



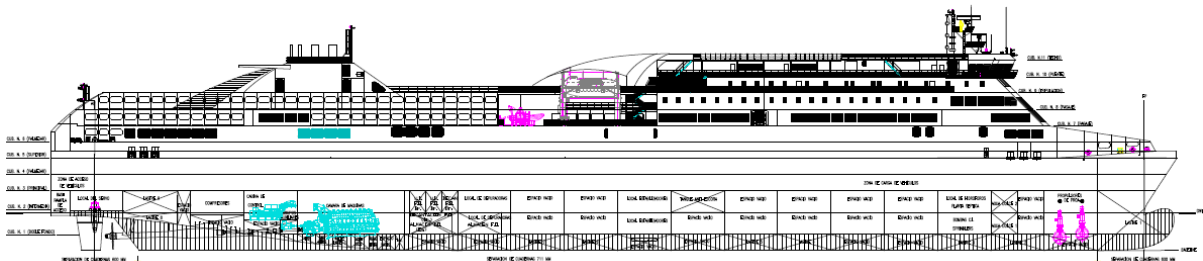
UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR
GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

TRABAJO FIN DE GRADO Nº: 14-105
ALUMNA: MARÍA DE LA LUZ MURAS CASAS

RO – RO 1000 PAX.

CUADERNO Nº:1

**ELECCIÓN DE LA CIFRA DE MÉRITO Y DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA,
SELECCIÓN DE LA MÁS FAVORABLE.**



GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.013-2014

PROYECTO NÚMERO 14-105

TIPO DE BUQUE : RO-RO 1000 PAX.

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN : DNV, IMO, SOLAS, MARPOL, Convenio Internacional de Líneas de Carga 1966

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 950 pasajeros; 5 cubiertas de carga para 250 turismos

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : velocidad en prueba al 85% MCR, 22 nudos; autonomía a velocidad de prueba 2500 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : dos puertas en zona de popa; rampa móvil entre cubiertas de carga.

PROPULSIÓN : 2 Motores diesel eléctrica acoplados a hélices de paso variable

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 50 tripulantes más 950 pasajeros

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : hélices de maniobra en proa.

Ferrol, Septiembre de 2.013.

ALUMNO: D^a María de la Luz Muras Casas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN. (Pág.: 2).
2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BUQUE. (Pág.: 4).
3. BUQUES DE REFERENCIA. (Pág.: 5).
4. DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR. (Pág.: 6).
5. VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES. (Pág.: 23).
6. SELECCION DE ALTERNATIVAS. (Pág.: 29).
7. CIFRA DE MERITO. (Pág.: 34).
8. ESTIMACION PRELIMINAR DE PESOS. (Pág.: 46).
9. NAVCAD. (Pág.: 53).
10. ANEXO. (Pág.:62):
 - BUQUES DE REFERENCIA.
 - RESULTADOS NAVCAD.
 - ARTICULO TECNICO.

1.- INTRODUCCIÓN:

El incesante crecimiento del comercio marítimo mundial y el continuo aumento de los costos portuarios (especialmente de su mano de obra) ha producido unos tipos de buques, cuyo objetivo es reducir los tiempos de manejo de carga y, en consecuencia, las estancias en Puerto, para mejorar su rentabilidad. Estos tipos de buques son los buques portacontenedores, buques Roll-on / Roll off y los buques Ro-Ro.

Los buques tipo Ro-Ro se dedican al tráfico en distancias cortas, la reducción del tiempo de carga-descarga se realiza a través de la instalación de elementos de unión entre el buque y el puerto, a fin de permitir el paso de carga rodante, eliminando las manipulaciones intermedias de la mercancía. De esta manera se logra que el producto llegue directamente desde la fábrica al punto de consumo. Es el mejor representante intermodal, combinación buque, tren y camión. La unidad de carga, el contenedor o la paleta, es la base en la búsqueda del transporte integrado “puerta a puerta” que trata de reducir el número de manipulaciones de la carga, eliminando todas las operaciones superfluas.

El buque Ro-Ro es, básicamente, un buque de transporte puro de vehículos, que integra e incorpora en su concepción un sistema de transporte de cargas rodantes, constituye una prolongación de la red viaria en el interior del buque. En tráficos cortos, ha sido frecuente que también realicen transporte de personas, bien los propios conductores de los vehículos (de camiones o de coches) bien de pasajeros, en cuyo caso reciben la denominación de buques de pasaje (**Ro-Ro Pax.**), siendo este último tipo de buque, objeto de estudio en los siguientes párrafos.



Sf Alhucemas en Palma

(Fuente: http://ferrymania.blogspot.com.es/2013_03_01_archive.html)

1.- INTRODUCCIÓN:

Características del tráfico, de un buque Ro-Ro Pax.:

- ✚ **Recorridos de corta duración:** cubriendo distancias cortas y transportando un número elevado de pasajeros.
- ✚ **Estacionalidad:** a menudo en una misma ruta existe una gran variedad de la demanda de pasaje entre los meses de verano y de invierno.
- ✚ **Simultanear el transporte de pasajeros con el transporte de carga rodada:** esto último es consecuencia de la necesidad de garantizar un uso anual continuo de la capacidad de carga que garantice la rentabilidad del buque cuando disminuya la demanda de pasajeros debido a la estacionalidad.
- ✚ **Capacidad para poder operar desde puertos pequeños con pocas infraestructuras:** inexistencia de rampas, muelles de pequeña longitud, etc... que incluso pueden condicionar la eslora del buque y a menudo introducen limitaciones de calado.
- ✚ **Navegación:** en la mayoría de los casos suele ser diurna.

Características estructurales de un buque Ro-Ro Pax.:

- ✚ **Definición por superficies:** por una parte la superficie de alojamientos que depende del número de pasajeros (PAX.) y por otra parte la superficie necesaria para el estacionamiento y desplazamiento, necesario para la carga rodada.
- ✚ **Relación L/B baja:** disponen de mangas altas para favorecer su estabilidad.
- ✚ **Suelen ser buques rápidos:** en consecuencia de formas finas, provistos de bulbo de proa y con elevada potencia en el equipo propulsor.
- ✚ **Relación B/T alta:** debido a la existencia de restricciones de calado en los puertos.



Reduan Ferry en alhucemas

(Fuente: <http://www.panoramio.com/photo/24361556>)

2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BUQUE:

Características del buque según el RPA:

✚ Características de la carga:

- Se repartirá en cinco cubiertas
 - Las cubiertas N°: 1, 3 y 5, contendrán:
 - 250 turismos.
 - Las cubiertas N°: 7 y 8, contendrán:
 - 950 pasajeros.

✚ **Sistemas y equipos de carga/descarga:** dos puertas en zona de popa; rampa móvil entre cubiertas de carga.

✚ **Velocidad:** velocidad en prueba al 85% MCR, 22 nudos.

✚ **Autonomía:** autonomía a velocidad de prueba 2500 millas.

✚ **Propulsión:** 2 Motores diésel eléctrica acoplados a hélices de paso variable.

✚ **Otros equipos e instalaciones:** hélices de maniobra en proa.

3.- BUQUES DE REFERENCIA:

Para la búsqueda de los buques de referencia se han utilizado los buques inscritos en “Significant Ships”.

Los datos seleccionados fueron verificados, a su vez en internet, para mejorar la veracidad de los mismos.

Para dicha búsqueda se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

- ✚ Construcción posterior al año 1999.
- ✚ $900 < \text{N}^\circ \text{ de Pasajeros} < 2500$.
- ✚ $250 < \text{N}^\circ \text{ de coches} < 837$.

Teniendo en cuenta los parámetros expuestos anteriormente, la lista de buques de referencia que se obtiene, es la siguiente:

Nombre	GT (ton.)	TPM (ton.)	Lt (m.)	Lpp (m.)	B (m.)	T (m.)	D (m.)	V (nudos)	N° Cbtas.	Metros lineales	Pasajeros	Coches
Pride of Rotterdam	59925	9268	215	203,7	31,5	6,05	9,4	22	3	3355	1360	250
Star	36250	4700	186	170	27,7	6,5	9,5	27	2	2010	1900	570
Armorique	28500	4200	168	155	26,8	6,3	9,3	23	3	1100	1500	560
Color Superspeed I	34231	5425	212,75	195,3	25,8	6,55	9,4	27	3	3065	1928	837
Spirit of Britain	47592	7663,8	213	197,9	30,8	6,55	9,7	22	3	3742,5	2000	726
Viking Xprs	35778	9372	186,71	170,13	27,7	6,55	9,5	22	2	2250	2500	524
Abel Matutes	29670	5300	190	177	26,2	6	9,2	21,4	5	2235	900	372

Teniendo en cuenta los datos obtenidos de los buques de referencia, se procede a calcular las relaciones correspondientes, obteniéndose lo siguiente:

Nombre	Lpp*B	Lpp/B	T/D	Lpp/D	B/D	B/T
Pride of Rotterdam	6416,55	6,47	0,64	21,67	3,35	5,21
Star	4709,00	6,14	0,68	17,89	2,92	4,26
Armorique	4154,00	5,78	0,68	16,67	2,88	4,25
Color Superspeed I	5038,74	7,57	0,70	20,78	2,74	3,94
Spirit of Britain	6095,32	6,43	0,68	20,40	3,18	4,70
Viking Xprs	4712,60	6,14	0,69	17,91	2,92	4,23
Abel Matutes	4637,40	6,76	0,65	19,24	2,85	4,37

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:

Cálculo de la manga:

La manga será establecida en función de la carga que se quiere transportar, para dicho cálculo tendremos en cuenta las siguientes características:

- ✚ Se establecerán 11 filas de coches sobre la cubierta rodada, con un ancho de 2.14 m para cada fila.
- ✚ Se establecerá un margen por bulárcamas de 0.9 m.
- ✚ Se establecerá un pasillo entre dichas filas con un ancho de 0.6 m.

Según los datos anteriormente expuestos, procedemos a calcular la manga:

$$B = 11 \times 2.14 + 2 \times 0.9 + 0.6 = 26.0 \text{ m.}$$

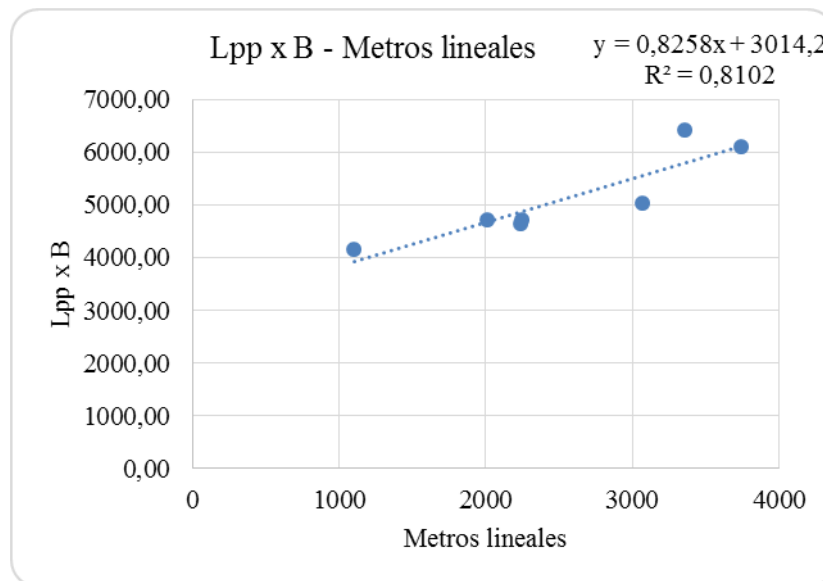
4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:

Cálculo de la eslora entre perpendiculares:

Para el la obtención de la eslora entre perpendiculares se partirá de:

- ✚ Una dimensión fijada:
 - $B = 26.0$ m.
- ✚ Una dimensión establecida por Rpa:
 - Metros lineales necesarios = 2675 m.
 - Coches = 250.
 - Longitud espacio aparcamiento = 5.0 m.
 - Ancho espacio aparcamiento = 2.14 m.
- ✚ Una dimensión por fijar L_{pp} .

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a calcular la recta de regresión junto con la ecuación que la define, para los buques de referencia, obteniéndose:



$$L_{pp} \times B = 0.8258 \times \text{Metros lineales} + 3014.2; L_{pp} = 203.28\text{m.}$$

Otra forma para la obtención de L_{pp} , en función de B sería la siguiente:

$$B = 0.099 \times L_{pp} + 10.759, L_{pp} = 153.95 \text{ m.}$$

Se tomará el valor medio de los dos valores calculados:

$$\mathbf{L_{pp} = 178.62 \text{ m.}}$$

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:

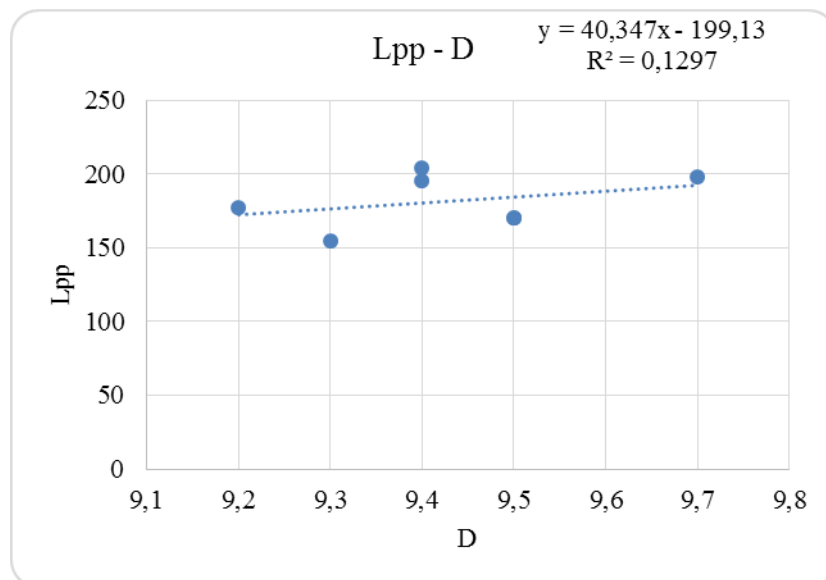
Cálculo del puntal:

Para el la obtención del calado se partirá de:

- ✚ Una dimensión fijada:
 - $L_{pp} = 178.62$ m.

- ✚ Una dimensión por fijar D.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a calcular la recta de regresión junto con la ecuación que la define, para los buques de referencia, obteniéndose:



$$L_{pp} = 40.347 \times D - 199.13; D = 9.36 \text{ m.}$$

Otra forma para la obtención de D, en función de Lpp sería la siguiente:

$$L_{pp} = 19.571 \times D - 18.357; D = 10.06 \text{ m.}$$

Se tomará el valor medio de los dos valores calculados:

$$D = 9.71 \text{ m.}$$

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:

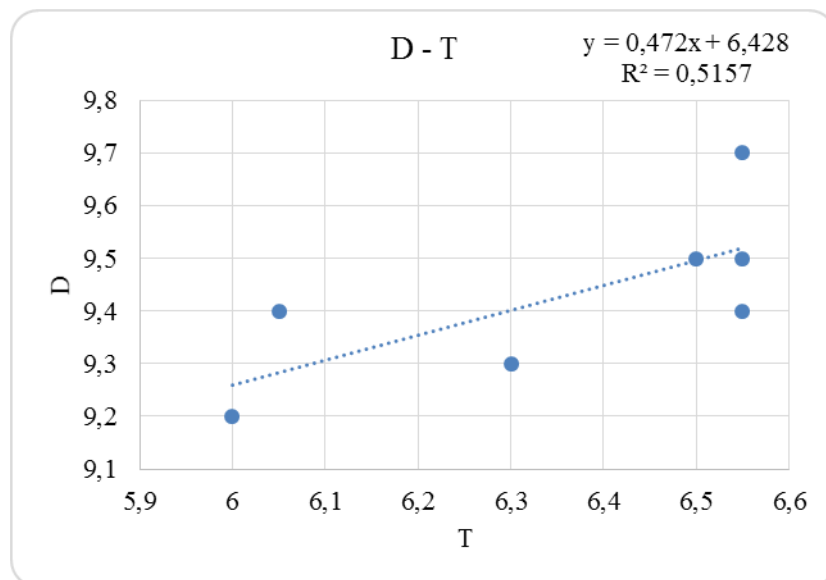
Cálculo del Calado:

Para el la obtención del calado se partirá de:

✚ Una dimensión fijada:
○ $D = 9.71$ m.

✚ Una dimensión por fijar T.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a calcular la recta de regresión junto con la ecuación que la define, para los buques de referencia, obteniéndose:



$$D = 0.472 \times T + 6.428; T = 6.95 \text{ m.}$$

Otra forma para la obtención de T, en función de D sería la siguiente:

$$T = 0.646 \times D - 0.5; T = 5.77 \text{ m.}$$

Se tomará el valor medio de los dos valores calculados:

$$T = 6.36 \text{ m.}$$

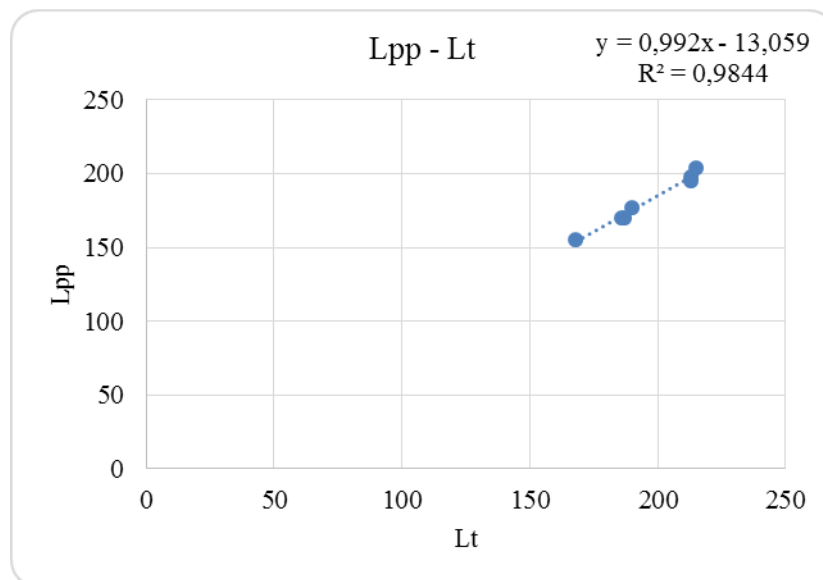
4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:

Cálculo de la eslora total:

Para el la obtención de la eslora total se partirá de:

- ✚ Una dimensión fijada:
 - $L_{pp} = 178.62$ m.
- ✚ Una dimensión por fijar L_t .

