cubierta de puente =  $121.98 * 2.9 = 353.74 \text{ m}^3$
- Volumen total de espacios cerrados =  $4436.80 \text{ m}^3$

Para más información sobre la disposición del buque se remite al Cuaderno 7

$$V = 5911.54 + 4436.80 = 10348.34 \text{ m}^3$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} (10348.34) = 0.2803$$

Por lo tanto:

$$GT = K_1 * V = 10348.34 * 0.2803 = 2900.615$$

**ARQUEO BRUTO = 2901**

### 3. 2 Arqueo Neto

El arqueo neto (NT) de un buque se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$NT = K_2 * V_c \left( \frac{4d}{3D} \right)^2 + K_1 * \left( N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

Teniendo en cuenta:

- El factor  $\left( \frac{4d}{3D} \right)^2$  no se tomará superior a 1
- El término  $K_2 * V_c \left( \frac{4d}{3D} \right)^2$  no se tomará inferior a 0,25 GT
- NT no se tomará inferior a 0.30 GT
  - $V_c$  = Volumen total de los espacios de carga en m<sup>3</sup>.
  - $K_2 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} V_c$
  - $K_1 = 1.25 * (GT + 10\ 000)/10\ 000$
  - $D$  = puntal de trazado en el centro del buque expresado en m.
  - $d$  = calado de trazado en el centro del buque expresado en m.
  - $N_1$  = número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas.
  - $N_2$  = número de los demás pasajeros.
  - $N_1 + N_2$  = número total de pasajeros que el buque está autorizado a llevar según el certificado de pasajeros del buque; cuando  $N_1 + N_2$  sea inferior a 13, las magnitudes  $N_1$  y  $N_2$  se considerarán iguales a cero.
  - $GT$  = arqueo bruto del buque calculado anteriormente.

En este caso,  $N_1$  y  $N_2$  se tomarán igual a cero ya que el buque no transporta pasaje. Cuenta con una sala de náufragos para las labores de rescate con capacidad para 40 personas, pero no se considerarán como pasaje a efectos de arqueo.

$$D = 8.00 \text{ m}; d = 6.36 \text{ m}$$

$V_c$  = volumen total de los espacios de carga. Se incluyen en estos espacios los tanques destinados a la carga, que en este caso serán los de:

- Tanques de carga de espumógeno: 39.52 m<sup>3</sup>
- Tanques de carga de dispersante: 27.98 m<sup>3</sup>
- Tanques de Oil Recovery: 356.37 m<sup>3</sup>

Las capacidades de los tanques se muestran en una tabla de desglose de tanques presentada en el ANEXO VIII.

No se consideran espacios de carga los tanques de consumos ni de lastre.



$$V_c = 39.52 + 27.98 + 356.37 = 423.87 \text{ m}^3$$

$$K_2 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} (423.87) = 0.2525$$

- El factor  $\left(\frac{4d}{3D}\right)^2$  no se tomará superior a 1

$$\left(\frac{4 * 6.36}{3 * 8.00}\right)^2 = 1.12 > 1 \rightarrow \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 = 1$$

- El término  $K_2 * V_c \left(\frac{4d}{3D}\right)^2$  no se tomará inferior a 0,25 GT

$$0.25 * GT = 0.25 * 2901 = 725.25$$

$$0.2525 * 423.87 * 1 = 107.03 < 725.25 \rightarrow K_2 * V_c \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 = 725.25$$

- NT no se tomará inferior a 0.30 GT

Como el valor del segundo término es cero, se tiene que el arqueo neto final es:

$$0.30 * GT = 0.30 * 2901 = 870.30$$

$$NT = K_2 * V_c \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_1 * \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right) = 725.25 + 0 = 725.25 \rightarrow 725.25 < 870.30$$

