

YATE DE 87m

## FRANCOBORDO Y ARQUEO

### Cuaderno 9

Autor: Víctor Jesús Gavín Barberán

Proyecto: 18-105 Yate de lujo de 87m

Contacto: 617 872 329

[vj617872329@icloud.com](mailto:vj617872329@icloud.com)





Escola Politécnica Superior  
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA E INGENIERIA INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE MASTER

CURSO 2.017-2.018

**PROYECTO NÚMERO 18-105**

**TIPO DE BUQUE:** *YATE DE LUJO DE DESPLAZAMIENTO*

**CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN :** *BUQUE DE PASAJE, OCEANICO, SOLAS MARPOL MCA. MARPOL*

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** PERSONAS EN CRUCEROS TURÍSTICOS DE GRAN LUJO

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 15 KN A MOTOR DE VELOCIDAD MAXIMA

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** *GRUA A BORDO, JACUZZI, GARAJE PARA MOTOS DE AGUA*

**PROPULSIÓN:** *UNO O DOS MOTORES DIESEL*

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** *40 PASAJEROS 20 TRIPULANTES*

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** *GARAJE, HELICE TRASVERSAL PROA, HELIDECK*

ALUMNO: D. VICTOR GAVIN

TUTOR: D. VICENTE DIAZ

Ferrol, Abril de 2018

# ÍNDICE

## CUADERNO 9

1. Introducción
2. Cálculo del Francobordo
3. Cálculo del Arqueo

# Anexos

## CUADERNO 9

- I. Hidrostáticas máxima carga: *anexo 9.3.1*

# 1 Introducción

En este cuaderno se va a llevar a cabo el cálculo relativo a Francobordo y arqueo del buque. Se certificará que el Francobordo de diseño del buque cumple con el Francobordo del convenio.

Para el cálculo del Francobordo se utilizará el **Convenio de líneas de carga**. Este convenio no es de aplicación directa a yates de recreo (Art. 5), pero teniendo en cuenta el reglamento utilizado en el Art. 12.1 se indica el cumplimiento de dicho convenio por parte de todos los buques certificados por MCA. Del mismo deben disponer también del certificado Internacional de Arqueo según el Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de 1969.

En lo relativo a Francobordo este cuaderno se va a estructurar por reglas, analizando y aplicando cada una de ellas siguiendo el mismo orden y estructura que el convenio de líneas de carga.

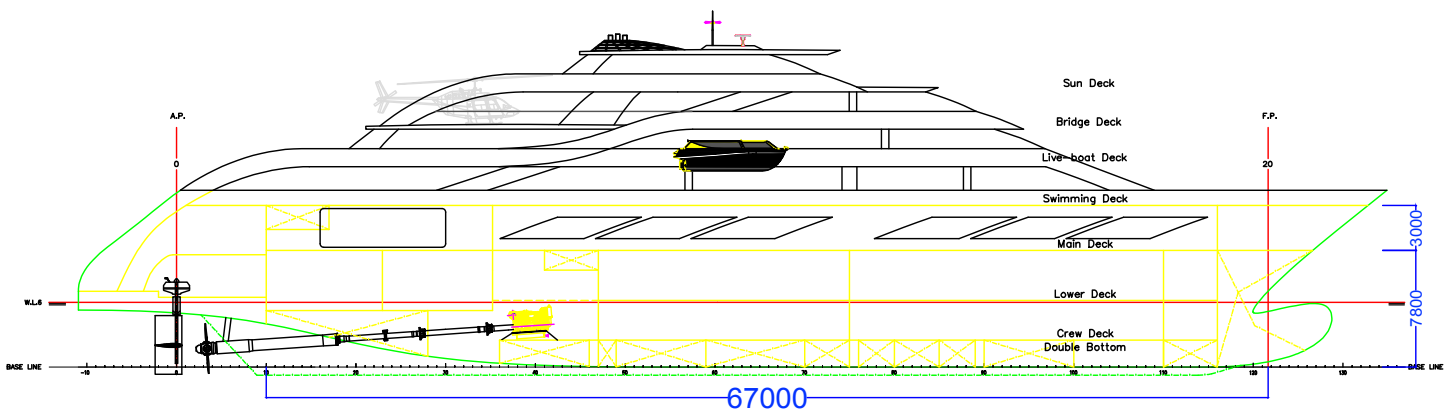
El cálculo del Arqueo será especialmente útil en la aplicación del MCA al proyecto, ya que muchas variables dependen de las toneladas de arqueo bruto del barco.