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a calcular la recta de regresión junto con la ecuación que la define, para los buques de referencia, obteniéndose:



$$L_{pp} = 0.992 \times L_t - 13.059; L_t = 193.22 \text{ m.}$$

Otra forma para la obtención de L_t , en función de L_{pp} sería la siguiente:

$$L_{pp} = 0.8124 \times L_t + 13.755; L_t = 202.94 \text{ m.}$$

Se tomará el valor medio de los dos valores calculados:

$$L_t = 198.08 \text{ m.}$$

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

❖ Formula de Alexander:

$$o \quad C_b = K - 0.5 \frac{V}{\sqrt{3.28 L_t}} = 0.608$$

Nombre	K	Lt (m.)	V (nudos)	Fórmula Alexander
RO-RO 1000 PAX.	1,04	198,02	22	0,608380323

Nombre	K	Lt (m.)	V (nudos)	Fórmula Alexander
Pride of Rotterdam	1,04	215	22	0,625774784
Star	1,04	186	27	0,493436816
Armorique	1,04	168	23	0,550101311
Color Superspeed I	1,04	212,75	27	0,528951565
Spirit of Britain	1,04	213	22	0,623834608
Viking Xprs	1,04	186,71	22	0,595499787
Abel Matutes	1,04	190	21,4	0,611382346
			Valor medio	0,575568745

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

❖ Formula de Katsoulis:

$$o \quad C_b = 0.8217 f L_t^{0.42} B^{-0.3072} T^{0.1721} V^{-0.6135} = 0.626$$

Nombre	f	Lt (m.)	B (m.)	T (m.)	V (nudos)	Fórmula de Katsoulis
RO-RO 1000 PAX.	1,09	198,02	26	6,36	22	0,626291375

Nombre	f	Lt (m.)	B (m.)	T (m.)	V (nudos)	Fórmula de Katsoulis
Pride of Rotterdam	1,09	215	31,5	6,05	22	0,605963857
Star	1,09	186	27,7	6,5	27	0,529622169
Armorique	1,09	168	26,8	6,3	23	0,562591486
Color Superspeed I	1,09	212,75	25,8	6,55	27	0,573494013
Spirit of Britain	1,09	213	30,8	6,55	22	0,616134108
Viking Xprs	1,09	186,71	27,7	6,55	22	0,602281046
Abel Matutes	1,09	190	26,2	6	21,4	0,618336838
					Valor medio	0,586917645

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

❖ Formula de Kerlen:

$$o \quad C_b = 1.179 - 2.026 F_n = 0.658$$

$$▪ \quad F_n = \frac{v}{\sqrt{g L_t}}$$

Nombre	V (m/s)	Lt (m.)	Fn	Fórmula Kerlen
RO-RO 1000 PAX.	11,3168	198,02	0,25676428	0,658795566

Nombre	V (m/s)	Lt (m.)	Fn	Fórmula Kerlen
Pride of Rotterdam	11,3168	215	0,24641657	0,67976003
Star	13,8888	186	0,32514251	0,520261283
Armorique	11,8312	168	0,29143362	0,588555485
Color Superspeed I	13,8888	212,75	0,3040153	0,563065009
Spirit of Britain	11,3168	213	0,24757075	0,677421657
Viking Xprs	11,3168	186,71	0,26442673	0,643271453
Abel Matutes	11,00816	190	0,25497842	0,662413717
			Valor medio	0,619249805

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**❖ **Formula de Luna:**

$$○ C_b = 0.88 - 0.7 F_n + 0.01 \left(\frac{L_t - 100}{L_t} \right)^3 = 0.683$$

$$▪ F_n = \frac{v}{\sqrt{g L_t}}$$

Nombre	V (m/s)	Lt (m.)	Fn	Fórmula Luna
RO-RO 1000 PAX.	11,3168	198,02	0,25676428	0,683504381

Nombre	V (m/s)	Lt (m.)	Fn	Fórmula Luna
Pride of Rotterdam	11,3168	215	0,24641657	0,691789547
Star	13,8888	186	0,32514251	0,630628725
Armorique	11,8312	168	0,29143362	0,656259243
Color Superspeed I	13,8888	212,75	0,3040153	0,647396694
Spirit of Britain	11,3168	213	0,24757075	0,690863647
Viking Xprs	11,3168	186,71	0,26442673	0,677393045
Abel Matutes	11,00816	190	0,25497842	0,684729452
			Valor medio	0,668437193

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

❖ Formula de Minowsky:

$$o \quad C_b = 1.22 - 0.709 \frac{V}{\sqrt{Lt}} = 0.649$$

Nombre	Lt (m.)	V (m/s)	Fórmula Minowsky
RO-RO 1000 PAX.	198,02	11,3168	0,649815578

Nombre	Lt (m.)	V (m/s)	Fórmula Minowsky
Pride of Rotterdam	215	11,3168	0,672794258
Star	186	13,8888	0,497971256
Armorique	168	11,8312	0,572827
Color Superspeed I	212,75	13,8888	0,54488746
Spirit of Britain	213	11,3168	0,670231219
Viking Xprs	186,71	11,3168	0,632799947
Abel Matutes	190	11,00816	0,653781353
		Valor medio	0,606470356

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

❖ Formula de Van Lammeren:

$$○ C_b = 1.137 - 0.6 \frac{V}{\sqrt{L_t}} = 0.654$$

Nombre	Lt (m.)	V (m/s)	Fórmula Van Lammeren
RO-RO 1000 PAX.	198,02	11,3168	0,654474396

Nombre	Lt (m.)	V (m/s)	Fórmula Van Lammeren
Pride of Rotterdam	215	11,3168	0,673920388
Star	186	13,8888	0,525974265
Armorique	168	11,8312	0,589321862
Color Superspeed I	212,75	13,8888	0,565677681
Spirit of Britain	213	11,3168	0,671751385
Viking Xprs	186,71	11,3168	0,640074708
Abel Matutes	190	11,00816	0,657830482
		Valor medio	0,617792967

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

❖ Formula de Munro - Smith:

$$○ C_b = 1.0 - 0.23 \frac{V}{\sqrt{L_t}} = 0.815$$

Nombre	Lt (m.)	V (m/s)	Fórmula Munro - Smith
RO-RO 1000 PAX.	198,02	11,3168	0,815031852

Nombre	Lt (m.)	V (m/s)	Fórmula Munro - Smith
Pride of Rotterdam	215	11,3168	0,822486149
Star	186	13,8888	0,765773468
Armorique	168	11,8312	0,790056714
Color Superspeed I	212,75	13,8888	0,780993111
Spirit of Britain	213	11,3168	0,821654697
Viking Xprs	186,71	11,3168	0,809511971
Abel Matutes	190	11,00816	0,816318351
		Valor medio	0,800970637

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

❖ Formula de Schneekluth:

$$\circ C_b = \frac{0.14}{F_n} \frac{\frac{L_t}{B} + 20}{26} = 0.579$$

$$\blacksquare F_n = \frac{V}{\sqrt{g L_t}}$$

Nombre	Lt (m.)	B (m.)	V (m/s)	Fn	Fórmula de Schneekluth
RO-RO 1000 PAX.	198,02	26	11,3168	0,25676428	0,579139614

Nombre	Lt (m.)	B (m.)	V (m/s)	Fn	Fórmula de Schneekluth
Pride of Rotterdam	215	31,5	11,3168	0,24641657	0,586179918
Star	186	27,7	13,8888	0,32514251	0,442418104
Armorique	168	26,8	11,8312	0,29143362	0,485347617
Color Superspeed I	212,75	25,8	13,8888	0,3040153	0,500285728
Spirit of Britain	213	30,8	11,3168	0,24757075	0,585408692
Viking Xprs	186,71	27,7	11,3168	0,26442673	0,544524944
Abel Matutes	190	26,2	11,00816	0,25497842	0,575503778
				Valor medio	0,531381254

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

❖ Formula de Schneekluth:

$$\circ C_b = \frac{0.23}{Fn^{2/3}} \frac{\frac{Lt}{B} + 20}{26} = 0.604$$

$$\blacksquare Fn = \frac{V}{\sqrt{g Lt}}$$

Nombre	Lt (m.)	B (m.)	V (m/s)	Fn	Fórmula de Schneekluth
RO-RO 1000 PAX.	198,02	26	11,3168	0,25676428	0,604729668

Nombre	Lt (m.)	B (m.)	V (m/s)	Fn	Fórmula de Schneekluth
Pride of Rotterdam	215	31,5	11,3168	0,24641657	0,603745683
Star	186	27,7	13,8888	0,32514251	0,499793503
Armorique	168	26,8	11,8312	0,29143362	0,528647179
Color Superspeed I	212,75	25,8	13,8888	0,3040153	0,552649429
Spirit of Britain	213	30,8	11,3168	0,24757075	0,603891261
Viking Xprs	186,71	27,7	11,3168	0,26442673	0,574186127
Abel Matutes	190	26,2	11,00816	0,25497842	0,599536722
				Valor medio	0,566064272

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Cálculo del coeficiente de bloque:**

	Valor medio buques referencia	Valor RO RO 1000 PAX.	Diferencia porcentual
Fórmula Minowsky	0,606470356	0,649815578	0,071471295
Fórmula Van Lammeren	0,617792967	0,654474396	0,059374954
Fórmula Munro - Smith	0,800970637	0,815031852	0,017555218
Fórmula Alexander	0,575568745	0,608380323	0,057007227
Fórmula Kerlen	0,619249805	0,658795566	0,063860756
Fórmula Luna	0,668437193	0,683504381	0,022540917
<u>Fórmula de Katsoulis</u>	<u>0,586917645</u>	<u>0,626291375</u>	<u>0,067085612</u>
Fórmula de Schneekluth	0,531381254	0,579139614	0,089875883
Fórmula de Schneekluth	0,566064272	0,604729668	0,068305664

El valor de Cb obtenido mediante la expresión Katsoulis, se encuentra dentro del intervalo de coeficientes de bloque de este tipo de buques $0.55 \leq C_b \leq 0.69$, a su vez proporciona el resultado más próximo al de los buques de referencia.

$$C_b = 0.626$$

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:

Cálculo del coeficiente de la sección media:

❖ Formula de Kerlen:

$$\circ C_m = 1.006 - 0.0056 C_b^{-3.56} = 0.976$$

$$\square C_b = 0.626$$

$$C_m = 0.976$$

Cálculo del coeficiente de flotación:

❖ Formula de Schneekluth:

$$\circ C_f = \frac{1+2 C_b}{3} = 0.751$$

$$\square C_b = 0.626$$

$$C_f = 0.751$$

Cálculo del coeficiente prismático:

$$\circ C_p = \frac{C_b}{C_m} = 0.641$$

$$\circ C_b = 0.626$$

$$\circ C_m = 0.976$$

$$C_p = 0.641$$

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR:**Resumen del dimensionamiento preliminar:**

Lt	198,08 m.
Lpp	178,62 m.
B	26,0 m.
D	9,71 m.
T	6,36 m.
Cb	0,626
Cm	0,976
Cf	0,751
Cp	0,641

5.- VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES:

Generación de posibilidades:

El rango de valores que se toma para minimizar el coste de construcción, está formado por las variaciones de Lpp, B, D y T calculados anteriormente, a su vez es requisito indispensable que satisfagan los criterios establecidos en la RPA y sus relaciones dimensionales se mantengan dentro de los límites hallados para los buques de referencia.

Se plantearán 14 posibilidades de variación, que generarán 33 alternativas:

❖ Posibilidad N°: 1:

- N° de filas de coches: 10
- Ancho de la fila: 2.14 m.
- Margen por bulárcamas: 0.9 m.
- Margen de 0.6 m. por la existencia de un pasillo entre dichas filas.

$$\mathbf{B = 10 \times 2.14 + 2 \times 0.9 + 0.6 = 23.8 \text{ m.}}$$

❖ Posibilidad N°: 2:

- N° de filas de coches: 11
- Ancho de la fila: 2.14 m.
- Margen por bulárcamas: 0.9 m.
- Margen de 0.6 m. por la existencia de un pasillo entre dichas filas.

$$\mathbf{B = 11 \times 2.14 + 2 \times 0.9 + 0.6 = 26.0 \text{ m.}}$$

❖ Posibilidad N°: 3:

- N° de filas de coches: 12
- Ancho de la fila: 2.14 m.
- Margen por bulárcamas: 0.9 m.
- Margen de 0.6 m. por la existencia de un pasillo entre dichas filas.

$$\mathbf{B = 12 \times 2.14 + 2 \times 0.9 + 0.6 = 28.2 \text{ m.}}$$

5.- VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES:**Generación de posibilidades:**

❖ Posibilidad N°: 4:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora entre perpendiculares, en 25 m.
- $L_{pp0} = 178.62$ m.

$$L_{pp} = 178.62 + 25 = 203.62 \text{ m}$$

❖ Posibilidad N°: 5:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora, en 25 m.
- $L_{pp0} = 178.62$

$$L_{pp} = 178.62 \text{ m.}$$

❖ Posibilidad N°: 6:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora, en 25 m.
- $L_{pp0} = 177.72$

$$L_{pp} = 178.62 - 25 = 153.62 \text{ m}$$

5.- VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES:**Generación de posibilidades:**

❖ Posibilidad N°: 7:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora entre perpendiculares, en 20 m.
- $L_{pp0} = 178.62$ m.

$$L_{pp} = 178.62 + 20 = 198.62 \text{ m}$$

❖ Posibilidad N°: 8:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora, en 20 m.
- $L_{pp0} = 178.62$

$$L_{pp} = 178.62 - 20 = 158.62 \text{ m}$$

❖ Posibilidad N°: 9:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora entre perpendiculares, en 15 m.
- $L_{pp0} = 178.62$ m.

$$L_{pp} = 178.62 + 15 = 193.62 \text{ m}$$

5.- VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES:**Generación de posibilidades:**

❖ Posibilidad N°: 10:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora, en 15 m.
- $L_{pp0} = 178.62$

$$L_{pp} = 178.62 - 15 = 163.62 \text{ m.}$$

❖ Posibilidad N°: 11:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora entre perpendiculares, en 10 m.
- $L_{pp0} = 178.62 \text{ m.}$

$$L_{pp} = 178.62 + 10 = 188.62 \text{ m}$$

❖ Posibilidad N°: 12:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora, en 10 m.
- $L_{pp0} = 178.62$

$$L_{pp} = 178.62 - 10 = 168.62 \text{ m.}$$

5.- VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES:**Generación de posibilidades:**

❖ Posibilidad N°: 13:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora, en 5 m.
- $L_{pp0} = 178.62$

$$L_{pp} = 178.62 - 5 = 173.62 \text{ m.}$$

❖ Posibilidad N°: 14:

- Se tratará la carga como modular de este modo se aumentará y disminuirá la eslora entre perpendiculares, en 5 m.
- $L_{pp0} = 178.62 \text{ m.}$

$$L_{pp} = 178.62 + 5 = 183.62 \text{ m}$$

5.- VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES:**Generación de alternativas:**

Siendo:

$$\diamond Ti = \left(\frac{Lo Bo}{Li Bi} \right) To$$

$$\diamond Di = \left(\frac{Lo Bo}{Li Bi} \right) Do$$

N° Alternativa	Lppo (m.)	Bo (m.)	Do (m.)	To (m.)	Lppi (m.)	Bi (m.)	Di (m.)	Ti (m)
1	178,62	26	9,71	6,36	203,62	23,8	9,31	6,09
2	178,62	26	9,71	6,36	203,62	26	8,52	5,58
3	178,62	26	9,71	6,36	203,62	28,2	7,85	5,14
4	178,62	26	9,71	6,36	198,62	23,8	9,54	6,25
5	178,62	26	9,71	6,36	198,62	26	8,73	5,72
6	178,62	26	9,71	6,36	198,62	28,2	8,05	5,27
7	178,62	26	9,71	6,36	193,62	23,8	9,79	6,41
8	178,62	26	9,71	6,36	193,62	26	8,96	5,87
9	178,62	26	9,71	6,36	193,62	28,2	8,26	5,41
10	178,62	26	9,71	6,36	188,62	23,8	10,05	6,58
11	178,62	26	9,71	6,36	188,62	26	9,20	6,02
12	178,62	26	9,71	6,36	188,62	28,2	8,48	5,55
13	178,62	26	9,71	6,36	183,62	23,8	10,32	6,76
14	178,62	26	9,71	6,36	183,62	26	9,45	6,19
15	178,62	26	9,71	6,36	183,62	28,2	8,71	5,70
16	178,62	26	9,71	6,36	178,62	23,8	10,61	6,95
17	178,62	26	9,71	6,36	178,62	26	9,71	6,36
18	178,62	26	9,71	6,36	178,62	28,2	8,95	5,86
19	178,62	26	9,71	6,36	173,62	23,8	10,91	7,15
20	178,62	26	9,71	6,36	173,62	26	9,99	6,54
21	178,62	26	9,71	6,36	173,62	28,2	9,21	6,03
22	178,62	26	9,71	6,36	168,62	23,8	11,24	7,36
23	178,62	26	9,71	6,36	168,62	26	10,29	6,74
24	178,62	26	9,71	6,36	168,62	28,2	9,48	6,21
25	178,62	26	9,71	6,36	163,62	23,8	11,58	7,58
26	178,62	26	9,71	6,36	163,62	26	10,60	6,94
27	178,62	26	9,71	6,36	163,62	28,2	9,77	6,40
28	178,62	26	9,71	6,36	158,62	23,8	11,95	7,82
29	178,62	26	9,71	6,36	158,62	26	10,93	7,16
30	178,62	26	9,71	6,36	158,62	28,2	10,08	6,60
31	178,62	26	9,71	6,36	153,62	23,8	12,33	8,08
32	178,62	26	9,71	6,36	153,62	26	11,29	7,40
33	178,62	26	9,71	6,36	153,62	28,2	10,41	6,82

6.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS:**Selección de las alternativas:**

Partiendo de la base de que sus relaciones dimensionales se mantengan dentro de los intervalos de los buques de referencia. Se procede a plantear dichos intervalos:

Nombre	Lpp*B	Lpp/B	T/D	Lpp/D	B/D	B/T
Pride of Rotterdam	6416,55	6,47	0,64	21,67	3,35	5,21
Star	4709,00	6,14	0,68	17,89	2,92	4,26
Armorique	4154,00	5,78	0,68	16,67	2,88	4,25
Color Superspeed I	5038,74	7,57	0,70	20,78	2,74	3,94
Spirit of Britain	6095,32	6,43	0,68	20,40	3,18	4,70
Viking Xprs	4712,60	6,14	0,69	17,91	2,92	4,23
Abel Matutes	4637,40	6,76	0,65	19,24	2,85	4,37

$$4154.00 \leq Lpp*B \leq 6416.55$$

$$5.78 \leq Lpp/B \leq 7.57$$

$$0.64 \leq T/D \leq 0.70$$

$$16.67 \leq Lpp/D \leq 21.67$$

$$2.74 \leq B/D \leq 3.35$$

$$3.94 \leq B/T \leq 5.21$$

6.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS:**Selección de las alternativas:**

Según los intervalos anteriormente expuestos, se obtiene:

N° Alternativa	$L_{ppi} * B_i$	L_{ppi} / B_i	T_i / D_i	L_{ppi} / D_i	B_i / D_i	B_i / T_i	Resultado
1	4846,16	8,56	0,65	21,88	2,56	3,90	No cumple
2	5294,12	7,83	0,65	23,91	3,05	4,66	No cumple
3	5742,08	7,22	0,65	25,93	3,59	5,48	No cumple
4	4727,16	8,35	0,65	20,82	2,49	3,81	No cumple
5	5164,12	7,64	0,65	22,75	2,98	4,55	No cumple
6	5601,08	7,04	0,65	24,67	3,50	5,35	No cumple
7	4608,16	8,14	0,65	19,79	2,43	3,71	No cumple
8	5034,12	7,45	0,65	21,61	2,90	4,43	Cumple
9	5460,08	6,87	0,65	23,44	3,41	5,21	No cumple
10	4489,16	7,93	0,65	18,78	2,37	3,62	No cumple
11	4904,12	7,25	0,65	20,51	2,83	4,32	Cumple
12	5319,08	6,69	0,65	22,25	3,33	5,08	No cumple
13	4370,16	7,72	0,65	17,79	2,31	3,52	No cumple
14	4774,12	7,06	0,65	19,44	2,75	4,20	Cumple
15	5178,08	6,51	0,65	21,08	3,24	4,94	Cumple
16	4251,16	7,51	0,65	16,84	2,24	3,43	No cumple
17	4644,12	6,87	0,65	18,40	2,68	4,09	No cumple
18	5037,08	6,33	0,65	19,95	3,15	4,81	Cumple
19	4132,16	7,29	0,65	15,91	2,18	3,33	No cumple
20	4514,12	6,68	0,65	17,38	2,60	3,97	No cumple
21	4896,08	6,16	0,65	18,85	3,06	4,67	Cumple
22	4013,16	7,08	0,65	15,01	2,12	3,23	No cumple
23	4384,12	6,49	0,65	16,39	2,53	3,86	No cumple
24	4755,08	5,98	0,65	17,78	2,97	4,54	Cumple
25	3894,16	6,87	0,65	14,13	2,06	3,14	No cumple
26	4254,12	6,29	0,65	15,44	2,45	3,74	No cumple
27	4614,08	5,80	0,65	16,74	2,89	4,41	Cumple
28	3775,16	6,66	0,65	13,28	1,99	3,04	No cumple
29	4124,12	6,10	0,65	14,51	2,38	3,63	No cumple
30	4473,08	5,62	0,65	15,73	2,80	4,27	No cumple
31	3656,16	6,45	0,65	12,46	1,93	2,95	No cumple
32	3994,12	5,91	0,65	13,61	2,30	3,52	No cumple
33	4332,08	5,45	0,65	14,76	2,71	4,14	No cumple