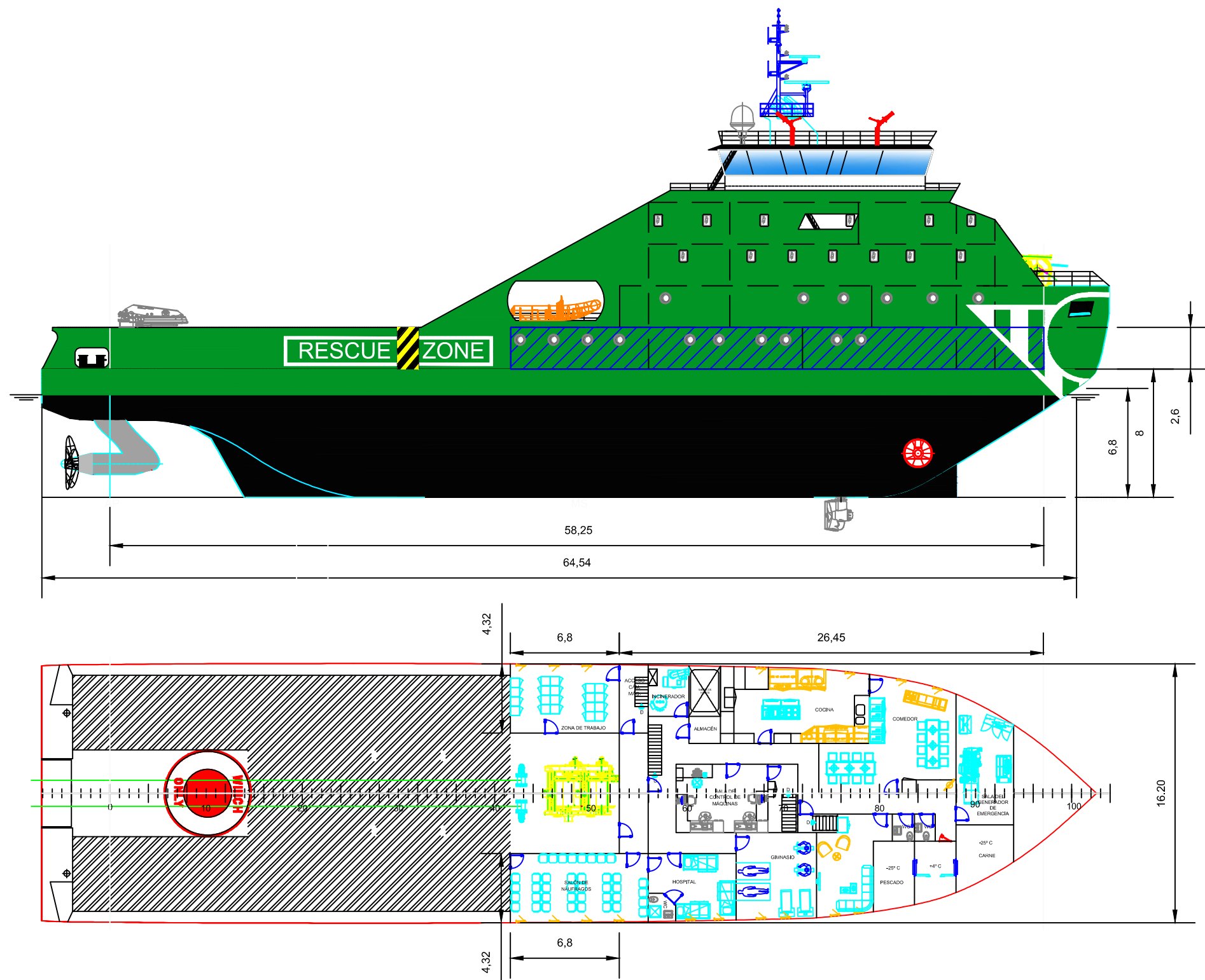
Como el arqueo calculado es menor que 0.30GT, éste último será el valor final del arqueo neto

**ARQUEO NETO = 870**



# ANEXO I:

## Plano Perfil Longitudinal



**DIMENSIONES PRINCIPALES**

Eslora total .....	66.50 m
Eslora entre perpendiculares.....	58.25 m
Manga de trazado .....	16.20 m
Puntal de trazado .....	8,00 m
Calado de diseño .....	6.40 m
Calado de trazado .....	6.36 m

PROYECTO <b>REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 100 TPF</b>		CODIGO <b>14-04</b>
AUTOR MIGUEL PÉREZ-LAFUENTE RECUNA		
REFERENCIA CUADERNO 9 - ANEXO I		ESCALA <b>1:300</b>
FECHA 24 JUNIO 2015	PLANO PERFIL LONGITUDINAL	