# 2 Cálculo del Francobordo

## Regla 3. Definición de términos

Tabla 1 - Regla 3. Definición de términos

<p><b>Eslora de Francobordo (L):</b></p> <p>Eslora en flotación (85%D):</p> <p>Eslora en flotación (85%D) x 0,96</p> <p>Eslora entre perpendiculares (85%D):</p> <p>La eslora de francobordo es el máximo valor entre el 96% de la eslora en flotación al 85% del puntal y la eslora entre perpendiculares al 85% del puntal medido desde la roda hasta la mecha del timón.</p> <p><b>Manga (B):</b></p> <p><b>Puntal de trazado:</b> distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto de la cubierta de francobordo en el costado.</p> <p><b>Puntal de Francobordo (D):</b> puntal de trazado añadiendo el espesor de la cubierta de francobordo.</p> <p><b>Coefficiente de Bloque:</b></p> <p><b>Cubierta de francobordo:</b> es la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas.</p> <p><b>Superestructura:</b> construcción provista de techo y dispuesta encima de la cubierta de francobordo que se extienda de banda a banda o cuyo forro lateral no esté separado del forro del costado más del 4% de la manga del buque.</p> <p>Podemos considerar castillo de proa la zona estanca a proa de la <i>Main Deck</i>.</p> <p>La longitud según el apartado g) de la regla 3 se considera castillo de proa la superestructura que se extienda desde la perpendicular de proa hasta el punto en el que la cubierta pasa a estar descubierta.</p> <p>Todos los medios de cierre tales como: ventanales, puertas del garaje y puerta a la zona de baño son estancos.</p>	78,86	m
	75,71	m
	73,00	m
	<b>75706</b>	mm
	<b>13470</b>	mm
	7610	mm
	<b>7620</b>	mm
	<b>0,58</b>	
	<b>Main Deck</b>	
	Longitud (mm)	Altura (mm)
<b>3400</b>	<b>67000</b>	





## Reglas 3 – 26

Definen varios aspectos como: marcas de francobordo, información para el capitán y condiciones que deben cumplir los elementos del barco para asegurar la integridad y reserva de flotabilidad.

## Regla 27. Tipos de buques

Tabla 2 - Regla 27. Tipos de buques

El yate no ha sido diseñado para transportar cargas líquidas ni a granel.	<b>Tipo B</b>
---	---------------

## Regla 28. Tablas de francobordo

Tabla 3 - Regla 28. Tablas de francobordo

	L (m)	F <sub>b</sub> (mm)
La obtención del francobordo tabular se obtiene de la tabla 28.2 del Convenio de Líneas de Carga interpolando linealmente con la eslora:	75	800
	76	816
<b>El F<sub>b</sub> se incrementará en: (mm)</b> (interpolando)	75,71	<b>815,7</b>

## Regla 29. Corrección por eslora inferior a 100 m

Tabla 4 - Regla 29. Corrección por eslora inferior a 100 m

Se aplica cuando se cumplen las siguientes condiciones:	
• Buques tipo B	APLICA
• L comprendida entre 24/100m	APLICA
• Superestructura cerrada de longitud efectiva de hasta el 35% L Castillo de proa = 67000 mm	NO APLICA
$L = 75,71 \times 0,35 = 26,49\text{m} < 67\text{m}$	
<b>El F<sub>b</sub> se incrementará en: (mm)</b>	NO APLICA

## Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque

Aplicable a partir de  $C_b > 0,68$ ; NO APLICA ( $C_b$  definido en regla 3)

## Regla 31. Corrección por puntal

Tabla 5 - Regla 31. Corrección por puntal

Se aplica cuando se cumplen las siguientes condiciones:	
• $D (7,62) > L/15 (5,05)$	APLICA
<b>El F<sub>b</sub> se incrementará en: (mm)</b>	<b>405</b>



### Regla 33. Altura normal de las superestructuras

Tabla 6 - Regla 33. Altura normal de las superestructuras

Indica en la tabla 33.1 del convenio:	Eslora (m)	Altura normal (m)
	75	1,8

### Regla 34. Longitud de las superestructuras

Tabla 7 - Regla 34. Longitud de las superestructuras

Longitud de las superestructuras:	Eslora (m)
Superestructura principal	67000
<b>Longitud de las superestructuras total:</b>	67

### Regla 35. Longitud efectiva de las superestructuras

La longitud efectiva (E) de una superestructura cerrada de altura normal será su longitud real. Cuando la altura real sea mayor que la normal no se hará ningún aumento para obtener la longitud efectiva de la superestructura.