Se escogerán las alternativas 8 - 11 - 14 - 15 - 18 - 21 - 24 - 27

6.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Generación de dimensiones finales:

$$\diamondsuit Cp = 1.2 - 2.12 Fn + cpk$$

- $Fn = \frac{v}{\sqrt{g Lpp}}$
- $cpk = 0.01, 0.02, 0.03.$

$$\diamondsuit Cm = 1 - 0.062 Fn^{0.792}$$

- $Fn = \frac{v}{\sqrt{g Lpp}}$

$$\diamondsuit Cb = Cp Cm$$

$$\diamondsuit \Delta = 1.025 Cb Lpp B T$$

N° Alternativa	Lppi (m.)	Bi (m.)	Di (m.)	Ti (m)	Fn	cpk	Cp	Cm	Cb	Δ
8	193,62	26	8,96	5,87	0,260	0,01	0,660	0,979	0,645	19541,147
8	193,62	26	8,96	5,87	0,260	0,02	0,670	0,979	0,655	19837,445
8	193,62	26	8,96	5,87	0,260	0,03	0,680	0,979	0,665	20133,743
11	187,72	26	8,956	5,728	0,264	0,01	0,651	0,978	0,637	18249,381
11	187,72	26	8,956	5,728	0,264	0,02	0,661	0,978	0,647	18529,742
11	187,72	26	8,956	5,728	0,264	0,03	0,671	0,978	0,656	18810,103
14	182,72	26	9,201	5,884	0,267	0,01	0,643	0,978	0,629	18032,097
14	182,72	26	9,201	5,884	0,267	0,02	0,653	0,978	0,639	18312,391
14	182,72	26	9,201	5,884	0,267	0,03	0,663	0,978	0,649	18592,685
15	182,72	28,2	8,483	5,425	0,267	0,01	0,643	0,978	0,629	18032,097
15	182,72	28,2	8,483	5,425	0,267	0,02	0,653	0,978	0,639	18312,391
15	182,72	28,2	8,483	5,425	0,267	0,03	0,663	0,978	0,649	18592,685
18	177,72	28,2	8,722	5,578	0,271	0,01	0,635	0,978	0,621	17805,827
18	177,72	28,2	8,722	5,578	0,271	0,02	0,645	0,978	0,631	18086,052
18	177,72	28,2	8,722	5,578	0,271	0,03	0,655	0,978	0,641	18366,277
21	172,72	28,2	8,974	5,739	0,275	0,01	0,627	0,978	0,613	17569,930
21	172,72	28,2	8,974	5,739	0,275	0,02	0,637	0,978	0,623	17850,083
21	172,72	28,2	8,974	5,739	0,275	0,03	0,647	0,978	0,633	18130,237
24	167,72	28,2	9,242	5,911	0,279	0,01	0,619	0,977	0,605	17323,702
24	167,72	28,2	9,242	5,911	0,279	0,02	0,629	0,977	0,614	17603,781
24	167,72	28,2	9,242	5,911	0,279	0,03	0,639	0,977	0,624	17883,860
27	162,72	28,2	9,526	6,092	0,283	0,01	0,610	0,977	0,596	17066,364
27	162,72	28,2	9,526	6,092	0,283	0,02	0,620	0,977	0,605	17346,365
27	162,72	28,2	9,526	6,092	0,283	0,03	0,630	0,977	0,615	17626,365

6.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Selección de dimensiones finales:

Partiendo de la base de que los coeficientes calculados anteriormente tienen que adecuarse a la base de datos de los buques de referencia, se plantean unos intervalos de coeficientes:

$$0.507 \leq C_b \leq 0.658$$

$$0.943 \leq C_m \leq 0.981$$

$$0.537 \leq C_p \leq 0.670$$

6.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS:**Selección de dimensiones finales:**

Según los intervalos anteriormente expuestos, se obtiene:

N° Alternativa	L _{ppi} (m.)	Bi (m.)	Di (m.)	T _i (m)	F _n	cpk	C _p	C _m	C _b	Δ	Resultado
8	193,62	26	8,96	5,87	0,260	0,01	0,660	0,979	0,645	19541,147	Cumple
8	193,62	26	8,96	5,87	0,260	0,02	0,670	0,979	0,655	19837,445	Cumple
8	193,62	26	8,96	5,87	0,260	0,03	0,680	0,979	0,665	20133,743	No cumple
11	187,72	26	8,956	5,728	0,264	0,01	0,651	0,978	0,637	18249,381	Cumple
11	187,72	26	8,956	5,728	0,264	0,02	0,661	0,978	0,647	18529,742	Cumple
11	187,72	26	8,956	5,728	0,264	0,03	0,671	0,978	0,656	18810,103	No cumple
14	182,72	26	9,201	5,884	0,267	0,01	0,643	0,978	0,629	18032,097	Cumple
14	182,72	26	9,201	5,884	0,267	0,02	0,653	0,978	0,639	18312,391	Cumple
14	182,72	26	9,201	5,884	0,267	0,03	0,663	0,978	0,649	18592,685	Cumple
15	182,72	28,2	8,483	5,425	0,267	0,01	0,643	0,978	0,629	18032,097	Cumple
15	182,72	28,2	8,483	5,425	0,267	0,02	0,653	0,978	0,639	18312,391	Cumple
15	182,72	28,2	8,483	5,425	0,267	0,03	0,663	0,978	0,649	18592,685	Cumple
18	177,72	28,2	8,722	5,578	0,271	0,01	0,635	0,978	0,621	17805,827	Cumple
18	177,72	28,2	8,722	5,578	0,271	0,02	0,645	0,978	0,631	18086,052	Cumple
18	177,72	28,2	8,722	5,578	0,271	0,03	0,655	0,978	0,641	18366,277	Cumple
21	172,72	28,2	8,974	5,739	0,275	0,01	0,627	0,978	0,613	17569,930	Cumple
21	172,72	28,2	8,974	5,739	0,275	0,02	0,637	0,978	0,623	17850,083	Cumple
21	172,72	28,2	8,974	5,739	0,275	0,03	0,647	0,978	0,633	18130,237	Cumple
24	167,72	28,2	9,242	5,911	0,279	0,01	0,619	0,977	0,605	17323,702	Cumple
24	167,72	28,2	9,242	5,911	0,279	0,02	0,629	0,977	0,614	17603,781	Cumple
24	167,72	28,2	9,242	5,911	0,279	0,03	0,639	0,977	0,624	17883,860	Cumple
27	162,72	28,2	9,526	6,092	0,283	0,01	0,610	0,977	0,596	17066,364	Cumple
27	162,72	28,2	9,526	6,092	0,283	0,02	0,620	0,977	0,605	17346,365	Cumple
27	162,72	28,2	9,526	6,092	0,283	0,03	0,630	0,977	0,615	17626,365	Cumple

7.- CIFRA DE MÉRITO

La cifra de mérito permite establecer un criterio de optimización del buque desde un punto de vista económico. De modo que el buque óptimo corresponderá a la combinación de dimensiones que hagan más favorable el valor de la cifra de mérito.

En este caso se selecciona como cifra de mérito el Coste de Construcción (optimo del astillero), siendo por lo tanto el buque óptimo el que presenta un valor mínimo de este.

Para proceder al cálculo de la cifra de mérito es necesario calcular:

❖ Peso de acero:

$$\circ \text{ PS} = 0.034 \text{ Lpp}^{1.5} \text{ B D}^{0.5}$$

	Lpp (m.)	B (m.)	D (m.)	PS (ton.)
8	193,62	26,00	8,958	7128,16
8	193,62	26,00	8,958	7128,16
11	187,72	26,00	8,956	6804,19
11	187,72	26,00	8,956	6804,19
14	182,72	26,00	9,201	6622,96
14	182,72	26,00	9,201	6622,96
14	182,72	26,00	9,201	6622,96
15	182,72	28,20	8,483	6897,47
15	182,72	28,20	8,483	6897,47
15	182,72	28,20	8,483	6897,47
18	177,72	28,20	8,722	6708,73
18	177,72	28,20	8,722	6708,73
18	177,72	28,20	8,722	6708,73
21	172,72	28,20	8,974	6519,98
21	172,72	28,20	8,974	6519,98
21	172,72	28,20	8,974	6519,98
24	167,72	28,20	9,242	6331,24
24	167,72	28,20	9,242	6331,24
24	167,72	28,20	9,242	6331,24
27	162,72	28,20	9,526	6142,49
27	162,72	28,20	9,526	6142,49
27	162,72	28,20	9,526	6142,49

7.- CIFRA DE MÉRITO

❖ Peso del equipo restante:

○ $PEr = 0.045 Lpp^{1.3} B^{0.8} D^{0.3}$

	Lpp (m.)	B (m.)	D (m.)	PEr (ton.)
8	193,62	26,00	8,958	1106,33
8	193,62	26,00	8,958	1106,33
11	187,72	26,00	8,956	1062,65
11	187,72	26,00	8,956	1062,65
14	182,72	26,00	9,201	1034,35
14	182,72	26,00	9,201	1034,35
14	182,72	26,00	9,201	1034,35
15	182,72	28,20	8,483	1077,22
15	182,72	28,20	8,483	1077,22
15	182,72	28,20	8,483	1077,22
18	177,72	28,20	8,722	1047,74
18	177,72	28,20	8,722	1047,74
18	177,72	28,20	8,722	1047,74
21	172,72	28,20	8,974	1018,26
21	172,72	28,20	8,974	1018,26
21	172,72	28,20	8,974	1018,26
24	167,72	28,20	9,242	988,79
24	167,72	28,20	9,242	988,79
24	167,72	28,20	9,242	988,79
27	162,72	28,20	9,526	959,31
27	162,72	28,20	9,526	959,31
27	162,72	28,20	9,526	959,31

7.- CIFRA DE MÉRITO

❖ Potencia propulsora:

$$\circ \text{BP} = \frac{(0.889 \Delta^{2/3} (40 - \frac{L_{pp}}{61} + 400 (K-1)^2 - 12 C_b))}{15000 - 1.81 N \sqrt{L_{pp}}} V^3$$

▪ N: n° de rpm. del motor propulsor, su valor será 514 rpm.

	Δ (ton.)	L_{pp} (m.)	C_b	K	N (rpm.)	V (nudos)	BP (HP.)	BP (KW.)
8	19541,147	193,62	0,645	1,04	514	22	99343,53	74110,27
8	19837,445	193,62	0,655	1,04	514	22	99948,70	74561,73
11	18249,381	187,72	0,637	1,04	514	22	87124,53	64994,90
11	18529,742	187,72	0,647	1,04	514	22	87669,19	65401,22
14	18032,097	182,72	0,629	1,04	514	22	80802,79	60278,88
14	18312,391	182,72	0,639	1,04	514	22	81319,54	60664,37
14	18592,685	182,72	0,649	1,04	514	22	81825,55	61041,86
15	18032,097	182,72	0,629	1,04	514	22	80802,79	60278,88
15	18312,391	182,72	0,639	1,04	514	22	81319,54	60664,37
15	18592,685	182,72	0,649	1,04	514	22	81825,55	61041,86
18	17805,827	177,72	0,621	1,04	514	22	75220,06	56114,17
18	18086,052	177,72	0,631	1,04	514	22	75712,53	56481,55
18	18366,277	177,72	0,641	1,04	514	22	76194,87	56841,38
21	17569,930	172,72	0,613	1,04	514	22	70247,41	52404,57
21	17850,083	172,72	0,623	1,04	514	22	70718,64	52756,11
21	18130,237	172,72	0,633	1,04	514	22	71180,28	53100,49
24	17323,702	167,72	0,605	1,04	514	22	65783,66	49074,61
24	17603,781	167,72	0,614	1,04	514	22	66236,22	49412,22
24	17883,860	167,72	0,624	1,04	514	22	66679,66	49743,03
27	17066,364	162,72	0,596	1,04	514	22	61748,22	46064,17
27	17346,365	162,72	0,605	1,04	514	22	62184,32	46389,50
27	17626,365	162,72	0,615	1,04	514	22	62611,70	46708,33

7.- CIFRA DE MÉRITO

El coste de construcción viene dado por:

$$CC = CMg + CMo + CVa + CMe + CEq$$

❖ Coste de los materiales a granel:

○ $CMg = PS (ccs \text{ cas } cem \text{ ps})$

- ccs: coeficiente ponderado de chapas y perfiles de distintas calidades de acero, su valor será 1.5.
- cas: coeficiente de aprovechamiento del acero, su valor será 1.15.
- cem: coeficiente de incremento por equipo metálico incluido en la estructura, su valor será 1.1.
- ps: precio unitario del acero, su valor será 450€/ton.

	PS (ton.)	ccs	cas	cem	ps (€/ton.)	CMg (€)
8	7128,16	1,5	1,15	1,1	450	6086553,4
8	7128,16	1,5	1,15	1,1	450	6086553,4
11	6804,19	1,5	1,15	1,1	450	5809929,1
11	6804,19	1,5	1,15	1,1	450	5809929,1
14	6622,96	1,5	1,15	1,1	450	5655179,2
14	6622,96	1,5	1,15	1,1	450	5655179,2
14	6622,96	1,5	1,15	1,1	450	5655179,2
15	6897,47	1,5	1,15	1,1	450	5889579
15	6897,47	1,5	1,15	1,1	450	5889579
15	6897,47	1,5	1,15	1,1	450	5889579
18	6708,73	1,5	1,15	1,1	450	5728414,9
18	6708,73	1,5	1,15	1,1	450	5728414,9
18	6708,73	1,5	1,15	1,1	450	5728414,9
21	6519,98	1,5	1,15	1,1	450	5567250,9
21	6519,98	1,5	1,15	1,1	450	5567250,9
21	6519,98	1,5	1,15	1,1	450	5567250,9
24	6331,24	1,5	1,15	1,1	450	5406086,8
24	6331,24	1,5	1,15	1,1	450	5406086,8
24	6331,24	1,5	1,15	1,1	450	5406086,8
27	6142,49	1,5	1,15	1,1	450	5244922,8
27	6142,49	1,5	1,15	1,1	450	5244922,8
27	6142,49	1,5	1,15	1,1	450	5244922,8

7.- CIFRA DE MÉRITO

El coste de construcción viene dado por:

$$CC = CMg + CMo + CVa + CMe + CEq$$

❖ Coste de la mano de obra (solo montaje de material a granel):

○ $CMo = PS (chm \text{ csh})$

- chm: coste horario medio del astillero, su valor será 40 €/ton.
- csh: coeficiente de horas por unidad de peso, su valor será 100.

	PS (ton.)	chm (€/ton.)	csh	CMo (€)
8	7128,16	40	100	28512620
8	7128,16	40	100	28512620
11	6804,19	40	100	27216766
11	6804,19	40	100	27216766
14	6622,96	40	100	26491836
14	6622,96	40	100	26491836
14	6622,96	40	100	26491836
15	6897,47	40	100	27589888
15	6897,47	40	100	27589888
15	6897,47	40	100	27589888
18	6708,73	40	100	26834911
18	6708,73	40	100	26834911
18	6708,73	40	100	26834911
21	6519,98	40	100	26079934
21	6519,98	40	100	26079934
21	6519,98	40	100	26079934
24	6331,24	40	100	25324957
24	6331,24	40	100	25324957
24	6331,24	40	100	25324957
27	6142,49	40	100	24569979
27	6142,49	40	100	24569979
27	6142,49	40	100	24569979

7.- CIFRA DE MÉRITO

El coste de construcción viene dado por:

$$CC = CMg + CMo + CVa + CMe + CEq$$

❖ Costes varios aplicados:

○ $CVa = cva \cdot CC$

- cva: coeficiente, su valor será 0.1.
- CC: coste de construcción.

7.- CIFRA DE MÉRITO

El coste de construcción viene dado por:

$$CC = CMg + CMo + CVa + CMe + CEq$$

❖ Coste de los equipos y de su montaje

$$\circ CMe + CEq = CEC + CEP + CER + CHF$$

- CEC: coste de los equipos de manipulación de la carga, montaje incluido. Se considera constante en todas las opciones por lo que su valor se desprecia para la elección de la cifra de mérito.
- CEP: coste de los equipos de propulsión, auxiliares y montaje:
 - CEP = cep BP

- Cep: coste por unidad de potencia de los equipos de propulsión y auxiliares, y de su montaje, su valor será 400 €/KW.

	cep	BP (KW)	CEp (€)
8	400	74110,27	29644110
8	403	74561,73	30048379
11	406	64994,90	26387930
11	409	65401,22	26749098
14	412	60278,88	24834900
14	415	60664,37	25175715
14	418	61041,86	25515496
15	421	60278,88	25377410
15	422	60664,37	25600366
15	423	61041,86	25820706
18	424	56114,17	23792407
18	425	56481,55	24004659
18	426	56841,38	24214426
21	427	52404,57	22376751
21	428	52756,11	22579615
21	429	53100,49	22780110
24	430	49074,61	21102082
24	431	49412,22	21296668
24	432	49743,03	21488988
27	433	46064,17	19945787
27	434	46389,50	20133044
27	435	46708,33	20318124

7.- CIFRA DE MÉRITO

El coste de construcción viene dado por:

$$CC = CMg + CMo + CVa + CMe + CEq$$

❖ Coste de los equipos y de su montaje

$$\circ CMe + CEq = CEC + CEp + CEr + CHf$$

▪ CEr: coste del equipo restante, incluido el montaje:

$$\bullet CEr = ccs \ ps \ PEr$$

○ ccs: coeficiente ponderado de chapas y perfiles de distintas calidades de acero, su valor será 1.5.

○ ps: precio unitario del acero, su valor será 450€/ton.

	ccs	ps	PEr (ton.)	CEr (€)
8	1,5	450	1106,33	746775,35
8	1,5	450	1106,33	746775,35
11	1,5	450	1062,65	717288,29
11	1,5	450	1062,65	717288,29
14	1,5	450	1034,35	698183,02
14	1,5	450	1034,35	698183,02
14	1,5	450	1034,35	698183,02
15	1,5	450	1077,22	727121,8
15	1,5	450	1077,22	727121,8
15	1,5	450	1077,22	727121,8
18	1,5	450	1047,74	707224,64
18	1,5	450	1047,74	707224,64
18	1,5	450	1047,74	707224,64
21	1,5	450	1018,26	687327,48
21	1,5	450	1018,26	687327,48
21	1,5	450	1018,26	687327,48
24	1,5	450	988,79	667430,32
24	1,5	450	988,79	667430,32
24	1,5	450	988,79	667430,32
27	1,5	450	959,31	647533,16
27	1,5	450	959,31	647533,16
27	1,5	450	959,31	647533,16

7.- CIFRA DE MÉRITO

El coste de construcción viene dado por:

$$CC = CMg + CMo + CVa + CMe + CEq$$

❖ Coste de los equipos y de su montaje

$$\circ CMe + CEq = CEc + CEp + CEr + CHF$$

▪ CHF: coste de la habilitación y fonda, incluido el montaje:

$$\bullet CHF = (chf \cdot nch \cdot NT) + (chfpax \cdot nchpax \cdot NPAX)$$

- chf: coeficiente de coste unitario de la habilitación por tripulante, su valor será 35000 €/tripulante.
- nch: coeficiente de nivel de calidad de la habilitación de la tripulación, su valor será 1.2.
- NT: nº de tripulantes, su valor por RPA es de 50 tripulantes.
- chfpax: coeficiente de coste unitario de la habilitación por pasajero, su valor será de 10000 €/tripulante.
- nchpax: coeficiente de nivel de calidad de la habilitación por pasajero, su valor será de 2.
- NPAX: nº de pasajeros, su valor por RPA es de 950 pasajeros.

	chf (€/tri.)	nch	NT (tri.)	chfpax (€/pas.)	nchpax	NPAX (pas.)	CHF (€)
8	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
8	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
11	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
11	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
14	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
14	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
14	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
15	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
15	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
15	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
18	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
18	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
18	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
21	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
21	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
21	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
24	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
24	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
24	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
27	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
27	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000
27	35000	1,2	50	10000	2	950	21100000

7.- CIFRA DE MÉRITO

El coste de construcción viene dado por:

$$CC = CMg + CMo + CVa + CMe + CEq$$

❖ Coste de los equipos y de su montaje

$$o \quad CMe + CEq = CEc + CEp + CEr + CHf$$

	CEp (€)	CEr (€)	CHf (€)	(CMe + CEq) (€)
8	29644110	746775,352	21100000	51490885,1
8	30048379	746775,352	21100000	51895154,12
11	26387930	717288,293	21100000	48205217,83
11	26749098	717288,293	21100000	48566386,4
14	24834900	698183,022	21100000	46633082,7
14	25175715	698183,022	21100000	46973897,95
14	25515496	698183,022	21100000	47313679,29
15	25377410	727121,797	21100000	47204531,42
15	25600366	727121,797	21100000	47427487,34
15	25820706	727121,797	21100000	47647827,36
18	23792407	707224,638	21100000	45599631,98
18	24004659	707224,638	21100000	45811883,16
18	24214426	707224,638	21100000	46021650,75
21	22376751	687327,478	21100000	44164078,81
21	22579615	687327,478	21100000	44366942,05
21	22780110	687327,478	21100000	44567437,5
24	21102082	667430,319	21100000	42869512,55
24	21296668	667430,319	21100000	43064098,5
24	21488988	667430,319	21100000	43256418,44
27	19945787	647533,159	21100000	41693320,48
27	20133044	647533,159	21100000	41880577,09
27	20318124	647533,159	21100000	42065657,41

7.- CIFRA DE MÉRITO

El coste de construcción viene dado por:

$$CC = CMg + CMo + CVa + CMe + CEq$$

	CMg (€)	CMo (€)	CVa (€)	(CMe + CEq) (€)	CC (€)
8	6086553,4	28512620	0,1*CC	51490885,1	86959655
8	6086553,4	28512620	0,1*CC	51895154,12	87368008
11	5809929,1	27216766	0,1*CC	48205217,83	82052437
11	5809929,1	27216766	0,1*CC	48566386,4	82417254
14	5655179,2	26491836	0,1*CC	46633082,7	79575857
14	5655179,2	26491836	0,1*CC	46973897,95	79920115
14	5655179,2	26491836	0,1*CC	47313679,29	80263328
15	5889579	27589888	0,1*CC	47204531,42	81498989
15	5889579	27589888	0,1*CC	47427487,34	81724197
15	5889579	27589888	0,1*CC	47647827,36	81946762
18	5728414,9	26834911	0,1*CC	45599631,98	78952483
18	5728414,9	26834911	0,1*CC	45811883,16	79166878
18	5728414,9	26834911	0,1*CC	46021650,75	79378764
21	5567250,9	26079934	0,1*CC	44164078,81	76577034
21	5567250,9	26079934	0,1*CC	44366942,05	76781946
21	5567250,9	26079934	0,1*CC	44567437,5	76984467
24	5406086,8	25324957	0,1*CC	42869512,55	74343996
24	5406086,8	25324957	0,1*CC	43064098,5	74540547
24	5406086,8	25324957	0,1*CC	43256418,44	74734810
27	5244922,8	24569979	0,1*CC	41693320,48	72230528
27	5244922,8	24569979	0,1*CC	41880577,09	72419676
27	5244922,8	24569979	0,1*CC	42065657,41	72606626

7.- CIFRA DE MÉRITO

Puesto que la cifra de mérito que ha sido escogida es el coste de construcción, se busca que este sea mínimo. De todas las opciones la que menor coste supone es la Opción N°:27. Las dimensiones finales serán:

Lt	180,28 m.
Lpp	162,72 m.
B	28,2 m.
D	9,53 m.
T	6,09 m.
Cb	0,596
Cm	0,977
Cp	0,61
Δ	17066,36
V	22 nudos
N° pasajeros	950
N° tripulantes	50

8.- ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS:**Cálculo peso en rosca:**

El desglose del peso en rosca se realiza en tres grupos:

❖ Estructura de acero: Se utilizarán dos métodos para su cálculo:

○ 1º Método (A. Osorio):

$$\blacksquare PS = \left(\frac{L_{pp}}{10}\right)^{1.3760} \left(\frac{B D}{100}\right)^{0.7449} (0.0542 - 0.0017 C_b) 1000$$

- PS = 5144.60 ton.
- L_{pp} = 162.72 m.
- B = 28.2 m.
- D = 9.53 m.
- C_b = 0.596

○ 2º Método (J.L: García Garcés):

$$\blacksquare PS = 0.034 L_{pp}^{1.5} B D^{0.5}$$

- PS = 6143.78 ton.
- L_{pp} = 162.72 m.
- B = 28.2 m.
- D = 9.53 m.