ANEXO II:  
Hidrostáticas al calado  
 $T = 6.80 \text{ m}$



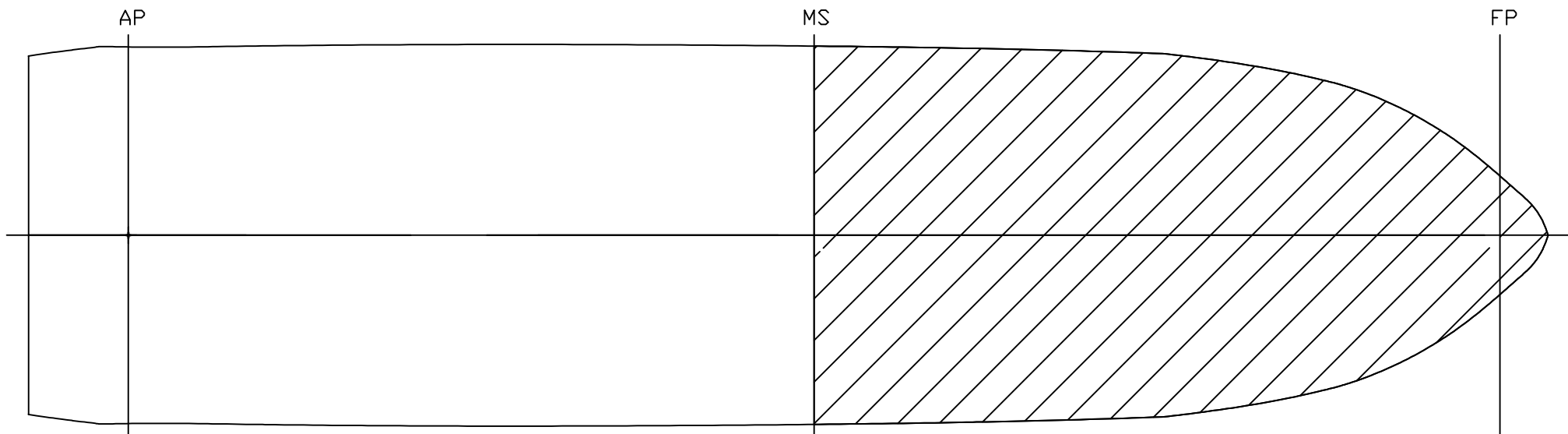


T = 6,80 m		
Displacement	4883	t
Volume (displaced)	4763,424	m <sup>3</sup>
Draft Amidships	6,8	m
Immersed depth	6,8	m
WL Length	64,542	m
Beam max extents on WL	16,2	m
Wetted Area	1597,779	m <sup>2</sup>
Max sect. area	107,446	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	949,311	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0,687	
Block coeff. (Cb)	0,67	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,979	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,908	
LCB length	28,342	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	25,572	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	43,913	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	39,62	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	3,847	m
KG fluid	0	m
BMt	3,959	m
BML	60,277	m
GMt corrected	7,805	m
GML	64,124	m
KMt	7,805	m
KML	64,124	m
Immersion (TPc)	9,73	tonne/cm
MTc	53,749	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	665,104	tonne.m
Length:Beam ratio	3,984	
Beam:Draft ratio	2,382	
Length:Vol <sup>0.333</sup> ratio	3,836	
Precision	Highest	217 stations