### Regla 36. Troncos

NO APLICA

### Regla 37. Reducción por superestructuras y troncos

Como la reducción es inferior a 1L, el porcentaje de la reducción se calculará de la siguiente forma:

Tabla 8 - Regla 37. Reducción por superestructuras y troncos

	La longitud efectiva es un 88% de L	
Porcentaje de reducción para todos los tipos de superestructuras	0,8 L	75,30 %
	0,9 L	87,70 %
Interpolando obtenemos el porcentaje de reducción	0,88 L	85,22 %
Reducción correspondiente para la eslora del buque	L = 75,71 m	-776,4
<b>Reducción por superestructura aplicando el porcentaje (mm)</b>		<b>-661,65</b>

## Regla 38. Arrufo

Arrufo Normal, según tabla 38.1 del convenio:

Tabla 9 - Regla 38. Arrufo

	Situación	Ordenada (mm)	Factor	Arrufo	Valor medio arrufo
Mitad de popa	perpendicular de popa	881	1	881	2351
	1/6L desde Ppp	391	3	1173	
	1/3L desde Ppp	99	3	297	
	centro del buque	0	1	0	
Mitad de proa	centro del buque	0	1	0	4699
	1/3L desde Ppr	197	3	591	
	1/6L desde Ppr	782	3	2346	
	perpendicular de proa	1762	1	1762	

El arrufo real es cero ya que el buque ha sido diseñado sin arrufo, teniendo por tanto un defecto tanto en proa como en popa.

Siguiendo las indicaciones de la regla 38.9 la reducción por arrufo se calcula:

Tabla 10 - Regla 38. Arrufo

Arrufo Popa	$(0 - 2351) / 8$	-293,875	mm
Arrufo Proa	$(0 - 4699) / 8$	-587,375	mm
Valor medio	Defecto de arrufo:	-440,625	mm

La corrección por diferencias con el arrufo normal se hace según la regla 38.14:

Tabla 11 - Regla 38. Arrufo

<b>Corrección por arrufo</b>	defecto de arrufo x $(0,75 - S_1/2L)$	<b>136,76</b>	<b>mm</b>
------------------------------	---------------------------------------	---------------	-----------

La regla 38.15 establece la corrección por defecto de arrufo que se establece cuando el arrufo es menor al normal. De este modo la corrección por defecto de arrufo se añadirá al francobordo.

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

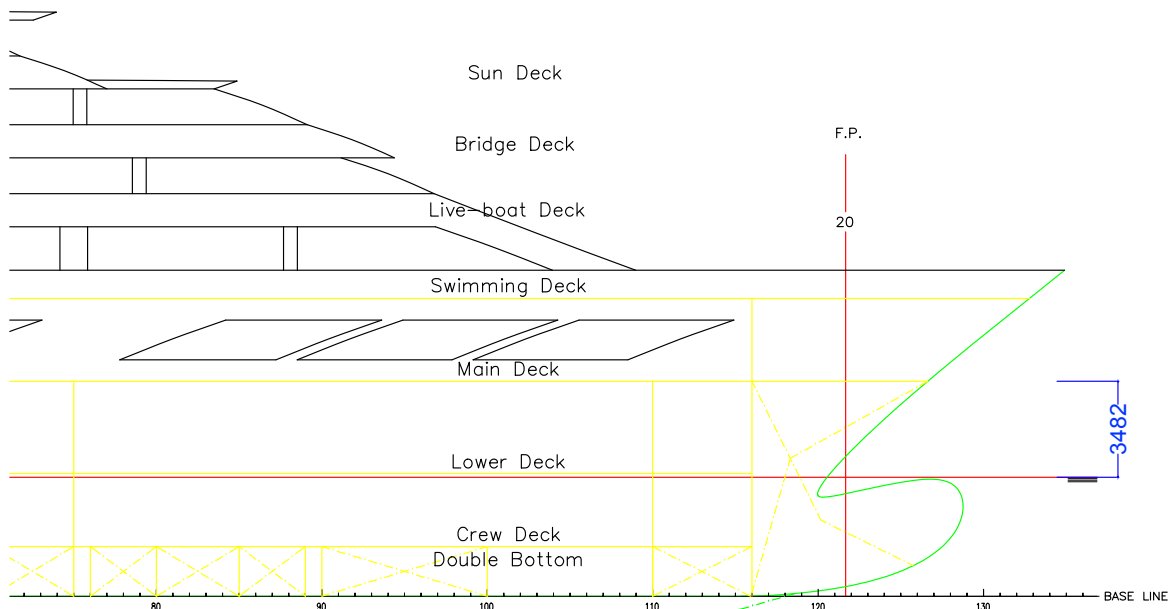
**Altura mínima en proa (F<sub>b</sub>):** distancia vertical en la perpendicular de proa entre la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento proyectado y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado, no será inferior a:

$$F_b = \left( 6075 \frac{L}{100} - 1875 \left( \frac{L}{100} \right)^2 + 200 \left( \frac{L}{100} \right)^3 \right) \cdot \left( 2,08 + 0,609C_b - 1,603C_{wf} - 0,0129 \left( \frac{L}{d_1} \right) \right)$$