○ 3º Método (Watson):

$$\blacksquare PS = C_b^{2/3} L_{pp} \frac{B}{T} D^{0.72} \left(0.002 \left(\frac{L_{pp}}{D}\right)^2 + 1\right)$$

- PS = 4282.39 ton.
- L_{pp} = 162.72 m.
- B = 28.2 m.
- D = 9.53 m.
- T = 6.09 m
- C_b = 0.596

Se tomará el valor medio de los tres valores calculados:

PS = 5190.26 ton.

8.- ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS:

Cálculo peso en rosca:

El desglose del peso en rosca se realiza en tres grupos:

❖ Maquinaria.

○ Peso de los motores principales:

- Los valores más fiables para calcular el peso de los motores principales, es consultando el catalogo del fabricante, de este modo:

- Dos motores 12V51/60 DF:

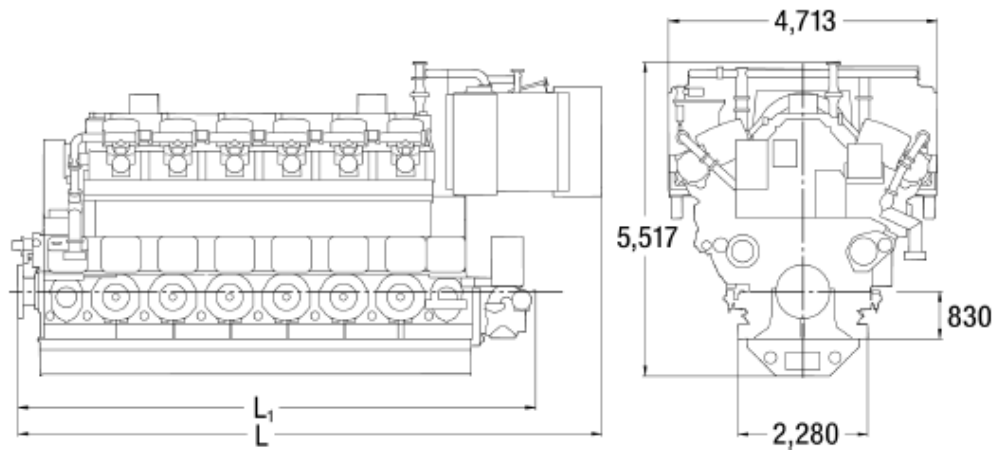


Figure 2-6 Main dimensions and weights – Engine V51/60DF

Engine	L	L ₁	W	H	Weight without fly-wheel
	mm				tons
12V51/60DF	10,254	9,088	4,713	5,517	187
14V51/60DF	11,254	10,088			213
16V51/60DF	12,254	11,088			240
18V51/60DF	13,644	12,088			265

All weights and dimensions are for guidance only and apply to dry engines without flywheel.
 Minimum centreline distance for twin engine installation: V-type engine 4,800 mm.
 More information available upon request.

Table 2-6 Main dimensions and weights – Engine V51/60DF

$$QP = 187 \times 2 = 374 \text{ ton.}$$

8.- ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS:**Cálculo peso en rosca:**

El desglose del peso en rosca se realiza en tres grupos:

❖ Maquinaria.

○ Peso del resto de la maquinaria:

▪ $PQR = 0.59 \text{ BHP}^{0.7} = 843.49 \text{ ton.}$

• $\text{BHP} = 2 \times 12000 \text{KW} \left(\frac{\text{HP}}{0.746 \text{ KW}} \right) = 32171.58 \text{ HP}$

$PQP = 843.49 \text{ ton.}$

8.- ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS:**Cálculo peso en rosca:**

El desglose del peso en rosca se realiza en tres grupos:

❖ **Peso del equipo y habilitación.**

○ $PE = 277 + 0.115 L_{pp} B = 804.70 \text{ ton.}$

- $L_{pp} = 162.72 \text{ m.}$
- $B = 28.2 \text{ m.}$

PE = 804.70 ton.

Resumen peso en rosca:

$$\text{Peso en Rosca} = PS + (QP + PQR) + PE$$

- ❖ $PS = 5190.26 \text{ ton.}$
- ❖ $QP = 374 \text{ ton.}$
- ❖ $PQR = 843.49 \text{ ton.}$
- ❖ $PE = 804.70 \text{ ton.}$

Peso en Rosca = 7212.45 ton.

8.- ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS:

Cálculo peso muerto:

El desglose del peso muerto se realiza en siete grupos:

❖ Peso carga útil:

$$\circ P_{\text{coches}} = 250 \text{ coches} \times 2 \frac{\text{ton.}}{\text{Coche}} = 500 \text{ ton.}$$

❖ Peso tripulación y pasaje:

$$\circ P_{\text{tripulación}} = 50 \text{ tripulantes} \times 200 \frac{\text{kg.}}{\text{tripulante}} = 10 \text{ ton.}$$

$$\circ P_{\text{pasaje}} = 950 \text{ pasajeros} \times 150 \frac{\text{kg.}}{\text{pasajero}} = 142.50 \text{ ton.}$$

❖ Peso combustible:

○ Dos unidades 12V51/60 DF (12000kw – 514rpm).

○ Consumo Combustible al 85%, $183 \frac{\text{gr}}{\text{KW h}}$

○ Autonomía: 2500 millas (a 22 nudos corresponderían a 114 horas)

$$\circ P_{\text{combustible}} = 183 \frac{\text{gr}}{\text{KW h}} \times 12000\text{kw} \times 2\text{ud} \times 114 \text{ horas} = 500.68 \text{ ton.}$$

❖ Peso aceite:

$$\circ P_{\text{aceite}} = 0.05 P_{\text{combustible}} = 25.03 \text{ ton.}$$

❖ Peso combustible auxiliares:

$$\circ P_{\text{auxiliares}} = 0.15 P_{\text{combustible}} = 75.10 \text{ ton.}$$

❖ Peso víveres:

$$\circ P_{\text{víveres}} = 4.75 \text{ días} \times 1000 \text{ personas} \times 30 \frac{\text{kg}}{\text{persona día}} = 142.50 \text{ ton.}$$

8.- ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS:**Cálculo peso muerto:**

El desglose del peso muerto se realiza en siete grupos:

❖ **Peso agua dulce y sanitaria:**

$$\circ P_{\text{agua}} = 1000 \text{ personas} \times 4.75 \text{ días} \times 120 \frac{\text{litros}}{\text{persona día}} = 570.00 \text{ ton.}$$

❖ **Peso lastre:**

○ Se supondrá un valor de:

$$\blacksquare P_{\text{lastre}} = 3753.24 \text{ ton.}$$

❖ **Peso elementos de estiva:**

○ Se supondrá un valor de:

$$\blacksquare P_{\text{elementos de estiba}} = 200 \text{ ton}$$

Resumen peso muerto:

Sumando todos los pesos expuestos anteriormente se obtiene un peso muerto de:

Peso Muerto = 5919.05 ton.

8.- ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS:

Cálculo del desplazamiento:

❖ Desplazamiento:

○ $\Delta = \text{Peso en Rosca} + \text{Peso Muerto} = 13131.50 \text{ ton.}$

- Peso en Rosca = 7212.45 ton.
- Peso Muerto = 5919.05 ton.

❖ Desplazamiento calculado en la página: 31:

○ $\Delta_{27} = 1.025 C_{b27} L_{pp} B T = 17066.36 \text{ ton.}$

- ❖ Comparando ambos desplazamientos, da lugar, a que a la hora de construcción como de la capacidad de carga, se tendrá en cuenta un margen, sin olvidar que los cálculos hechos son todos estimados.

8.- NAVCAD:**Datos calculados anteriormente:**

Lt	180,28 m.
Lpp	162,72 m.
B	28,2 m.
D	9,53 m.
T	6,09 m.
Cb	0,596
Cm	0,977
Cp	0,61
Δ	17066,36
V	22 nudos
N° pasajeros	950
N° tripulantes	50

Datos necesarios a mayores de los calculados anteriormente:

❖ Eslora de flotación:

$$\circ L_{WL} = 1.01 L_{pp} = 164.35 \text{ m.}$$

❖ Desplazamiento en la flotación:

$$\circ \Delta_{WL} = C_{WP} L_{WL} B T 1.025 = 21148.39 \text{ ton.}$$

$$\blacksquare C_{WP} = \frac{1+2 C_b}{3} = 0.731$$

❖ Área del bulbo y altura del bulbo:

$$\circ A_{bulbo} = 0.08 C_m B T = 13.42 \text{ m}^2.$$

$$\circ H_{bulbo} = \frac{T}{3} = 2.03 \text{ m.}$$

❖ Diámetro del propulsor:

$$\circ D_{propulsor} = 0.8 T = 4.87 \text{ m.}$$

❖ Altura sobre la quilla:

$$\circ H_{LB} = \frac{D_{propulsor}}{2} + 0.02 = 2.46 \text{ m.}$$

8.- NAVCAD:

Entradas Navcad:

Project		
Project ID:	RO - RO 1000 PAX.	
Description:	RO - RO 1000 PAX.	
Summary		
Scope:	ITTC-78 (CT)	
Configuration:	Monohull	
Chine type:	Round/multiple	
Length on WL:	164,350	m
Displacement:	17066,36	t
Propulsor type:	Propeller	
Count:	2	
Water properties		
Water type:	Salt	
Density:	1026,00	kg/m3
Viscosity:	1,18920e-6	m2/s
Speeds		
Speed [01]	2,00	kt
Speed [02]	6,00	kt
Speed [03]	10,00	kt
Speed [04]	14,00	kt
Speed [05]	18,00	kt
Speed [06]	22,00	kt
Speed [07]		kt
Speed [08]		kt
Speed [09]		kt
Speed [10]		kt
Design condition		
Design speed:	22,00	kt

Project		
Project ID:	RO - RO 1000 PAX.	
Description:	RO - RO 1000 PAX.	
Summary		
Scope:	ITTC-78 (CT)	
Configuration:	Monohull	
Chine type:	Round/multiple	
Length on WL:	164,350	m
Displacement:	6,438	[CVOL]
Propulsor type:	Propeller	
Count:	2	
Water properties		
Water type:	Salt	
Density:	1026,00	kg/m3
Viscosity:	1,18920e-6	m2/s
Speeds		
	(FNL: 164,350 m)	
FNL [01]	0,025629	
FNL [02]	0,076886	
FNL [03]	0,128143	
FNL [04]	0,179400	
FNL [05]	0,230657	
FNL [06]	0,281914	
FNL [07]	0,000000	
FNL [08]	0,000000	
FNL [09]	0,000000	
FNL [10]	0,000000	
Design condition		
Design speed:	22,00	kt

8.- NAVCAD:

Entradas Navcad:

Hull		
Configuration:	Monohull	
Chine type:	Round/multiple	
General		
Length on WL:	164,350	m
Max beam on WL:	28,200	m
Max molded draft:	6,090	m
Displacement:	17066,36	t
Wetted surface:	3732,2	m ²
Demi-hull spacing:		m
ITTC-78 (CT)		
LCB fwd TR:	72,314	m
LCF fwd TR:	92,036	m
Max section area:	164,4	m ²
Waterplane area:	3288,0	m ²
Bulb section area:	13,4	m ²
Bulb ctr below WL:	4,200	m
Bulb nose fwd TR:	169,350	m
Transom area:	0,0	m ²
Transom beam WL:	0,000	m
Transom immersion:	0,000	m
Half entrance angle:	16,00	deg
Bow shape factor:	1,0	[WL flow]
Stern shape factor:	-2,0	[EX flat]
Planing		
Proj chine length:		m
Proj bottom area:		m ²
LCG fwd TR:		m
VCG below WL:		m
Aft station (fwd TR):		m
Deadrise:		deg
Chine beam:		m

Hull		
Configuration:	Monohull	
Chine type:	Round/multiple	
General		
Length on WL:	164,350	m
Max beam on WL:	5,828	[LWL/BWL]
Max molded draft:	4,631	[BWL/T]
Displacement:	0,589	[CB]
Wetted surface:	5,728	[CWS]
Demi-hull spacing:		[S/LWL]
ITTC-78 (CT)		
LCB fwd TR:	0,440	[XCB/LWL]
LCF fwd TR:	0,560	[XCF/LWL]
Max section area:	0,957	[CX]
Waterplane area:	0,709	[CWP]
Bulb section area:	0,082	[ABT/AX]
Bulb ctr below WL:	4,200	m
Bulb nose fwd TR:	169,350	m
Transom area:	0,000	[ATR/AX]
Transom beam WL:	0,000	m
Transom immersion:	0,000	m
Half entrance angle:	16,00	deg
Bow shape factor:	1,0	[WL flow]
Stern shape factor:	-2,0	[EX flat]
Planing		
Proj chine length:		m
Proj bottom area:		m ²
LCG fwd TR:		[XCG/LP]
VCG below WL:		m
Aft station (fwd TR):		m
Deadrise:		deg
Chine beam:		m

8.- NAVCAD:

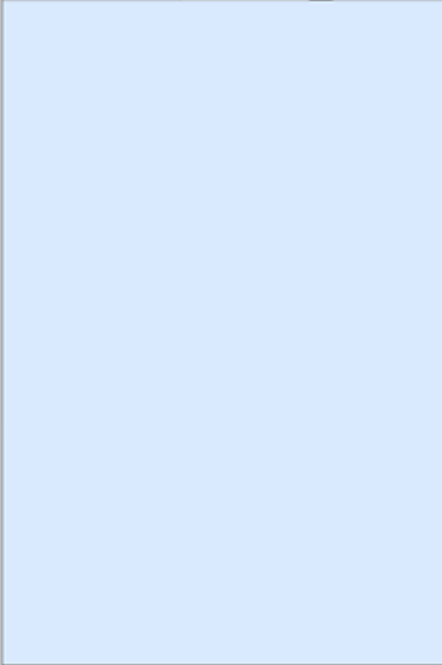
Entradas Navcad:

Appendage		
Definition:	Percentage	
Percent of hull drag:	5,00	%
Planing influence		
LCE fwd TR:		m
VCE below WL:		m
Shafting		
Count:		
Max prop diameter:		mm
Shaft angle to WL:		deg
Exposed shaft length:		m
Shaft diameter:		m
Wetted surface:		m ²
Strut bossing length:		m
Bossing diameter:		m
Wetted surface:		m ²
Hull bossing length:		m
Bossing diameter:		m
Wetted surface:		m ²
Strut (per shaft line)		
Count:		
Root chord:		m
Tip chord:		m
Span:		m
T/C ratio:		
Projected area:		m ²
Wetted surface:		m ²
Exposed palm depth:		m
Exposed palm width:		m
Rudder		
Count:		
Rudder location:		

Wind		
Wind speed:	0,00	kt
Angle off bow:	0,00	deg
Gradient correction:	Off	
Exposed hull		
Transverse area:	0,0	m ²
VCE above WL:	0,000	m
Profile area:	0,0	m ²
Superstructure		
Superstructure shape:	Ferry/Liner	
Transverse area:	0,0	m ²
VCE above WL:	0,000	m
Profile area:	0,0	m ²
Seas		
Significant wave ht:	0,000	m
Modal wave period:	0,0	sec
Shallow/channel		
Water depth:	0,000	m
Type:	Shallow water	
Channel width:		m
Channel side slope:		deg
Hull girth:		m

8.- NAVCAD:**Entradas Navcad:**

Margin		
Design margin:	<input type="text" value="10"/>	%
Basis:	Hull + added dr... ▼	



8.- NAVCAD:

Entradas Navcad:

Vessel drag	Calc	ITTC-78 (CT)
Technique:		Prediction
Prediction:		Holtrop
Reference ship:		
Model LWL:	[m]	
Viscous		
Expansion:		Standard
Friction line:		ITTC-57
Hull form factor:	On	1,137
Speed corr:	Off	
Spray drag corr:	Off	
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)
Roughness [mm]:	Off	
Catamaran		
Interference:	Off	
Added drag		
Appendage:	Calc	Percentage
Wind:	Off	
Seas:	Off	
Shallow/channel:	Off	
Margin:	Calc	Hull + added drag [10...

Type	Task
<input type="checkbox"/>	Right-click to add a task...

Hull-propulsor	Calc	
Technique:		Prediction
Prediction:		Holtrop
Reference ship:		
Max prop diam:	[mm]	5000,0
Corrections		
Viscous scale corr:	On	Standard
Rudder location:		Behind propeller
Friction line:		ITTC-57
Hull form factor:		1,137
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)
Roughness [mm]:	Off	
Ducted prop corr:	Off	
Tunnel stern corr:	Off	
Effective diam:	[m]	
Recess depth:	[m]	
System analysis		
Cavitation criteria:		Keller eqn
Analysis type:		Free run
CPP method:		Fixed RPM
Engine RPM:		
Mass multiplien:		
RPM constraint:		
Limit [RPM/s]:		

Type	Task
<input type="checkbox"/>	Right-click to add a task...