## ANEXO III:

Plano línea de agua al  
calado  $T = 6.80$  m

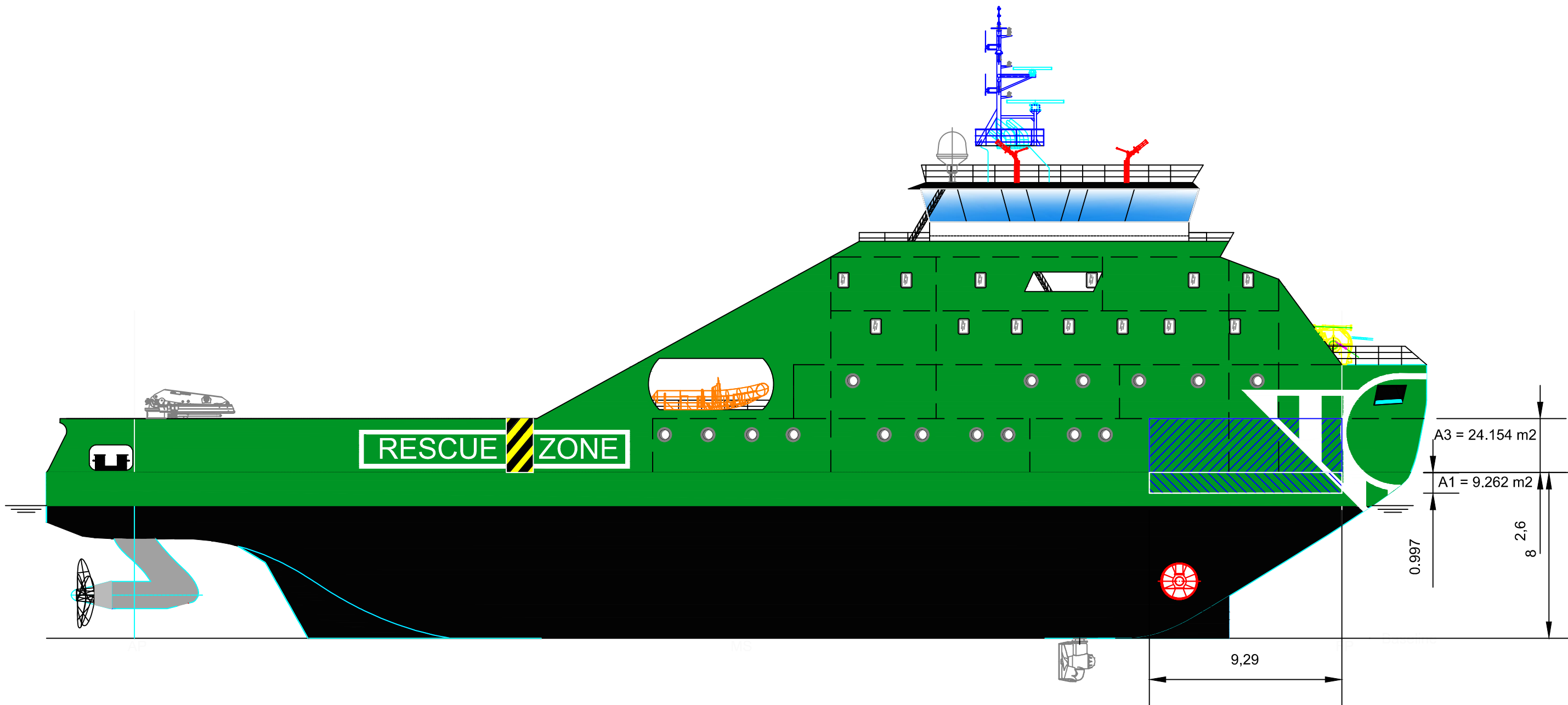


PROYECTO REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 100 TPF		CODIGO 14-04
AUTOR MIGUEL PÉREZ-LAFUENTE RECUNA		
REFERENCIA CUADERNO 9 - ANEXO III		ESCALA 1:250
FECHA 24 JUNIO 2015	PLANO PLANO DE LINEA DE AGUA PARA UN CALADO $T = 6.80 \text{ m}$	



# ANEXO IV:

## Plano de Flotabilidad de Reserva



DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora total .....	66.50 m
Eslora entre perpendiculares.....	58.25 m
Manga de trazado .....	16.20 m
Puntal de trazado .....	8,00 m
Calado de diseño .....	6.40 m
Calado de trazado.....	6.36 m

PROYECTO <b>REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 100 TPF</b>		CODIGO <b>14-04</b>
AUTOR MIGUEL PÉREZ-LAFUENTE RECUNA		
REFERENCIA CUADERNO 9 - ANEXO IV		
FECHA 24 JUNIO 2015	PLANO PLANO FLOTABILIDAD DE RESERVA	ESCALA <b>1:200</b>



ANEXO V:  
Hidrostáticas al calado  
 $T = 6.36 \text{ m}$



T = 6,36 m		
Displacement	4456	t
Volume (displaced)	4347,303	m <sup>3</sup>
Draft Amidships	6,36	m
Immersed depth	6,36	m
WL Length	63,902	m
Beam max extents on WL	16,2	m
Wetted Area	1530,926	m <sup>2</sup>
Max sect. area	100,347	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	941,676	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0,678	
Block coeff. (Cb)	0,66	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,978	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,91	
LCB length	28,612	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	25,474	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	44,775	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	39,865	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	3,585	m
KG fluid	0	m
BMt	4,278	m
BML	64,658	m
GMt corrected	7,863	m
GML	68,243	m
KMt	7,863	m
KML	68,243	m
Immersion (TPc)	9,652	tonne/cm
MTc	52,204	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	611,459	tonne.m
Length:Beam ratio	3,945	
Beam:Draft ratio	2,547	
Length:Vol <sup>0.333</sup> ratio	3,915	
Precision	Highest	217 stations