Tabla 12 - Regla 39. Altura mínima de proa y flotabilidad de reserva

Eslora de francobordo definida en regla 3	L	m	75,71
Manga de trazado definida en la regla 3	B	m	13,47
Calado en el 85% del puntal D	d <sub>1</sub>	m	4,32
Coefficiente de bloque definido en la regla 3	C <sub>b</sub>		0,58
Coefficiente del área de la flotación a proa de L/2	C <sub>wf</sub>	A <sub>wf</sub> / (L/2)B	1,17
Área de la flotación a proa de L/2 para el calado d <sub>1</sub> (Calculado en el cuaderno 3)	A <sub>wf</sub>	m <sup>2</sup>	599
<b>Altura mínima de proa</b>	<b>F<sub>b</sub></b>	<b>mm</b>	<b>1169,91</b>

Como podemos comprobar en la figura, se cumple la regla 39 con un amplio margen.



## Regla 40. Francobordos mínimos

Francobordos obtenidos aplicando las reglas correspondientes.

Tabla 13 - Regla 40. Francobordos mínimos

Francobordo de verano	Regla	Valor
	Regla 28	815,7
	Regla 29	-
	Regla 30	-
	Regla 31	405
	Regla 32	-
	Regla 33	-
	Regla 34	-
	Regla 35	-
	Regla 36	-
	Regla 37	-661,65
	Regla 38	136,76
	Regla 39	-
		<b>695,81</b>

El calado de trazado del buque será:

Calado de trazado = Puntal a la cubierta de FB – FB verano

Calado de trazado = 7,800 – 0,6958 = 7,104 m

Se comprueba ahora el calado de trazado con el calado de estabilidad (4,140 m).

$$7,104 \text{ m} > 4,140 \text{ m}$$

Se limita el calado al de estabilidad. El calado definitivo es de 4,140 m.

El nuevo francobordo será pues el de verano calculado antes (695,81 mm) más la diferencia entre el calado de trazado y el de estabilidad.

Diferencia de calados = 7,104 – 4,140 = 2964 mm

Nuevo francobordo = 2964 + 695,81 = 3660 mm

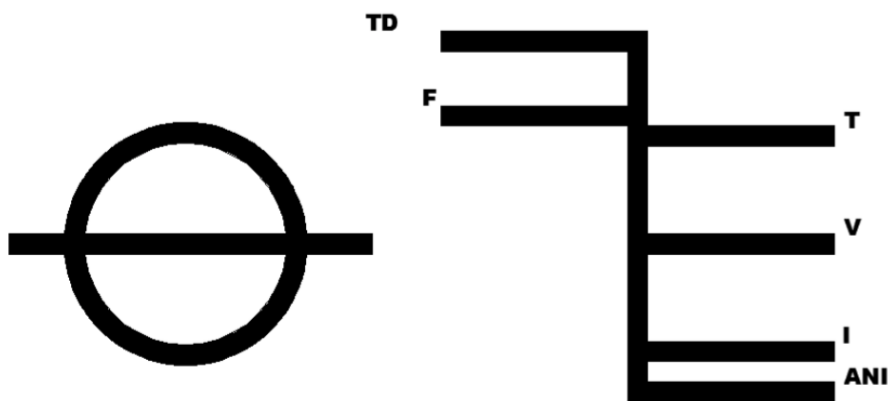
### Reducción para francobordo tropical e incrementos para francobordos de invierno y del Atlántico Norte en invierno

Puntal a la cubierta de francobordo	7800	mm
Calado de trazado	4140	mm
Francobordo de verano	3660	mm
Reducción para francobordo tropical = calado de trazado / 48	86,25	mm
Incremento para francobordo de invierno = calado de trazado / 48	86,25	mm
Incremento para f.b. de Atlántico Norte = (calado de trazado / 48) + 50	136,25	mm

### Reducción para agua dulce

Desplazamiento $\Delta$ en agua salada con la flotación en carga de verano a max. carga (obtenido en en Cuaderno 2)	2196	Tn
Toneladas por centímetro de inmersión TCP en la flotación en carga de verano (obtenido en las hidrostáticas del Cuaderno 5)	7,455	Tn/cm
Reducción ( $\Delta / 4 * TCP$ )	73,64	mm