8.- NAVCAD:

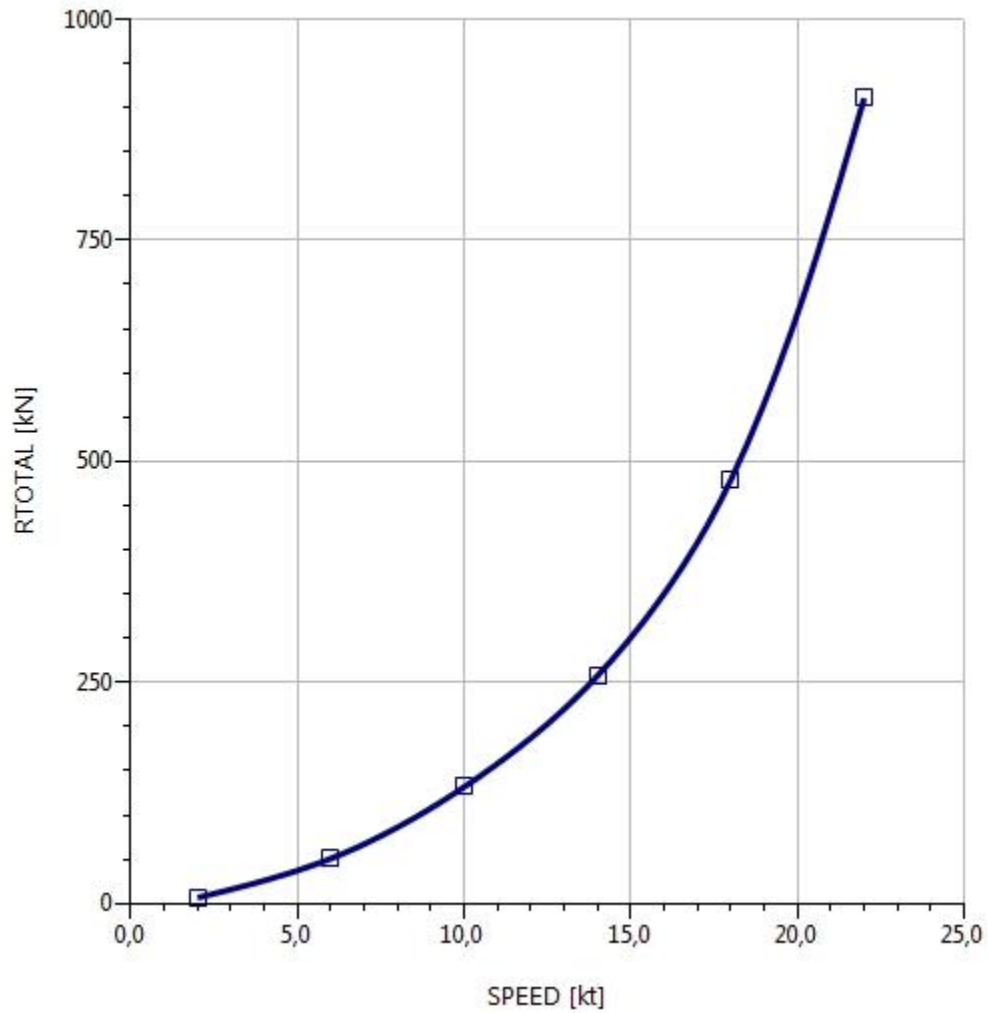
Entradas Navcad:

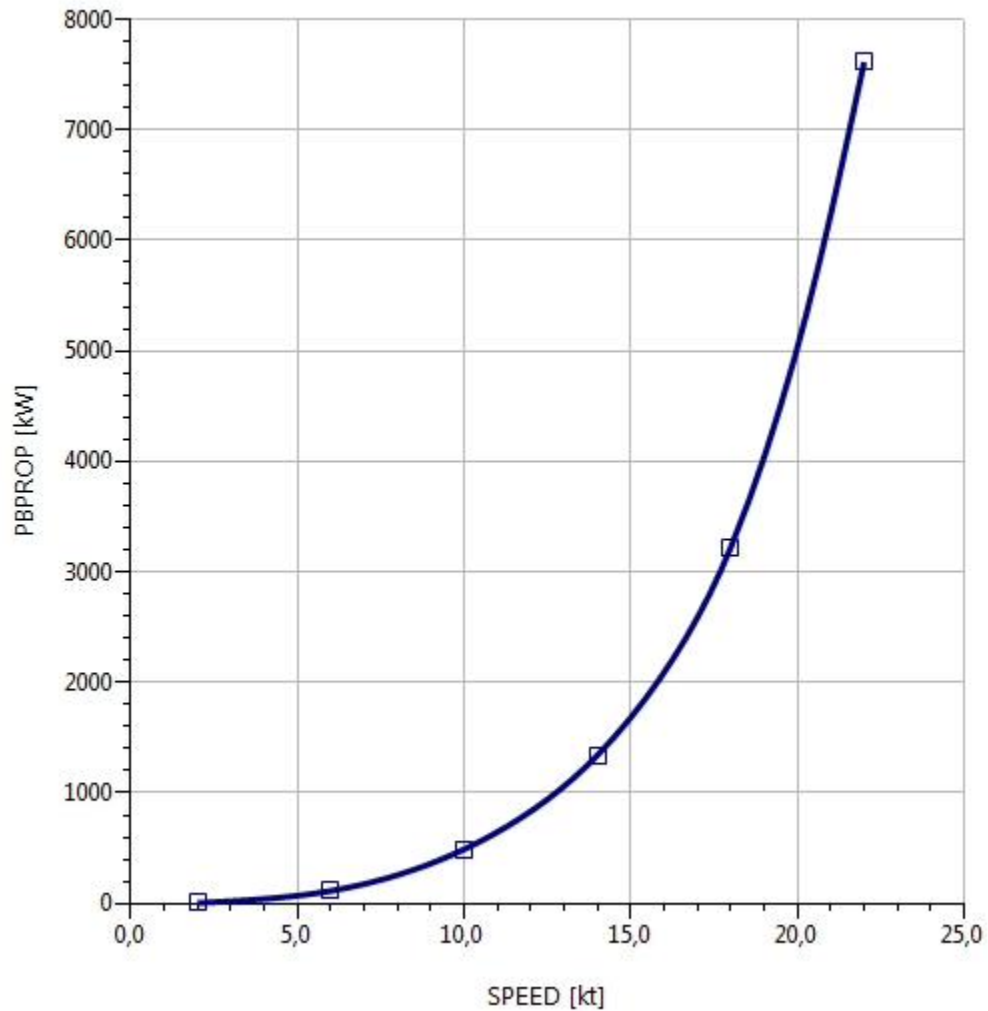
Propeller sizing

To size			
Gear ratio:	Size	3,387	
Expanded area ratio:	Size	0,586	
Propeller diameter:	Size	5000,0	mm
Propeller mean pitch:	Size	5370,1	mm
Design condition			
Max prop diam:		5000,0	mm
Design speed:		22,00	kt
Reference thrust:		699,68	kN
Design point:		1,000	-
Reference RPM:		514,0	-
Design point:		1,000	-

Size Save report OK Cancel Help

Propulsor			
Count:	2		
Propulsor type:	Propeller series		
Propeller type:	FPP		
Propeller series:	B Series		
Propeller sizing:	By thrust		
Reference prop:			
Blade count:	4		
Expanded area ratio:	0,5856		
Propeller diameter:	5000,0		mm
Propeller mean pitch:	5370,1		mm
Hub immersion:	3000,0		mm
Engine/gear			
Engine data:	None defined		
Rated RPM:			RPM
Rated power:			kW
Gear efficiency:	1,00		-
Gear ratio:	3,387		
Shaft efficiency:	0,97		-
Propeller options			
Oblique angle corr:	Off		
Shaft angle to WL:	0,00		deg
Added rise of run:	0,00		deg
Propeller cup:	0,0		mm
KTKQ corrections:	Standard		
Scale correction:	Full ITTC		
KT multiplier:	1,00		
KQ multiplier:	1,00		
Blade T/C [0.7R]:	Standard		
Roughness:	Standard		mm
Cav breakdown:	Off		
Nozzle I/D:	Standard		

8.- NAVCAD:**Salidas Navcad:**

8.- NAVCAD:**Salidas Navcad:**

ANEXO



PRIDE OF ROTTERDAM: world's largest ro-pax ferry

Shipbuilder..... Fincantieri SpA
(Marghera Shipyard), Italy
Vessel's name:..... *Pride of Rotterdam*
Hull number:..... 6065
Owner/operator:..... P & O North Sea Ferries,
The Netherlands
Designer:..... Fincantieri SpA, Italy
Flag:..... The Netherlands
Total number of sister
ships already completed:..... Nil
Total number of sister
ships still on order:..... 1

IN ship terms, the qualification 'largest' can be applied to many attributes, but for *Pride of Rotterdam* it refers to gross tonnage: with a mere 13tons sufficient to place her above *Silva Europa* at the top of the world ferry league table. The vessel has been designed to operate (with newbuilding sister *Pride of Hull*) on P&O's Europort/Hull route, making use of a new terminal at the UK port which provides completely separated freight-vehicle and private car on-board access. The latter enter deck No 7 through P&S side doors amidships, over a ramp from a waiting area on top of the terminal building. Lorries, trailers, and double-stack Mafi trailers are loaded conventionally using a stern door/ramp at main deck (No 3) level, or over a shore ramp to the upper deck (No 5).

Four decks (Nos 1, 3, 5 and 7) are available for vehicles, with the lower three providing 3355lane metres for freight, and No 7 offering 3000m² area for storage of up to 250 cars. Two hoistable ramps join main and upper decks (3 and 5), with two similar ramps for cars only linking decks 5 and 7, and a fixed ramp with cover connecting the main deck and lower garage (tank top). Minimum free heights are: 5.0m (deck No 1); 7.0m (No 3); 4.80m (No 5); and 2.70m (No 7). Mechanical ventilation in the cargo spaces gives 10 air changes hourly at sea, and 30/hour in port; and 60 reefer plugs are available.

Four passengers enter through a port side shell door at No 8 deck where they are joined at the reception by drivers using lifts and stairs from the vehicle decks below. Deck 8 also provides passenger cabins, the show lounge, casino, and buffet restaurant. Drivers' cabins are on deck 7, with a private lounge and restaurant on deck 9 adjoining various passenger lounges, two cinemas, bars, and an à la carte restaurant. Deck 10 is given over to passenger cabins with crew accommodation on deck 11, and a streamlined sky-lounge with breakfast buffet and bar is situated on deck 12. There are 487 two/four-bed cabins, including ordinary rooms, suites, and deluxe units, serving 1244 passengers; additionally, there are six cabins for 24 disabled travellers and 53 two/four-bed rooms for 92 drivers. Crew complement is 141. Two marine evacuation systems each side, also four lifeboats and two rescue craft are provided.

The four Wärtsilä 9L46C main engines each develop 9450kW at 500rev/min and drive a pair of CP propellers through two twin-input/single-output gearboxes, which reduce engine speed to 153rev/min.

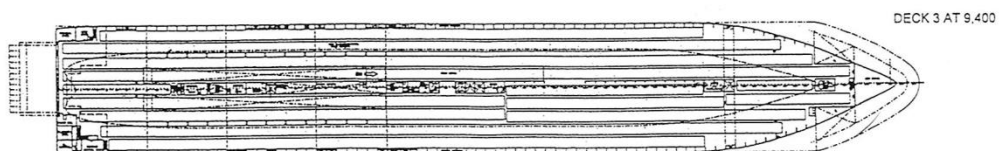
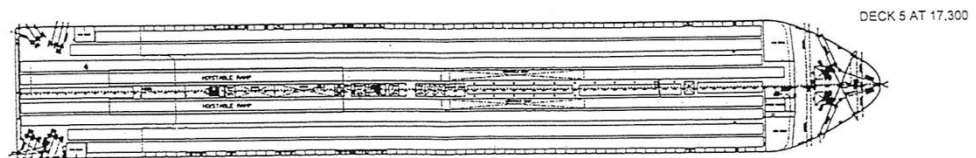
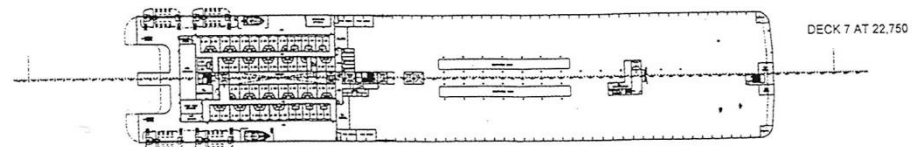
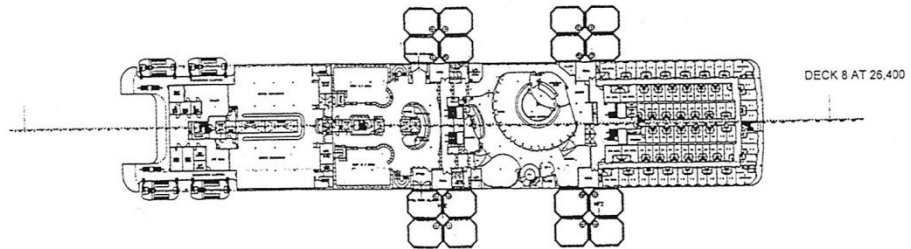
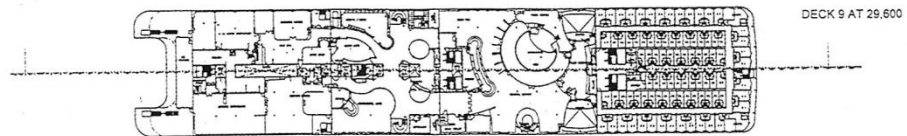
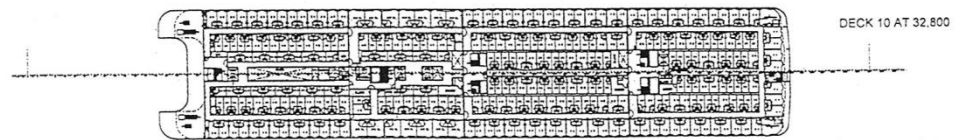
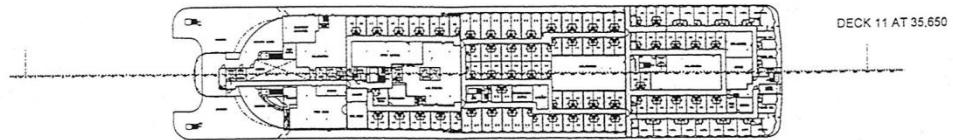
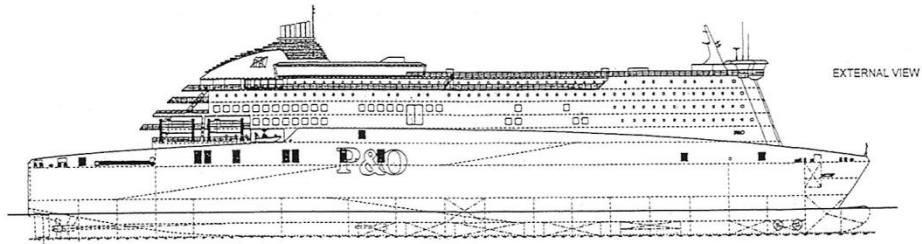
Two ABB alternators take power from the gearboxes and each supply 5000kVA to the electrical system, supplemented by the output from two Wärtsilä/ABB 4875kVA diesel-driven sets. Heating is by means of a thermal oil system using an oil-fired boiler. For manoeuvring purposes, two Fincantieri 2000kW bow thrusters, and two high-lift rudders are fitted. A Fincantieri active fin stabiliser system and anti-heeling tanks are also provided.

PRINCIPAL PARTICULARS

Length, oa..... 215.00m
Length, bp..... 203.70m
Breadth, moulded..... 31.50m
Depth, moulded
to main deck (No 3)..... 9.40m
to upper deck (No 5)..... 17.30m
Gross..... 59,925gt
Deadweight
design..... 9268dwt
scantling..... 10,705dwt
Draught
design..... 6.05m
scantling..... 6.30m
Speed, service..... 22knots
Bunkers
heavy oil..... 1102m³
diesel oil..... 182m³
Water ballast..... 3907m³
Classification..... Lloyd's Register of Shipping +100A1
Ro-Ro Cargo and Passenger Ship,
+LMC, UMS, SCM
Percentage of high-tensile used in construction..... 57%
Heel control equipment..... Reversible pumps
Roll stabilisation equipment..... Fincantieri SRA4-135 fins
Main engines
Design..... Wärtsilä
Model..... 9L46C
Manufacturer..... Wärtsilä
Number..... 4
Output..... 4 x 9450kW/500rev/min
Gearboxes
Make..... Schelde
Number..... 2
Model..... DH 2600
Output speed..... 153rev/min
Propellers
Material..... Copper-nickel-aluminium
Manufacturer..... Lips BV
Number..... 2
Pitch..... Controllable
Diameter..... 4900mm
Speed..... 153rev/min
Main engine-driven alternators
Number..... 2
Make..... ABB
Output..... 2 x 5000kVA/1800rev/min
Diesel-driven alternators
Number..... 2
Engine make/type..... Wärtsilä/9L32
2 x 4050kW/720rev/min
Alternator make..... ABB
Output..... 2 x 4875kVA/720rev/min

Boiler
Type..... Oil fired: thermal oil
Make..... Aalborg
Output..... 1 x 5000kW
Mooring equipment
Number..... 2 x mooring winch/windlass;
6 x mooring winch
Manufacturer..... Rolls-Royce
Type..... Electric
Doors/ramps
Number..... 1 x stern ramp/door; 4 hoistable
ramps; 1 ramp cover; 4 side doors
Designer..... Hamworthy KSE
Passengers
Total..... 1360
Number of cabins..... 546
Complement
Officers..... 19
Crew..... 122
Vehicles
Number of decks..... 4
Total lane length (decks 1,3,5)..... 3355m
Deck area for cars (deck 7)..... 3000m²
Number of cars..... 250
Special rudders..... 2 x high-lift
Bow thrusters
Make..... Fincantieri
Number..... 2
Output..... 2 x 2000kW/1200rev/min
Bridge control system
Supplier..... SAM electronics
One man operation..... No
Fire detection systems
Make..... Salwico
Type..... CS3000
Fire extinguishing systems
Engine room..... CO₂ and Hi-fog
Make..... Unitor/Marioff
Vehicle spaces..... Drencher
Make..... Minimax
Cabins/public spaces..... Sprinkler
Make..... Minimax
Radars
Number..... 4
Supplier..... SAM Electronics
Models..... Multipilot Atlas 9106 X-band 25kW,
S-band 30kW
Satellite navigation systems
Make..... Debeg
Model..... DGPS Navigator 4400B
Other navigation systems
Supplier..... SAM Electronics
Models..... Trackpilot Atlas 9401 SPEI;
Conningpilot Atlas 9300CT-C;
Chartpilot Atlas 9300DP
Waste disposal plant
Waste compactor..... Usion Marine
Waste shredder/crusher..... Usion Marine
Sewage plant..... ISIR Bioepuro 500
Contract date..... January 1999
Launch/floatout date..... September 2000
Delivery date..... April 2001

PRIDE OF ROTTERDAM





STAR: new-concept ferry for Estonia to Finland route

Shipbuilder:Aker Yards Oy (Helsinki yard),
Finland
Vessel's name:Star
Hull number:1356
IMO number:9364722
Owner/operator:Tallink Group, Estonia
Designer:Aker Yards Oy, Finland
Flag:Estonia
Total number of sister
ships already completed:Nil
Total number of sister
ships still on order:1 option

ESTONIAN ferry group Tallink's recent acquisition of a number of its competitors trading in the Gulf of Finland and Baltic Sea areas, has made this, still comparatively young, company, the largest operator in the region, with its rapid expansion marked by a continuing newbuilding programme of ro-pax and cruise ferries, designed for service on routes linking Estonia with Finland and Sweden; Sweden with Latvia and Finland, and Finland with Germany. The first newbuilding was *Romanika*, presented in *Significant Ships of 2002*.

Latest entry into the fleet, *Star*, introduces a new dimension into these operations by providing a high-speed 'shuttle' connection between the Finnish and Estonian capitals, Helsinki and Tallinn, which completes the 80km journey in only two hours, giving rise to the claim that she is 'the fastest conventional ferry yet built for operation over such a short distance'. An important feature of the specification is the inclusion of Finnish Ice Class 1A requirements, which means that the vessel will be able to operate this unique service all year round.

Star will make three departures daily from each of the two termini, travelling at a service speed of 27knots, derived from a conventional machinery installation based on four MaK 12M43C main engines manufactured by Caterpillar Motoren, Rostock. Each develops 12,000kW at 514rev/min, and they are connected in pairs, through a twin input/single output gearbox, to a Wärtsilä CP propeller running at 144.3rev/min.

Wärtsilä also supplied three thrusters: two with an output of 1500kW installed at the bow; and one of 1000kW positioned aft. A further aid to manoeuvring comes from two Becker hinged-flap rudders, whilst passenger comfort on the relatively short journey is assisted by fitting a set of Blohm +Voss Industries retractable fin stabilisers. Electrical services are supplied from three 1688kVA Wärtsilä/A van Kaick diesel-alternator sets.

Although specifically intended for operation on a daytime, short sea shuttle run, *Star* is fully equipped to offer an alternative service of short, overnight cruises out of Tallinn if required, and for this purpose 64 x 4-berth outside, and 65 x 4-berth inside cabins, plus

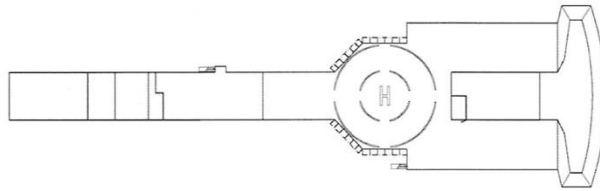
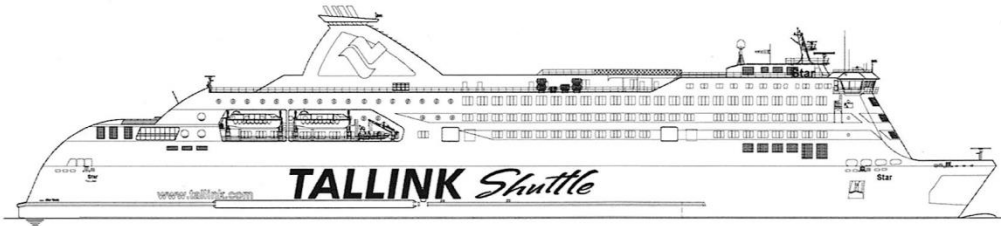
two x 2-berth handicapped-traveller cabins have been provided as modular units, complete with en-suite facilities, by subcontractors Kaefer and Parmarine. In all, 1900 passengers and 100 crew can be carried, making use of a pizzeria, three restaurants, pub, business lounge, observation lounge, perfume shop and a 1500m² market area, on decks 7, 8, and 9 of the 11-deck hull whilst onboard. Four 150 person lifeboats and four MES chutes cover lifesaving requirements.