ANEXO VI:  
Hidrostáticas al calado  
 $T= 8.00$  m



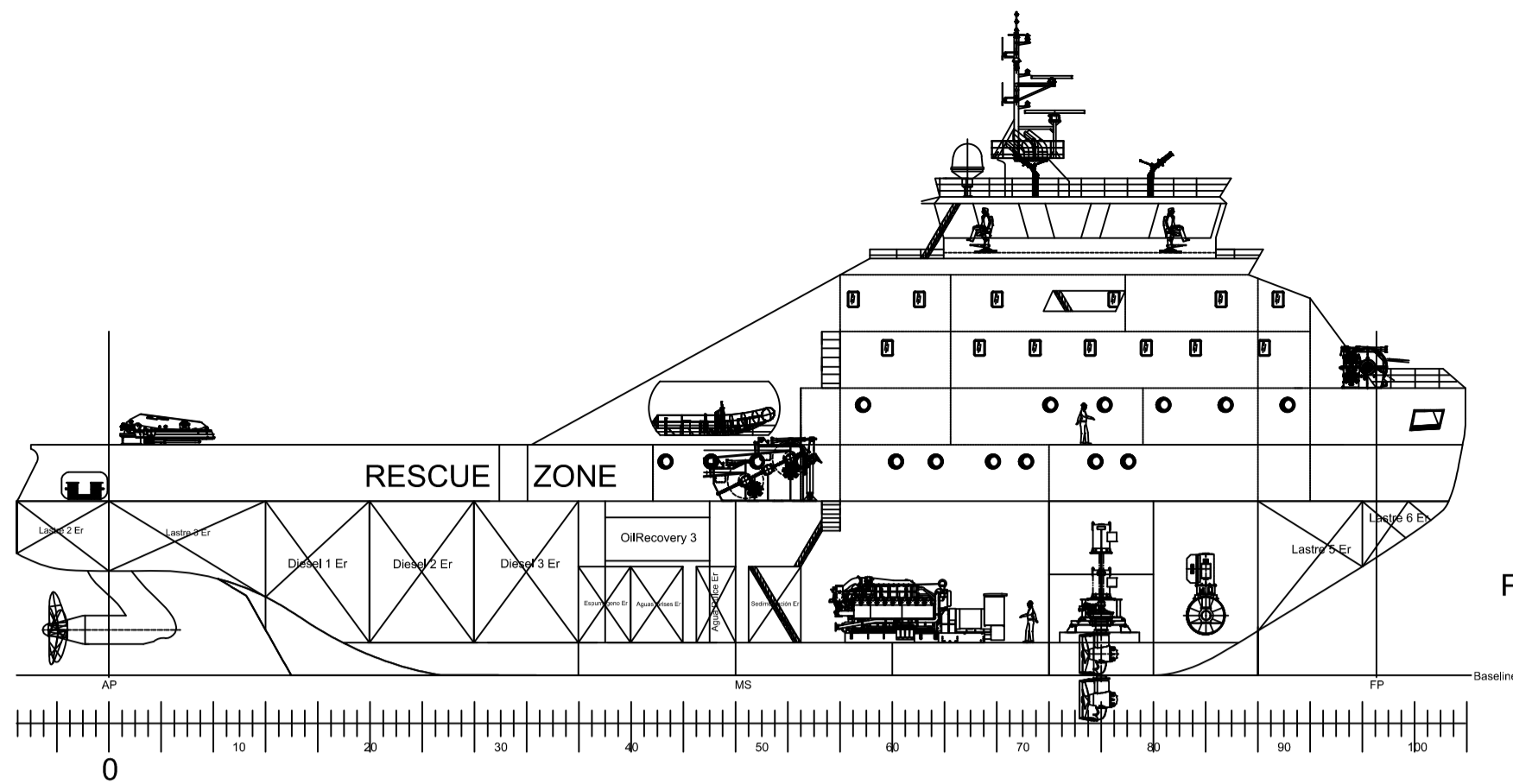


T = 8,00 m		
Displacement	6059	t
Volume (displaced)	5911,542	m <sup>3</sup>
Draft Amidships	8	m
Immersed depth	8	m
WL Length	65,811	m
Beam max extents on WL	16,2	m
Wetted Area	1780,401	m <sup>2</sup>
Max sect. area	126,823	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	727,368	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0,708	
Block coeff. (Cb)	0,693	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,979	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,682	
LCB length	27,831	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	28,048	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	42,29	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	42,619	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	4,537	m
KG fluid	0	m
BMt	2,4	m
BML	45,278	m
GMt corrected	6,937	m
GML	49,815	m
KMt	6,937	m
KML	49,815	m
Immersion (TPc)	7,456	tonne/cm
MTc	51,819	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	733,581	tonne.m
Length:Beam ratio	4,062	
Beam:Draft ratio	2,025	
Length:Vol <sup>0.333</sup> ratio	3,64	
Precision	Highest	217 stations