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



## 3 Cálculo del Arqueo

### Regla 3. 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.
- Volumen de espacios cerrados: se tomará de la disposición general, en el que se medirán las áreas de espacios cerrados de cada cubierta y se multiplicarán por las alturas correspondientes. (Se remite a la disposición general, Cuaderno 7)

Volumen hasta cubierta principal				2298	$m^3$
Volumen de espacios cerrados					
	Área ( $m^2$ )	Altura (m)	Vol.		
Lower deck	799,74	3,4	2719,116	$m^3$	
Main deck	772,96	3	2318,88	$m^3$	
Swimming Deck	595,34	2,6	1547,884	$m^3$	
Live-boat Deck	356,60	2,5	891,5	$m^3$	
Bridge Deck	237,01	2,5	592,525	$m^3$	
Sun Deck	190,85	2,5	477,125	$m^3$	
<b>Volumen Total <math>m^3</math></b>			<b>10845,03</b>		

$$K_1 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} 10845,03 = 0,2807$$

$$\text{Por lo tanto, } GT = K_1 * V = \mathbf{3044,24}$$

Anexos incluidos en este apartado:

- Hidrostáticas máxima carga: *anexo 9.3.1*

## Regla 4. 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  $(4d/3D)^2$  no se tomará superior a 1.
- El término  $K_2 * V_c * (4d/3D)^2$  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  $m^3$ , se tomará 0 pues el buque no está destinado al transporte de carga. No se consideran espacios de carga los tanques de consumos ni de lastre.
- $K_2 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} V_c = 0,2$
- $K_1 = 1.25 * (GT + 10000) / 10000 = 1,630$
- $D$  = puntal de trazado en el centro del buque expresado en m. = 7,80m
- $d$  = calado de trazado en el centro del buque expresado en m. = 4,14m
- $N_1$  = número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas = 40
- $N_2$  = número de los demás pasajeros = 0
- $N_1 + N_2$  = 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 = 3044,24

El factor  $(4d/3D)^2$  no se tomará superior a 1.

$$(4d/3D)^2 = 0,500$$

El término  $K_2 * V_c * (4d/3D)^2$  no se tomará inferior a 0,25 GT. = 0 (por ser 0  $V_c$ )

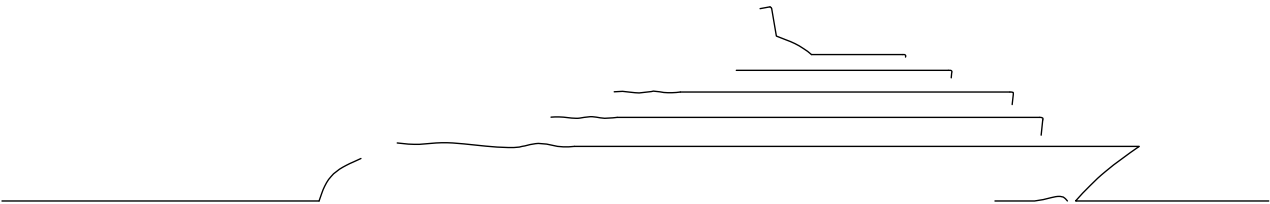
NT no se tomará inferior a 0.30 GT (913,27)

Como el primer termino es cero,

$NT = K_1 * (N_1 + N_2/10) = 1,630 * 40 = 65,2$ , por lo tanto se tomará el mínimo calculado anteriormente.

$$NT = 913,27$$

# ANEXO 9.3.1



YATE DE 87m



## Hydrostatics - tfg maxurf

Stability 20.00.04.9, build: 9

Model file: \\Mac\Home\Dropbox\0 TFG\Cuaderno 4\tfg maxurf (Medium precision, 66 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP; Vert. datum: Baseline. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

### Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

<b>Draft Amidships m</b>	<b>4,300</b>
Displacement t	2195,4
Volume (displaced) m <sup>3</sup>	2298,633
Heel deg	0,0
Draft at FP m	4,300
Draft at AP m	4,300
Draft at LCF m	4,300
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	78,867
Beam max extents on WL m	13,355
Wetted Area m <sup>2</sup>	1193,565
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	832,906
Prismatic coeff. (Cp)	0,578
Block coeff. (Cb)	0,506
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,897
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,791
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	33,219
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,989
KB m	2,544
KG m	4,300
BMt m	4,316
BML m	140,669
GMt m	2,560
GML m	138,913
KMt m	6,860
KML m	143,213
Immersion (TPc) tonne/cm	8,537
MTc tonne.m	45,265
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	105,283
Max deck inclination deg	0,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000