Star also provides fast transit for motor vehicles, carried on the main and upper decks, with access from shore over a 18m x 4.7m bow ramp, and a 11m x 18m stern ramp, both supplied by TTS. A 49m x 6m hoistable internal ramp allows movement between the decks. With over 2000 lane metres of vehicle deck space available, up to 120 trucks or freight units, or 450 private cars can be loaded.

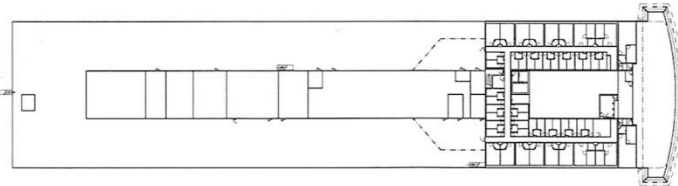
TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa186.00m
Length, bp170.00m
Breadth, moulded27.70m
Depth, moulded
to main deck (No 3)9.50m
to upper deck (No 5)20.90m
Draught
design6.50m
scantling6.75m
Gross36,250gt
Deadweight, design4700dwt
Speed, service27knots
Bunkers
heavy oil975m³
diesel oil170m³
Water ballast3250m³
Fuel consumption, main engines only195tonnes/day
ClassificationBureau Veritas 1 + Hull Ro-Po, Passenger Ship, + MACH, AUT, UMS, SYS-NEC-1, Finnish Ice Class 1A
Percentage of high-tensile steel used in construction28%
Roll stabilisation equipmentBlohm + Voss Industries fins
Main engines
DesignMaK
Model12M43C
Number4
ManufacturerCaterpillar Motoren
Type of fuel usedHFO and MDO
Output4 x 12,000kW/514rev/min
Gearboxes
MakeFender
ModelGVLO 1300
Number2 x twin input/single output
Output speed144.3rev/min
Propellers
MaterialStainless steel
Designer/manufacturerWärtsilä
Number2

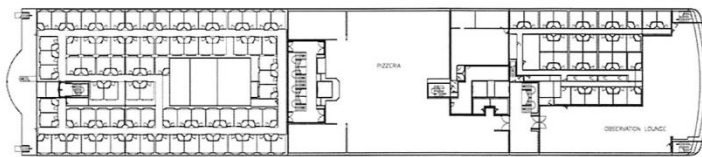
PitchControllable
Diameter5300mm
Speed144.3rev/min
Diesel-driven alternators
Number3
Engine make/typeWärtsilä 6L20
Type of fuel usedHFO and MDO
Output/speed3 x 1420kW/1000rev/min
Alternator make/typeA van Kaick DSG 59 K1-6W
Output/speed3 x 1688kVA/1000rev/min
Boilers
Number2
TypeCHB 5000
MakeAalborg Industries
Output2 x 5000kg/h
Vehicles
Number of vehicle decks2
Total lane length2010m
Total cars450
Total freight units120
Doors/ramps
Number/type1 x stern/1 x bow door ramp, 1 x internal ramp
DesignerTTS Ships Equipment
Complement
Officers17
Crew83
Passengers
Total1900
Accommodated in cabins520
Number of cabins131
Bow thrusters
MakeWärtsilä
Number/type2 x CT 225
Output2 x 1500kW
Stern thruster
MakeWärtsilä
Number/type1 x CT 200
Output1000kW
Bridge control system
MakeKelvin Hughes
TypeManta
One man operationNo
Fire detection systemConsilium
Fire extinguishing systems
Vehicle spacesNovenco drencher
AccommodationNovenco sprinkler
Engine roomMinimax CO₂
Raders3 x Kelvin Hughes Manta
Integrated bridge systemKelvin Hughes Manta
Waste disposal plant
Waste compactors2 x Kapasity 103
Sewage plan1 x Evac Bio Unit MSP VIII
Contract date1 August 2005
Launch/float-out date23 November 2006
Delivery date10 April 2007



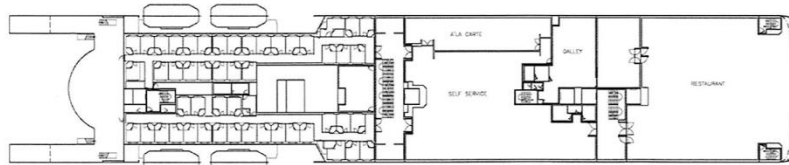
DECK 11



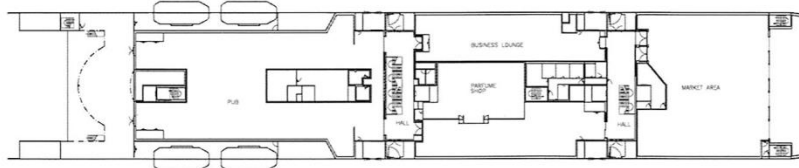
DECK 10



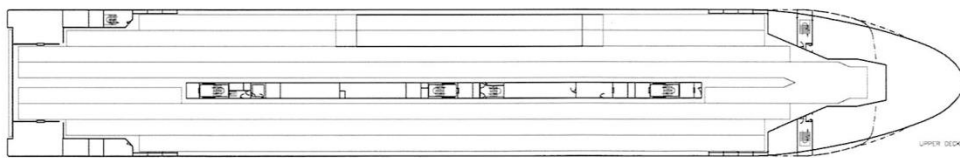
DECK 9



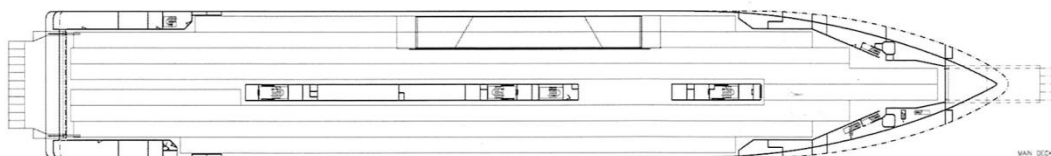
DECK 8



DECK 7



UPPER DECK (01)



MAIN DECK (02)



ARMORIQUE: new ro-pax ferry for Plymouth-Roscoff route

Shipbuilder: **Aker Yards (Helsinki yard), Finland**
 Vessel's name: **Armorique**
 Hull number: **1362**
 IMO number: **9364980**
 Owner/operator: **Brittany Ferries, France**
 Designer: **AIA Architects, France**
 Model test establishment used: **Force Technology, Denmark**
 Flag: **France**
 Total number of sister ships already completed: **Nil**
 Total number of sister ships still on order: **Nil**

ORIGINALLY ordered from Aker Yards (today STX Europe) as a freight-ferry sister to *Cotentin* (Significant Ships of 2007), *Armorique* resulted from a contract quickly changed to create a full ro-pax design for Brittany Ferries to satisfy the company's more urgent requirement for a vessel to operate on its Plymouth-Roscoff service. The conversion was facilitated by retaining the basis hull of *Cotentin*, but modifying and restyling the spaces above deck 5.

A new profile is now presented, with decks 7 to 10 extended right aft, to provide accommodation for 1500 passengers, 780 of whom can be carried as 'overnight' travellers using 248 cabins, including some suites. Once onboard, passengers have the use of a cinema, and a variety of bars, lounges and restaurants, with dedicated areas arranged for teenagers. A large shopping area is also provided and reclining seats are available for day passengers.

Vehicles are carried on three fixed decks offering a total of 1100 lane metres, equating to a total of 500 cars or some 60 trucks and, with a fast turnaround in port a requirement, two-level access is provided at both bow and stern. MacGregor supplied the access equipment, which includes a bow door and door ramp, a stern door/ramp, a ramp cover for the lower hold fixed ramp and a tilting ramp between decks 3 and 5.

The machinery installation follows closely that of *Cotentin* and uses the same MaK 12VM43C main engines, manufactured by Caterpillar Motoren GmbH, the organisation now controlling MaK, following its acquisition by the Caterpillar Group. The two engines fitted in the three-quarter aft machinery space each develop 12,000kW, and are coupled to twin CP propellers through Flender gearboxes which reduce engine speed to 153rev/min. When running at 85% MCR, a service speed of 23knots is attained.

Alternator capacity has been increased above that for *Cotentin* and consists of a Leroy Somer 2800kW alternator driven from a PTO on each gearbox, and three Wärtsilä/A van Kaick 1152kW diesel-driven sets. Environmental issues have been paramount in the

development of the design of both *Cotentin* and *Armorique*, with particular attention paid to CO₂ emissions.

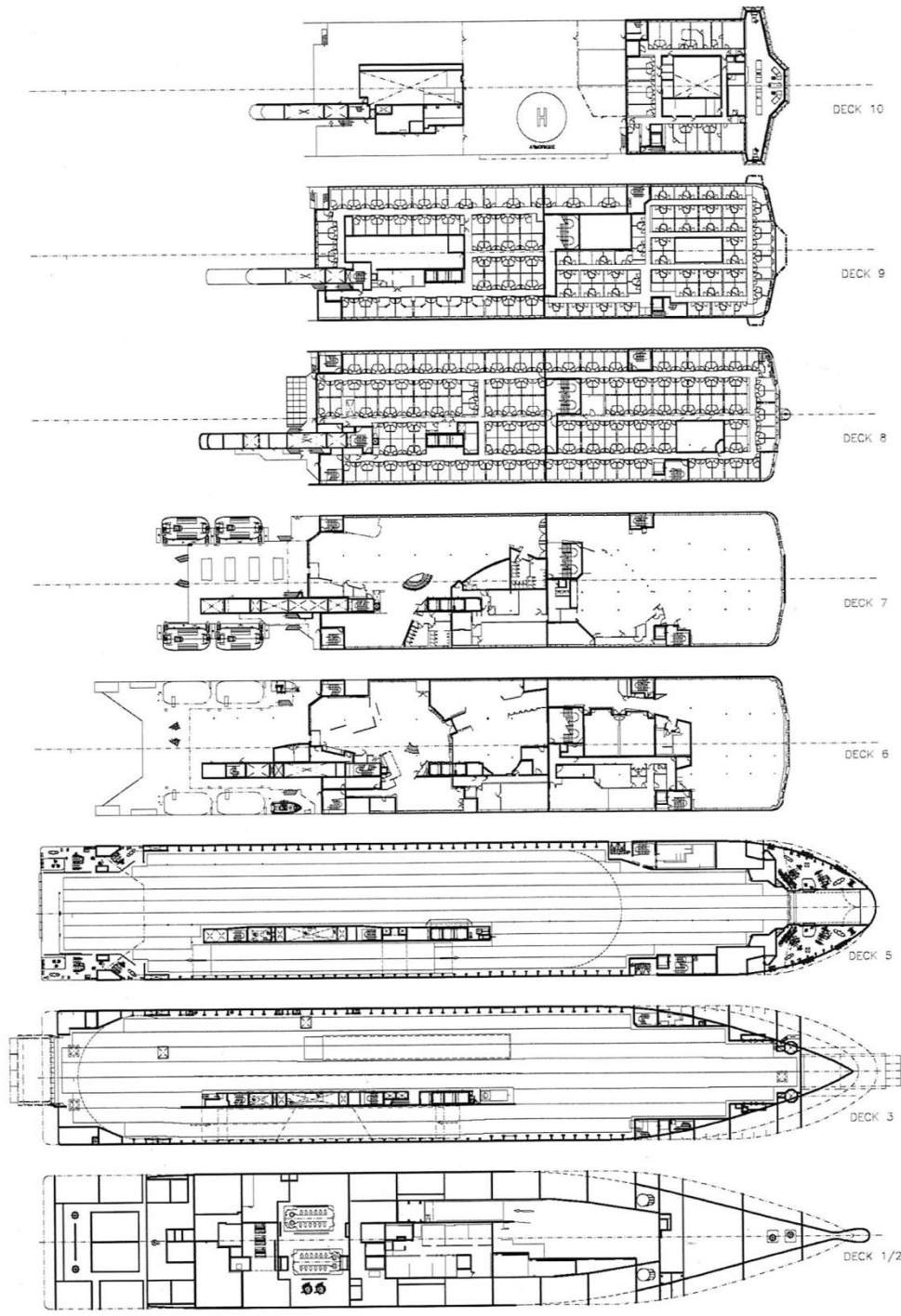
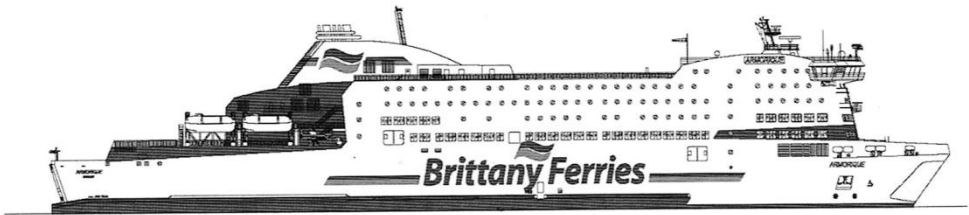
Two bow thrusters and one stern unit, supplied by Wärtsilä Lips, are installed, the former producing 1200kW each, and the stern unit 900kW. Passenger comfort is a particular consideration, and a pair of fin stabilisers is fitted; heeling tanks are also included for stability control during cargo handling. Lifesaving equipment supplied includes four RDF MES installations with vertical chutes: two arranged for 430 persons each and two of 321 person capacity. Four 150 person Umoe Schat-Harding lifeboats are also carried.

TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa 168.00m
 Length, bp 155.00m
 Breadth, moulded 26.80m
 Depth, moulded
 to main deck 9.30m
 to upper deck 10.30m
 Draught
 design 6.30m
 scantling 8.50m
 Gross approx 28,500gt
 Deadweight, design 4200dwt
 Speed, service, 85% MCR 23knots
 Bunkers
 heavy oil 790m³
 diesel oil 170m³
 Water ballast 2060m³
 Fuel consumption
 main engines only 110tonnes/day
 auxiliaries 9tonnes/day
 Classification Bureau Veritas I, +Hull, Ro-Ro Passenger Ship, Unrestricted Navigation, +MACH, +AUT-IMS, +AUT-PORT, SYSNEQ-1, MON-SHAFT
 Heel control equipment Two pairs of heeling tanks
 Roll-stabilisation equipment Two pairs of Fin stabilisers
 Main engines
 Design MaK
 Model 12VM43C
 Manufacturer Caterpillar Motoren GmbH
 Number 2
 Type of fuel HFO
 Output 2 x 12,000kW
 Gearboxes
 Make Flender
 Model Navillus GHCK
 Number 2
 Output speed 153rev/min
 Propellers
 Material CuNiAl
 Designer/manufacturer Wärtsilä
 Number 2
 Pitch Controllable
 Diameter 4800mm
 Speed 153rev/min
 Main-engine driven alternators
 Number 2
 Make Leroy Somer
 Output/speed 2 x 2800kW/1500rev/min

Diesel-driven alternators
 Number 3
 Engine make/type Wärtsilä/6L20C
 Type of fuel HFO
 Output/speed 3 x 1200kW/1000rev/min
 Alternator make/type A van Kaick/DSG 86/L1-6W
 Output/speed 3 x 1152kW/1000rev/min
 Boilers
 Number/type 2 x convection tube
 Make Aalborg
 Output 2 x 3100kg/h
 Mooring equipment
 Number of units 8
 Make Rolls-Royce
 Type Electro-hydraulic
 Lifesaving equipment
 MES stations RFD: 2 x 430person; 2 x 321person
 vertical chutes
 Lifeboats Umoe Schat-Harding: 4 x 150 person
 Vehicles
 Number of vehicle decks 3 x fixed
 Total lane length 1100m
 Total cars 500
 Total freight vehicles 60
 Access equipment
 Designer MacGregor
 Number/type 1 x bow door:
 1 x bow ramp; 1 x stern door/ramp;
 1 x cover for lower hold fixed
 ramp; 1 x tiltable ramp
 Complement
 Officers 24
 Crew 82
 Passengers 1500
 Total number of cabins 248
 Bow thrusters
 Make Wärtsilä Lips
 Number 2
 Output 2 x 1200kW
 Stern thruster
 Make Wärtsilä Lips
 Number 1
 Output 900kW
 Bridge control system
 Make Sperry
 One man operation Yes
 Fire detection system
 Make/type Autronica/BS-320
 Fire extinguishing systems Novenco
 Radars
 Number 3
 Make Sperry Marine
 Models BridgeMaster
 Integrated bridge system Sperry Marine
 Waste disposal plant
 Cardboard compactor Usion
 Waste shredder Usion dry water chute
 Glass chute with crusher Usion
 Sewage treatment system Evac MPS 800
 Contract date 19 January 2006
 Launch/float-out date 7 August/11 September 2008
 Delivery date December 2008

ARMORIQUE





COLOR SUPERSPEED I: speeding across the Skagerrak

Shipbuilder: **Aker Yards (Rauma yard), Finland**
 Vessel's name: **Color SuperSpeed I**
 Hull number: **1360**
 IMO number: **9378682**
 Owner/operator: **Color Line A/S, Norway**
 Model test establishment used: **MARIN, The Netherlands/Force Technology, Denmark**
 Flag: **Norway**
 Total number of sister ships already completed: **Nil**
 Total number of sister ships still on order: **1**

NORWEGIAN operator Color Line's plans to extend its traditional ferry services by introducing a fast ro-pax service across the Skagerrak, are centred upon two vessels built at the Rauma site of Aker Yards (today STX Europe). Lead ship *Color SuperSpeed I* operates the three and a quarter hour link between the Norwegian port of Kristiansand and Hirtshals, Denmark, with the second vessel deployed to the slightly longer Larvik-Hirtshals route.

To meet these schedules, a machinery installation, designed by Elomatic Marine Engineering to meet DNV limits for noise and vibration and comprised of four Wärtsilä 9L46 main engines each developing 9600kW, has been specified. The drive to the twin Rolls-Royce Kamewa CP propellers is through a pair of Flender twin input/single output gearboxes for a service speed of 27knots.

Electrical requirements are handled by four Wärtsilä/A van Kaick alternator sets; and two 2400kW bow thrusters, and one 1200kW stern thruster, are fitted to aid manoeuvring during the short turnrounds. A condition based maintenance (CBM) system has been supplied by Wärtsilä for the main and auxiliary engines; this monitors engine condition, analyses trends and diagnoses faults.

Vehicle access to the two fixed and one hoistable vehicle decks is at deck 3, using bow and stern ramp/doors. Also included in the MacGregor access package is a tiltable ramp linking 3 and 5 decks, a front door in the superstructure, and a liftable bulwark visor. Freight space is available on 2030 lane metres 3m wide, and 1035 lane metres 2.4m wide car lanes are also provided on the hoistable platforms. A port turn-round time of 45minutes is envisaged, including handling of 1928 passengers, entering at No 7 deck. Although primarily designed as a day ferry, *Color SuperSpeed I* is fitted with cabins for 54 lorry drivers, in addition to those for 17 crew members.