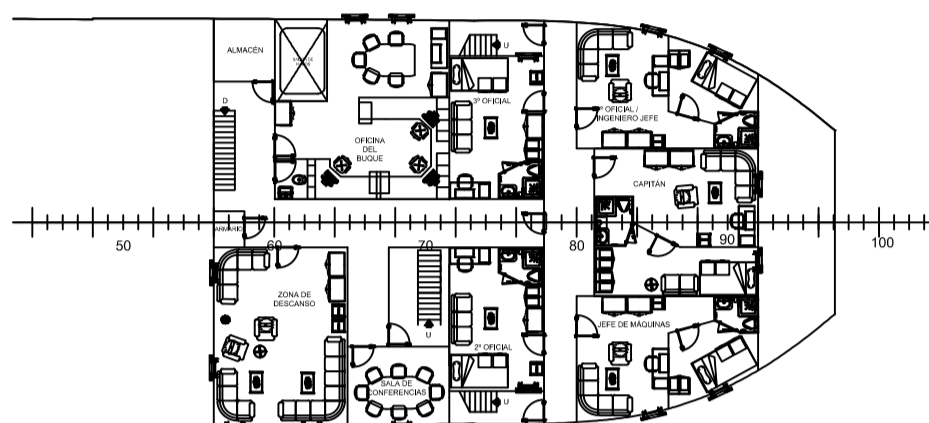
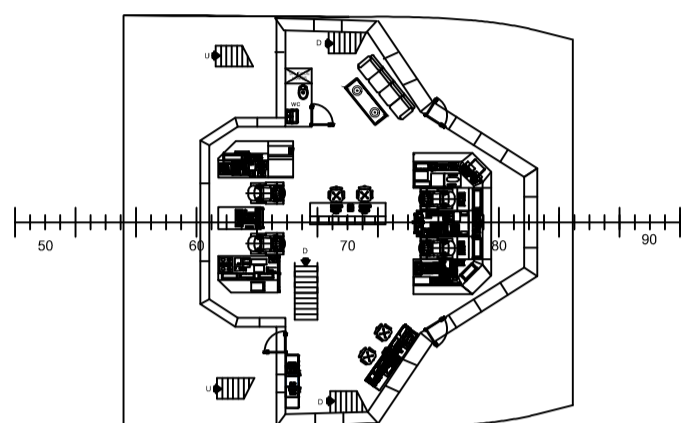
# ANEXO VII:

## Plano de Disposición General

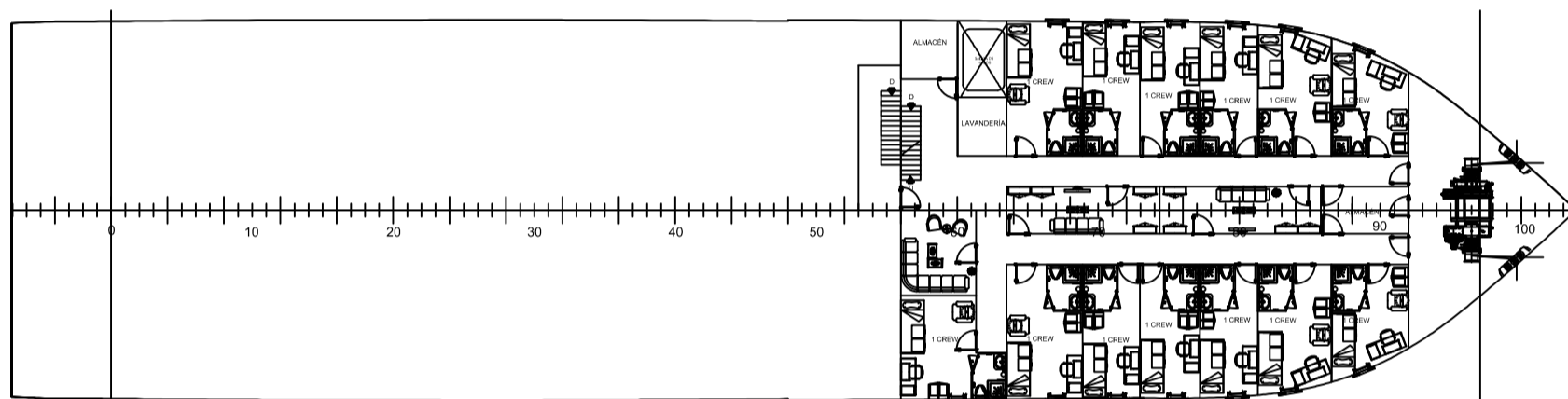


PERIL LONGITUDINAL

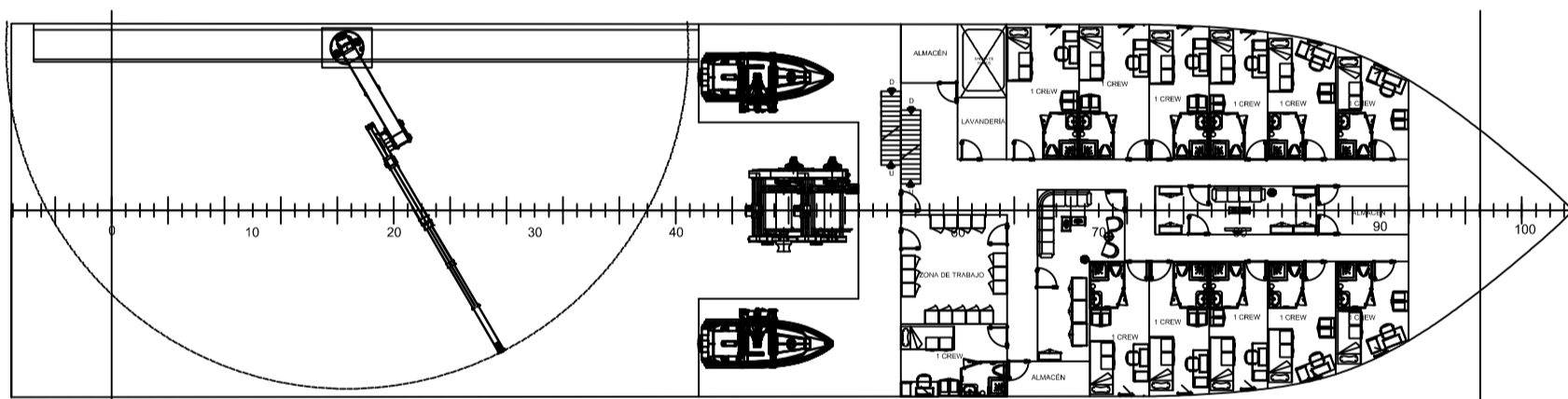
CUBIERTA PUENTE (h = 19.10 m)



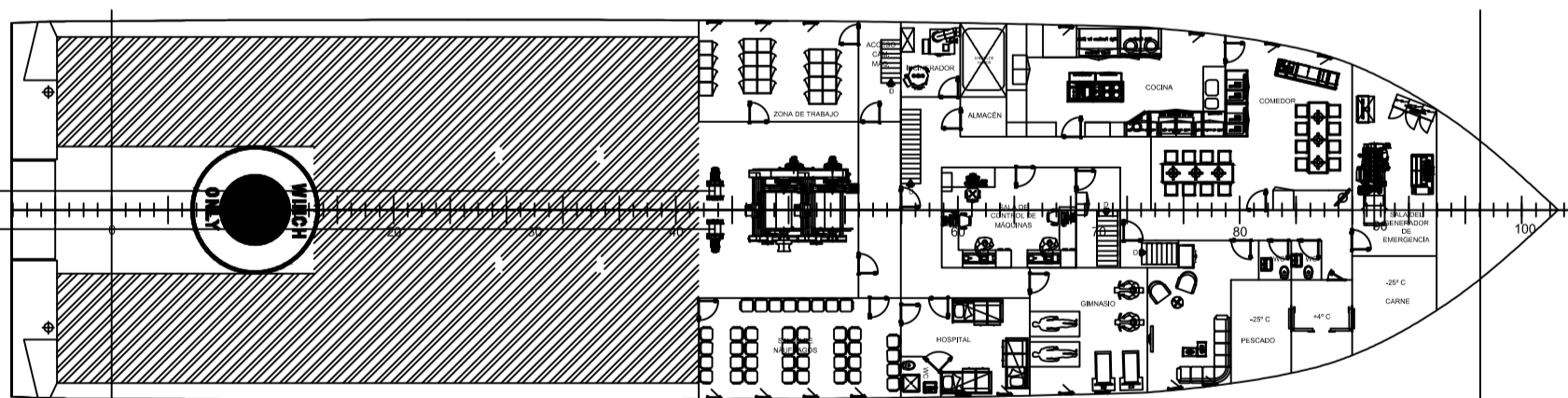
CUBIERTA C (h = 15.80 m)



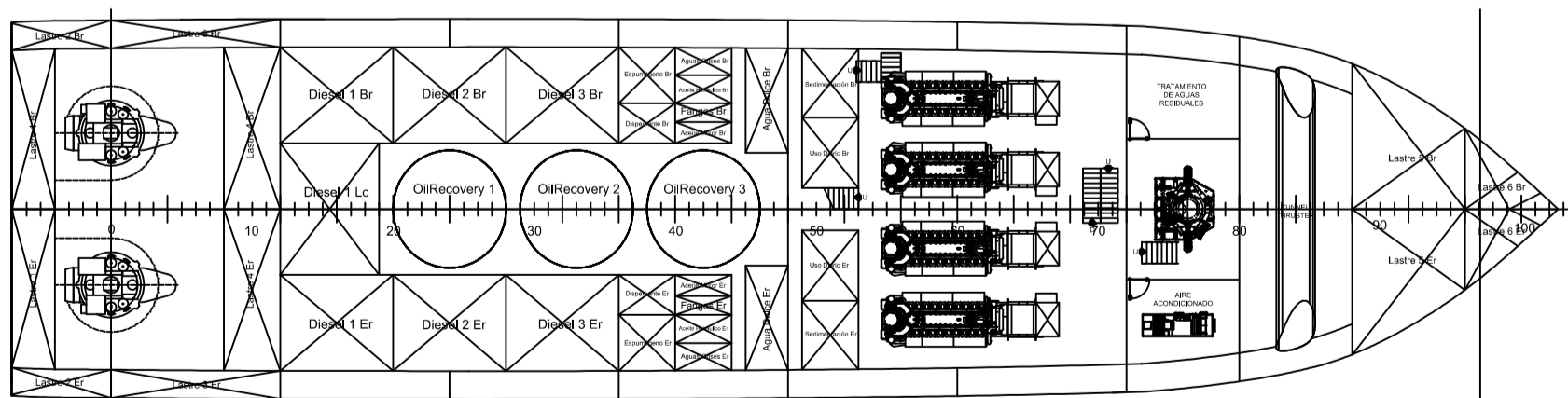
CUBIERTA B (h = 13.20 m)



CUBIERTA A (h = 10.60 m)



CUBIERTA PRINCIPAL (h = 8.00 m)



TANK TOP (h = 8.00 m)

**DIMENSIONES PRINCIPALES**

- Eslora total ..... 66.50 m
- Eslora entre perpendiculares..... 58.25 m
- Manga de trazado ..... 16.20 m
- Puntal de trazado ..... 8,00 m
- Calado de diseño ..... 6.40 m
- Calado de trazado ..... 6.36 m

<b>PROYECTO</b> <b>REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 100 TPF</b>		<b>CODIGO</b> <b>14-04</b>
<b>AUTOR</b> MIGUEL PÉREZ-LAFUENTE RECUNA		
<b>REFERENCIA</b> CUADERNO 9 - ANEXO VII		
<b>FECHA</b> 06 JUNIO 2015	<b>PLANO</b> DISPOSICIÓN GENERAL	<b>ESCALA</b> <b>1:300</b>



# ANEXO VIII:

## Tabla de capacidades de tanques



## Tabla resumen de capacidades de tanques.

COMBUSTIBLE				CARGA ÚTIL			
	Tanque	Peso (Tn)	Capacidad (m3)		Tanque	Peso (Tn)	Capacidad (m3)
	Diesel 1 Er	75,74	90,17		Espumógeno Er	20,35	19,76
	Diesel 1 Lc	109,58	130,45		Espumógeno Br	20,35	19,76
	Diesel 1 Br	75,74	90,17		Dispersante Er	13,92	13,99
	Diesel 2 Er	118,42	140,97		Dispersante Br	13,92	13,99
	Diesel 2 Br	118,42	140,97		OilRec1	111,97	118,58
	Diesel 3 Er	105,30	125,36		OilRec2	112,16	118,78
	Diesel 3 Br	105,30	125,36		OilRec3	112,38	119,01
	Uso Diario Er	20,74	24,70		<b>Suma Total</b>	<b>405,06</b>	<b>423,86</b>
	Uso Diario Br	20,74	24,70				
	Sedimentación Er	20,74	24,70				
	Sedimentación Br	20,74	24,70				
	<b>Suma Total</b>	<b>791,49</b>	<b>942,25</b>				
ACEITE				LODOS			
	Tanque	Peso (Tn)	Capacidad (m3)		Tanque	Peso (Tn)	Capacidad (m3)
	Aceite Hidráulicos Er	8,89	9,88		Lodos Er	6,59	6,59
	Aceite Hidráulicos Br	8,89	9,88		Lodos Br	6,59	6,59
	Aceite Motor Er	6,82	7,41		<b>Suma Total</b>	<b>13,17</b>	<b>13,17</b>
	Aceite Motor Br	6,82	7,41				
	<b>Suma Total</b>	<b>31,41</b>	<b>34,57</b>				
AGUA				AGUA DE LASTRE			
	Tanque	Peso (Tn)	Capacidad (m3)		Tanque	Peso (Tn)	Capacidad (m3)
	Agua Dulce Er	51,60	51,60		Lastre 1 Er	31,64	30,87
	Agua Dulce Br	51,60	51,60		Lastre 1 Br	31,64	30,87
	Aguas Grises Er	9,88	9,88		Lastre 2 Er	9,04	8,82
	Aguas Grises Br	9,88	9,88		Lastre 2 Br	9,04	8,82
	<b>Suma Total</b>	<b>122,95</b>	<b>122,95</b>		Lastre 3 Er	19,08	18,62
					Lastre 3 Br	19,08	18,62
					Lastre 4 Er	61,74	60,24
					Lastre 4 Br	61,74	60,24
					Lastre 5 Er	89,51	87,33
					Lastre 5 Br	89,51	87,33
					Lastre 6 Er	11,58	11,30
					Lastre 6 Br	11,58	11,30
					<b>Suma Total</b>	<b>445,19</b>	<b>434,33</b>