Passenger spaces are arranged over three of the 11 decks, with amenities on offer including a bar lounge, boutique, reception foyer, children's playroom, tax free shop, seating

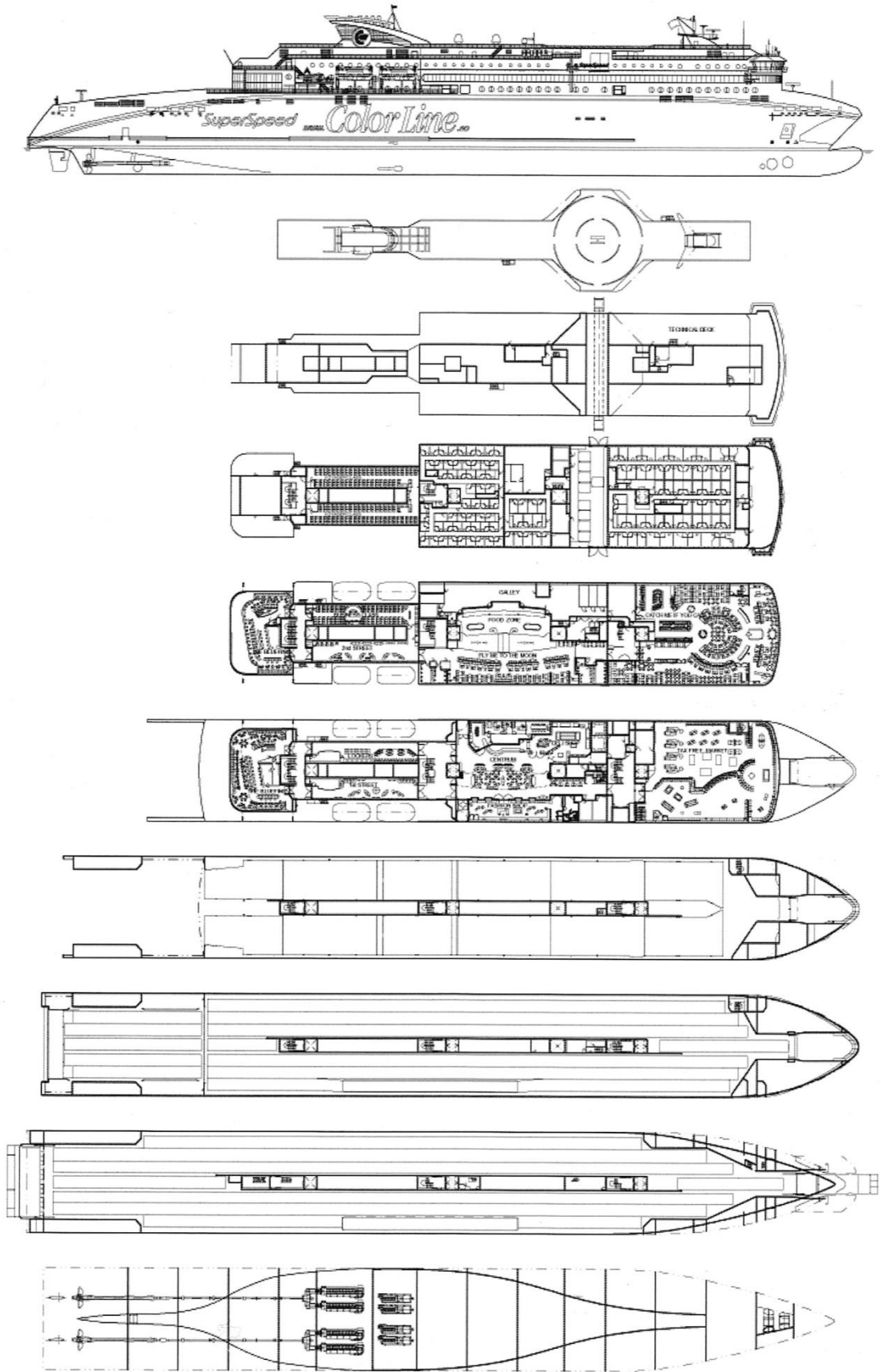
lounges and a self service restaurant. A business lounge is located on deck 8 where the main restaurants are situated. Deck 9 provides Voyager class seating accommodation and is also the location of the cabins, all of which were prefabricated by Aker Yards Cabins. Lifesaving equipment includes four lifeboats supplied by Umoe Schat-Harding, and four Viking type Vee 2.4 marine escape systems, each of which can handle 202 persons.

TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa 212.75m
 Length, bp 195.30m
 Breadth, moulded 25.80m
 Depth, moulded 9.40m
 to upper deck 14.80m
 Draught design 6.55m
 scantling 6.70m
 Gross 34,231gt
 Deadweight, design 5425dwt
 Speed, service (78.2% MCR) 27knots
 Bunkers heavy oil 1350m³
 diesel oil 210m³
 Water ballast 2800m³
 Fuel consumption (total) 184.40tonnes/day
 Classification Det Norske Veritas + 1A1 ICE 1B, Car ferry A, SSC, EO, MCDK, PWDK, TMON, Comf-V(2), VIBR, NAUT-OC, CLEAN, F-M
 Heel control equipment Hoppe Bordmesstechnik
 Roll stabilisation equipment Mitsubishi folding fin stabilisers, type MR-2 (7m²)
 Main engines Design/manufacture Wärtsilä
 Model 9L46
 Number 4
 Type of fuel used HFO/MGO
 Output 4 x 9600kW
 Gearboxes Make Flender
 Model GVL (twin input/single output)
 Number 2
 Output speed 144.90rev/min
 Propellers Material Stainless steel
 Designer/manufacture Rolls-Royce Kamewa
 Number 2
 Pitch Controllable
 Diameter 5250mm
 Speed 144.90rev/min
 Diesel-driven alternators Number 4
 Engine make/type Wärtsilä/6L32CR
 Type of fuel used HFO/MGO
 Output/speed 4 x 3000kW/750rev/min
 Alternator make A van Kaick

Output -
 Boilers Number 2
 Make Aalborg Industries
 Output 2 x 6000kg/h
 Mooring equipment Rolls-Royce
 Lifesaving equipment Lifeboats 4 x Umoe Schat-Harding
 MES systems Make Viking
 Number/capacity 4 x 202 persons
 Vehicles Number of vehicle decks 2 x fixed/1 x hoistable
 Total lane length (freight units) 2030m
 Total lane length (cars on hoistable deck) 1035m
 Total freight units (16.6m length) 117
 Total cars 720
 Access equipment Designer/manufacture MacGregor
 Number/type 1 x bow door/ramp; 1 x stern ramp/door; 1 x hoistable ramp; 1 x liftable bulwark visor; 1 x superstructure door
 Trailer-deck doors bulkhead, classified MacGregor
 bulkhead, non-classified Jewers Doors Ltd (Phoenix type)
 Passenger/service lifts Number 5 passenger/1 service
 Supplier Kone
 Complement Officers 14
 Crew 57
 Passengers Total 1928
 Number of cabins 54
 Rudders Type 2 x 17m² semi-spade
 Manufacturer Kankaanpää
 Bow thrusters Make Rolls-Royce
 Number 2
 Output 2 x 2400kW
 Stern thruster Make Rolls-Royce
 Number 1
 Output 1200kW
 Bridge control system Make/type Sperry Visionmaster
 Fire detection system Autronica Autromaster
 Fire extinguishing systems Vehicle spaces Novenco: drencher
 Engine room Novenco: water mist
 Cabins, public spaces Novenco: sprinkler
 Integrated bridge system Sperry Visionmaster
 Contract date 12 December 2005
 Launch/float-out date 18 January 2008
 Delivery date 6 January 2008

COLOR SUPERSPEED 1





VIKING XPRS: Baltic ferry owner's first newbuild for 18 years

Shipbuilder: **Aker Yards (Helsinki yard), Finland**
 Vessel's name: **Viking XPRS**
 Hull number: **1358**
 IMO number: **9375654**
 Owner/operator: **Viking Line, Finland**
 Model test establishment used: **MARIN, The Netherlands**
 Flag: **Sweden**
 Total number of sister ships already completed: **Nil**
 Total number of sister ships still on order: **1 (consort, building in Spain)**

ARGUABLY the first vessel to incorporate 'texting language' in its name, *Viking XPRS* has been built by Aker Yards' Helsinki covered complex (following the recent acquisition, Aker Yards is today known as STX Europe) to serve on the increasingly popular cruise-ferry link between Helsinki and Tallinn, favoured by large numbers of Finns wishing to enjoy a short break in Estonia. To experience this they join the vessel's evening sailing, have a meal, make use of the leisure activities, and snatch a few hours sleep before spending the next day sightseeing and shopping in Tallinn, then returning to Helsinki in the afternoon.

To suit this schedule, Viking Line has actually programmed the voyage to last one and a half hours longer than that offered by competitor Tallink. The two and one half hours at sea allows time to meet the above objectives, or to make use of the range of conference facilities onboard, including a 70-seat business lounge fitted with internet connections.

An entire deck (No 8) provides a variety of dining opportunities for the maximum 2500 passengers. The largest of these facilities is the 338 Bistro Bella on the port side aft, furnished with a new-style buffet, open to the galley to allow diners to watch meals being prepared. In the self-service Blue Deli café, passengers make their own choice of Scandinavian food, whilst the starboard side of the deck presents the 90-seat Café Espresso coffee bar. Featuring large panoramic windows, the Red Rose is a 500-seat café-dance restaurant, whilst, on deck 7, the 400-seat Vikings' Inn offers food and drink, with the added attraction of opening out on to a sun deck.

The design of *Viking XPRS* is based on that produced by Aker for *Seafarance Rodin* in 2001 (*Significant Ships of 2001*), modified to suit Viking's specific needs, notably the inclusion of the highest Finnish-Swedish ice class, 1A Super, which enables the ferry to operate all year round in the sometimes severe ice conditions of the Gulf of Finland.

The 238 passenger cabins offer a variety of categories of accommodation, with a total of 732 berths available, whilst those passengers travelling with their cars have the use of a dedicated car deck (deck 5), separating them from freight traffic, for which 1000 lane metres

are provided on deck 3. Car capacity is 230, and vehicle access is over bow and stern ramps supplied by TTS. A tiltable ramp provides a link between decks 3 and 5.

The new arrival complies with the requirements of ISO 14001 international standards for environmental management, with measures adopted including fitting main and auxiliary engine exhausts with catalytic reduction (SCR) units and using low-sulphur fuels. The machinery modified in this way comprises the four Wärtsilä 8L46F main engines, which each develop 10,000kW, and three Auxpac generating sets from the same manufacturer, using 8L20 engines to drive 1688kVA alternators, which satisfy electrical requirements.

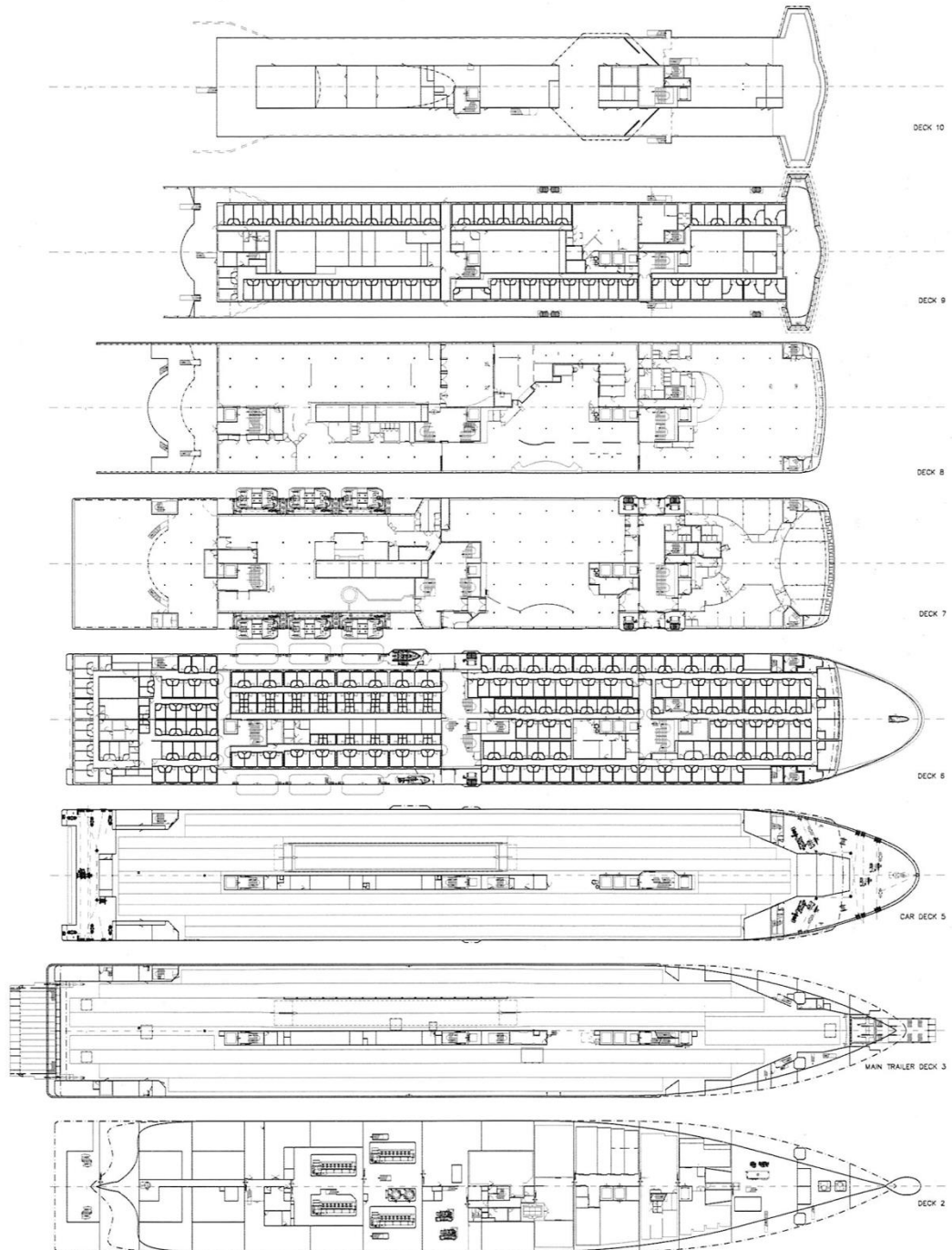
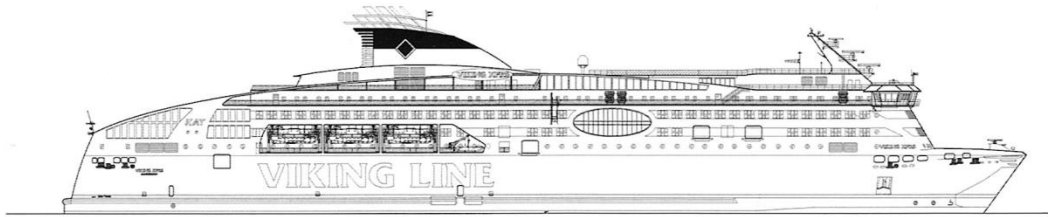
Two twin input/single output gearboxes connect with a pair of CP propellers, and two bow, and one stern, Rolls-Royce thrusters fitted with Siemens electric motors, are normally supplied from two shaft-driven alternators, also of Siemens make.

TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa 186.71m
 Length, bp 170.13m
 Breadth, moulded 27.70m
 Depth moulded
 to main deck 9.50m
 to upper deck 15.20m
 Draught
 design 6.55m
 scantling 6.76m
 Gross 35,778gt
 Deadweight, design 9372dwt
 Speed, service, 85% MCR 22knots
 Bunkers
 heavy oil 1090m³
 diesel oil 160m³
 Water ballast 1390m³
 Fuel consumption
 main engines only 115tonnes/day
 auxiliaries 12tonnes/day
 Classification Lloyd's Register of Shipping +100A1
 Passenger & Vehicle Ferry, *IWS, Ice Class 1AS,
 FS, +LMC, UMS, NAV1, Finnish/
 Swedish Ice Class 1A Super
 Heel control equipment Hoppe: 1 pair heeling tanks
 Roll stabilisation equipment Blohm + Voss Industries fins
 Main engines
 Design/manufacturer Wärtsilä
 Model 8L46F
 Number 4
 Type of fuel used HFO
 Output/speed 4 x 10,000kW/600rev/min
 Gearboxes
 Make Moventas
 Number/type 2 x twin input/single output
 Model M2HBC
 Output speed 143rev/min
 Propellers
 Material Stainless steel

Designer/manufacturer Rolls-Royce
 Number 2
 Pitch controllable
 Diameter 5300mm
 Speed 143rev/min
 Main-engine driven alternators
 Number 2
 Make/type Siemens 1FJ3
 Output/speed 2 x 4000kVA
 Diesel-driven alternators
 Number 3
 Engine make/type Wärtsilä 8L20 (Auxpac sets)
 Type of fuel used HFO
 Output/speed 3 x 1330kW/1000rev/min
 Alternator make/type Fenxi
 Output/speed 3 x 1688kVA
 Technical features to reduce pollution
 Low sulphur fuel HFO 380, SO₂ 0.5-0.99%
 Main and auxiliary engines SCR, 0.45% NOx
 Boilers
 Number 2
 Make Aalborg
 Output 2 x 6000kg/h
 Mooring equipment
 Number 6 units
 Make Rolls-Royce
 Type Electric
 Lifesaving equipment
 Lifeboats 6 x Fassmer 150 person
 MES 6 x Viking 284-person vertical chutes
 Liferrafts 12 + 12 Viking 101 person
 Rescue boats 1 x Viking/1 x Fassmer (fast)
 Vehicles
 Number of decks 2 x fixed
 Total lane length approx 2250m
 Total cars 294, deck 3/230, deck 5
 Access equipment
 Ramps 1 x bow, 1 x stern
 Hoistable ramp between decks 3 and 5 1
 Side door (for car access) 1
 Designer TTS
 Complement
 Officers 15
 Crew 90
 Passengers
 Total 2500
 Number of cabins 38
 Special rudders Becker twisted edge
 Bow thrusters 2 x Rolls-Royce, 2 x 1500kW
 Stern thrusters 1 x Rolls-Royce, 1 x 1500kW
 Bridge control system
 Make SAM Electronics
 Type Nacos 45-5
 One man operation Yes
 Fire detection system Autronica Automaster 5000
 Radars 3 x SAM Electronics
 Integrated bridge system SAM Electronics
 Contract date 19 November 2005
 Launch/float-out date September 2007
 Delivery date 21 April 2008

VIKING XPRS





ABEL MATUTES: Fast ferry from H J Barreras

Shipbuilder: **H J Barreras**
 Vessels name: **Abel Matutes**
 Hull No: **1661**
 Owner/operator: **Eurolineas Maritimas, S.A (Balearia)**
 Country: **Spain**
 Flag: **Malta**
 IMO number: **9441130**
 Total number of sister vessels already completed (excluding ship presented): **5**
 Total number of sister ships still on order: **0**

Abel Matutes is the latest in the next generation of ferries for Spanish ferry operator Balearia. It is the largest vessel in the Balearia fleet to date and was delivered from H J Barreras shipyard in May.

The ship is part of the company's fleet renovation plan, in which Balearia has invested €350 million. The modernisation of its ferries has been carried out over the past 16 months, reinforcing the company's project and the routes it operates, as well as offering a better quality service at a more competitive price. As with *Abel Matutes*, the rest of the ferries which have just joined the fleet (*Martin i Soler*, *Albuernas* and *Passió per Formentera*) form part of the Balearia+ series, a new make with which the company wishes to show a new concept of ship characterised by the fact that they are speedier than conventional ferries. These vessels can sail at a maximum speed of 23knots, are more sustainable because they reduce the consumption of fuel and have more onboard services, designed so the passenger can enjoy his/her crossing and start their holiday or break as soon as they are onboard without having to wait to reach their destination.

Abel Matutes sails on the Valencia-Ibiza-Palma and Barcelona-Palma services, with another of the company's ferries which also works both routes. *Abel Matutes* is 190m in length overall and is 26m wide and has a deadweight is 5300dwt. The vessel is powered by two diesel engines that give an a power output 9000 kW @ 514rpm, each, giving the vessel a speed of 23knots at MCR.

The new vessel has a capacity for 900 people, who can opt to travel in extra comfortable leather recliners, or in any of the 90 completely equipped cabins. Among the principal services are the cafeteria and self-service restaurant located in the bow, an outside bar and a gift shop. For access in the ferry, lifts and mechanical stairs have been fitted which connect the car deck with the passenger area for greater comfort.

The car deck has a capacity of 2235 linear metres on three decks and another two on top of the previous

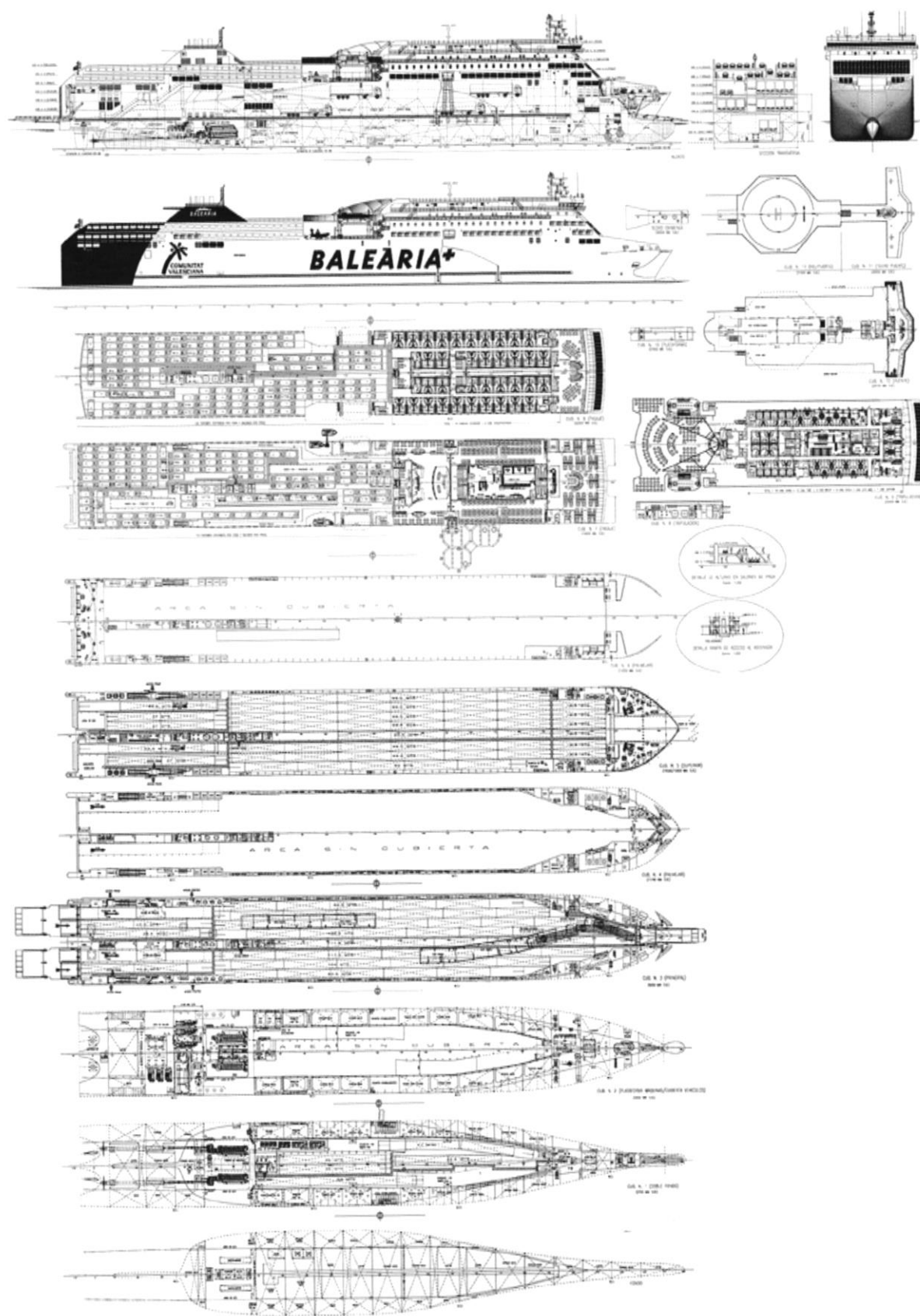
ones for 247 vehicles. Loading can be carried out both at the bow and the stern due to the two door-ramps at the stern and ramp at the bow with a clamshell lock, loading and unloading therefore being carried out with greater speed and safety.

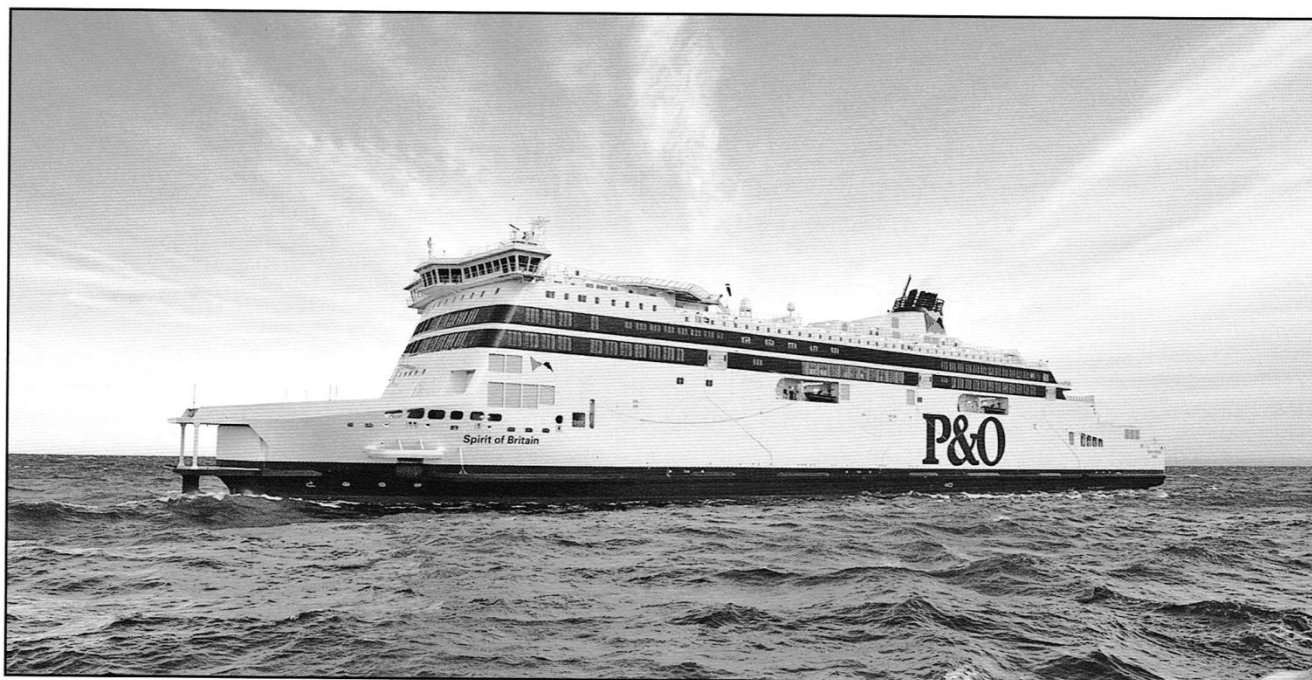
TECHNICAL PARTICULARS

Length oa (with appendixes): 190.00m
 Length oa: 187.00m
 Length bp: 177.00m
 Breadth moulded: 26.20m
 Depth moulded
 To main deck: 9.20m
 To upper deck: 14.54m
 Draught
 Scantling: 6.30m
 Design: 6.00m
 Deadweight: 5300dwt
 Speed, service: 21.40knots
 Bunkers
 Fuel oil: 573m³
 Diesel oil: 132m³
 Water ballast: 2220m³
 Classification society and notations: Bureau Veritas
 1_Hull_MACH Ro-Ro passenger ship, unrestricted navigation, AUT-UMS, AUT-PORT, INWATER SURVEY
 Main engines
 Design: MAN
 Model: 9M43C
 Manufacturer: MAN
 Number: 2
 Type of fuel: IFO
 Output of each engine: 9000kW x 514rpm
 Propellers
 Material: Cu-Ni-Al
 Designer/manufacturer: Rolls-Royce
 Number: 2
 Fixed/controllable pitch: Controllable
 Diameter: 4.3m
 Speed: 179rpm
 Diesel-driven alternators
 Number: 3
 Engine make/type: MAK
 Type of fuel used: HFO
 Output/speed of each set: 3 x 1140kW x 1000rpm
 Output/speed of each set: 3 x 1090kW
 Boilers
 Number: 3
 Type: Aalborg 1X UNEX BH 1100 +2XS-ZV 750
 Make: Aalborg
 Output: oil fired 1 x 1500kg/h x 7kg/cm²
 exhaust gas 2 x 1000kg/h x 7kg/cm²

Mooring equipment
 Number: 4
 Make: Exclusivas Galicia
 Type: Hydraulically-driven
 Special lifesaving equipment
 Number of each and capacity: 2 x 150 persons
 2 x 430 persons
 4 x 106 persons
 4 x 109 persons
 1 x rescue boat
 1 x fast rescue boat
 1 x rescue system (MOR)
 Make: Jiangyn XinJiang, Fluidmeccanica, Brude
 Type: Fast rescue boats, MES system
 Vehicles
 Number of vehicle decks: 5
 Total lane length: 2235m
 Total cars: 247
 Total freight units: 125
 Doors/ramps/lifts
 Number of each: 4/5/5
 Type: fixed & movable
 Designer: Schoenrok
 Ballast control system
 Make: SAM Electronics (IAS)
 Type: Electric
 Complement
 Officers: 8
 Crew: 28
 Passengers
 Total: 900
 Bow thrusters
 Make: Rolls-Royce
 Number: 2
 Output, each: 1000kW
 Bridge control system
 Make: Nautical
 Fire detection system
 Make: Sedni
 Type: Consilium (SALWICO CS4000)
 Fire extinguishing systems
 Engine room: CO₂
 Vehicle spaces: Sprinklers
 Cabins: Sprinklers
 Public spaces: Sprinklers
 Radars
 Number: 2
 Make: Consilium Selux
 Models: S Band and X Band
 Waste disposal plant
 Sewage plant: JETS vacuum sanitation system
 Launch/float-out date: 26 June 2009
 Delivery date: May 2010

ABEL MATUTES





SPIRIT OF BRITAIN: Dover based ro-pax

Shipbuilder: **STX Europe**
 Vessels name: **Spirit of Britain**
 Hull No: **1367**
 Owner/Operator: **P+O Ferries Holdings**
 Country: **UK**
 Designer: **STX Europe**
 Country: **Finland**
 Model test establishment used: **MARIN**
 Flag: **British**
 IMO number: **9524231**
 Total number of sister ships already completed (excluding ship presented): **nil**
 Total number of sister ships still on order: **1**

Spirit of Britain entered service at the beginning of 2011 being the largest vessel to service the Dover to Calais route, also replacing *Pride of Dover*. *Spirit of Britain* is the first of two vessels, the second vessel *Spirit of France* was delivered in autumn of 2011.

What makes *Spirit of Britain* so unique is that it is the first vessel which has been constructed to the latest Safe Return to Port and the SOLAS 2009 regulations. The concept behind the ferries was the need for new tonnage on the Dover to Calais route, due to an increase of 6% in freight in 2006 and an aging fleet.

Spirit of Britain was designed by Finnish design house Deltamarin, which undertook the studies that were needed to allow the vessel to comply with the latest regulations and constructed at STX Rauma yard. Deltamarin carried out studies on a hydrodynamic hull form, CFD and optimisation of the design, which was then tested at the model test basin Marin.

The vessel was designed to be energy efficient and focus on safety as well, because of this P&O selected to use MES lifesaving systems onboard and no lifeboats. The vessel is capable of carrying 1750 passengers and has a total of 2800 lane meters for a range of vehicles over five decks.

Spirit of Britain is more manoeuvrable in port due to its three Wärsilä CT300M bow thrusters, which also gives the vessel a tolerance to stand up to winds of 50knots. The vessel also features two main engine rooms to allow it to meet with the SOLAS requirements for Safe Return to Port, with each room containing a pair of engines and two generator sets, arranged in a staggered but adjoined way.

The vessel also has been given the Green Passport notation, meaning that it meets with the highest green regulations.

TECHNICAL PARTICULARS

Length oa: 213.00m
 Length bp: 197.90m
 Breadth moulded: 30.80m
 Depth moulded
 To deck 3: 9.70m
 To deck 5: 15.50m

Draught
 Scantling: 6.70m
 Design: 6.55m
 Gross: 47,592tonnes
 Displacement: 24,642.8tonnes
 Lightweight: 16,979tonnes
 Deadweight: 7663.8dwt
 Block co-efficient: 0.658 (@6.55m)
 Speed, service: 22knots (85% MCR) + 15% sea margin in shallow water

Bunkers
 Heavy oil: 1230.3m³
 Diesel oil: 189.6m³
 Water ballast: 3281.8m³ (+917.9 heeling tank capacity)
 Daily fuel consumption
 Main engine only: 50tonnes/day
 Auxiliaries: 5tonnes/day
 Classification society and notations: LR + 100A1, RoRo Passenger Ship, +LMC, UMS,IWS, PSMR * with descriptive notation SCN
 Heel control equipment: Hoppe (anti-heeling)
 Roll-stabilisation equipment: Blohm & Voss stabilisers Type S700

Main engine
 Design: 4 stroke diesel
 Model: 7L48/60CR
 Manufacturer: MAN
 Number: 4
 Type of fuel: HFO
 Output of each engine: 7600kW

Gearboxes
 Make: MAN Renk
 Model: NDSKL - 3200
 Number: 2
 Output speed: 144.7rpm

Propellers
 Material: Bronze
 Design/Manufacturer: MAN Alfa (VBS 1560)
 Number: 2
 Fixed/controllable pitch: Controllable
 Diameter: 5200mm
 Speed: 145rpm

Main-engine
 Number: 4
 Make/type: Siemens IFJ4801 - 4SD62
 Output/speed of each set: 3120kW
 Diesel-driven alternators
 Number: 4
 Engine make/type: MAN 7L 21/31
 Type of fuel: HFO
 Output/speed of each set: 1505kW x 1000rpm
 Alternator make/type: Siemens
 Output/speed of each set: 1000rpm

Boilers
 Number: 2
 Type: Unex CHB 4000

Make: Aalborg
 Output, each boiler: 4000kg/hr @ 8bar
 Mooring equipment
 Number: 2 x mooring/windlass 6 x mooring winches
 Make: Rolls-Royce
 Type: Electric
 Special life saving equipment
 Number of each and capacity: 6 x 430 persons
 Make: RFD Marin Ark
 Type: MES
 Vertical or sloping chutes: Vertical
 Vehicles
 Number of fixed vehicle decks: 3
 Total lane length: 3742.5m
 Total cars: 194 cars
 (Deck 7 @ approx. 1000 lane meters)
 Total freight units: Deck 3 & 5 @ 2741 lane meters
 Doors/ramps/lifts/movable car decks
 Number of each: 7
 Type: 1 x Outer bow
 1 x inner bow
 1 x stern
 1 x Fwd upper deck
 2 x Fixed fwd ramp doors
 1 x Store trailer lift
 Designer: MacGregor

Complement
 Officers: 20
 Crew: 90

Passengers
 Total: 2000
 Stern appendages/special rudders: 2 x Hi Lift
 Becker rudders

Bow thrusters
 Make: Wärsilä Lips
 Number: 3
 Output: 3MW

Bridge control system
 Make: MAN
 Type: Alphatronic

Fire detection system
 Make: Consilium
 Type: Salwico NSAC-I

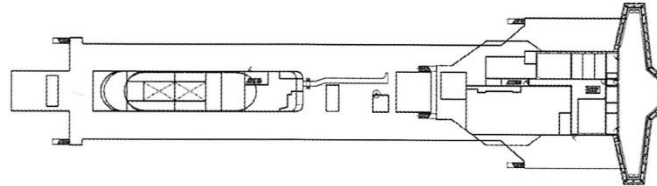
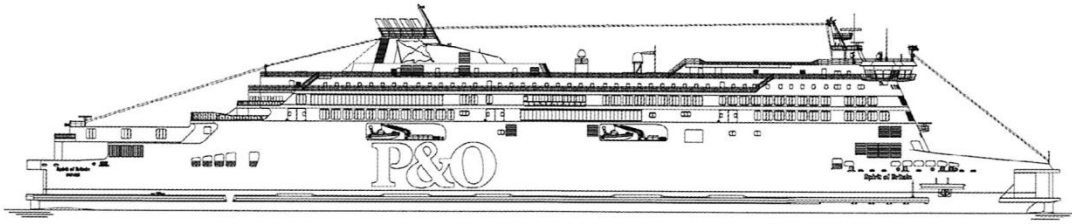
Fire extinguishing systems
 Engine room: Novenco Water mist
 Vehicle spaces: Novenco Drencher
 Cabins: Novenco Sprinkler
 Public spaces: Novenco Sprinkler

Radars
 Number: 3 x forward 1 x aft docking
 Make: Sperry Marine
 Models: Visionmaster FT

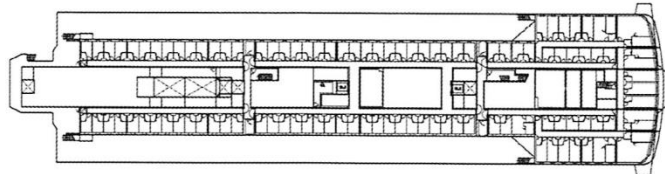
Integrated bridge system
 Model: Northrup Grummen Sperry Marine

Waste disposal plant
 Sewage plant: Hamworthy 4XST25
 Contract date: 22 July 2008
 Launch/float-out date: 08 June 2010
 Delivery date: 05 January 2011

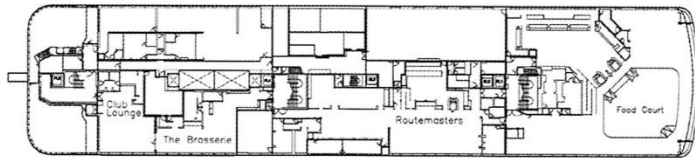
SPIRIT OF BRITAIN



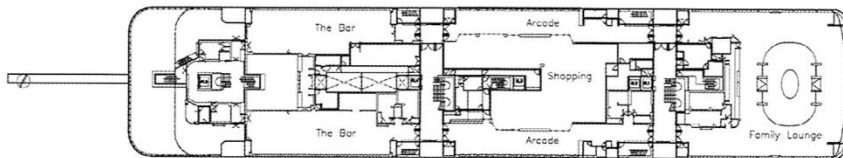
DECK 11



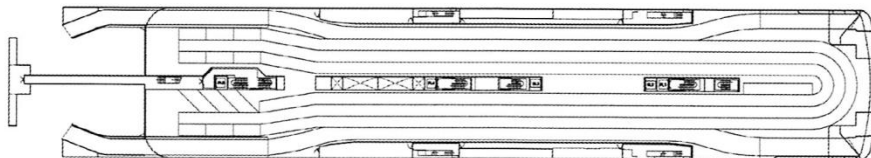
DECK 10



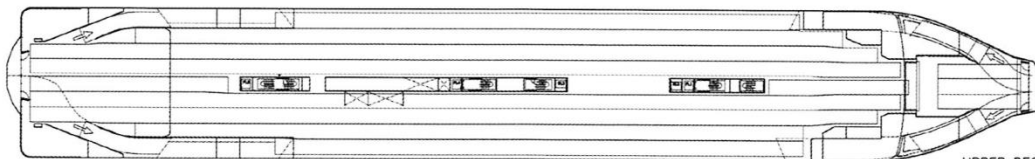
DECK 9



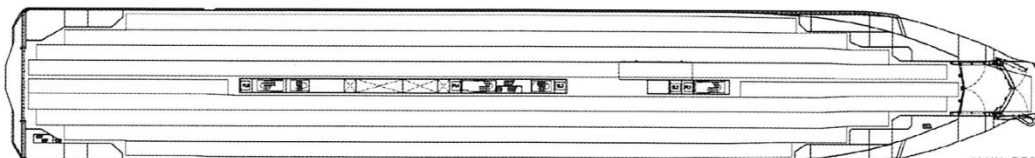
DECK 8



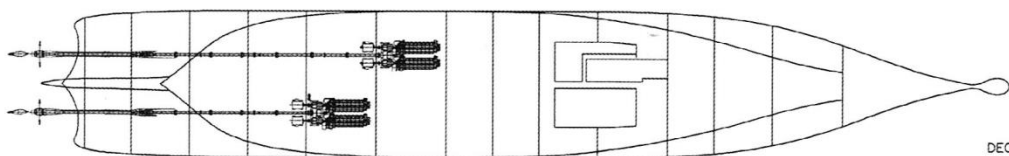
CAR DECK 7



UPPER DECK 5



MAIN DECK 3



DECK 1

Resistance

22 jul 2014 04:35

HydroComp NavCad 2012

Project ID RO - RO 1000 PAX.

Description RO - RO 1000 PAX.

File name RO RO.hcnc

Analysis parameters

Vessel drag		ITTC-78 (CT)	Added drag	
Technique:	[Calc]	Prediction	Appendage:	[Calc] Percentage
Prediction:		Holtrop	Wind:	[Off]
Reference ship:			Seas:	[Off]
Model LWL:			Shallow/channel:	[Off]
Expansion:		Standard	Margin:	[Calc] Hull + added drag [10%]
Friction line:		ITTC-57	Water properties	
Hull form factor:	[On]	1,137	Water type:	Salt
Speed corr:	[Off]		Density:	1026,00 kg/m3
Spray drag corr:	[Off]		Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Corr allowance:		ITTC-78 (v2008)		
Roughness [mm]:	[Off]			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T	Lambda
Value	0,28	0,62	5,83	4,63*	0,72
Range	0,06-0,40	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00	0,01-0,98

Prediction results

SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CV/CF]	CR	dCF	CA	CT
2,00	0,026	0,065	1,42e8	0,001981	1,137	0,000001	0,000000	0,000497	0,002751
6,00	0,077	0,195	4,27e8	0,001706	1,137	0,000001	0,000000	0,000469	0,002410
10,00	0,128	0,325	7,11e8	0,001598	1,137	0,000006	0,000000	0,000428	0,002250
14,00	0,179	0,455	9,95e8	0,001531	1,137	0,000111	0,000000	0,000392	0,002244
18,00	0,231	0,585	1,28e9	0,001485	1,137	0,000475	0,000000	0,000362	0,002526
+ 22,00 +	0,282	0,715	1,56e9	0,001449	1,137	0,001231	0,000000	0,000336	0,003215
RESISTANCE AND EFFECTIVE POWER									
SPEED [kt]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]
2,00	5,57	0,28	0,00	0,00	0,00	0,59	6,44	5,7	6,6
6,00	43,97	2,20	0,00	0,00	0,00	4,62	50,78	135,7	156,7
10,00	114,03	5,70	0,00	0,00	0,00	11,97	131,70	586,6	677,5
14,00	222,89	11,14	0,00	0,00	0,00	23,40	257,44	1605,3	1854,1
18,00	414,68	20,73	0,00	0,00	0,00	43,54	478,96	3840,0	4435,2
+ 22,00 +	788,51	39,43	0,00	0,00	0,00	82,79	910,73	8924,1	10307,4
OTHER									
SPEED [kt]	CTLR	CTLT							
2,00	0,00002	0,05071							
6,00	0,00002	0,04444							
10,00	0,00012	0,04149							
14,00	0,00204	0,04138							
18,00	0,00877	0,04657							
+ 22,00 +	0,02270	0,05928							

Resistance

22 jul 2014 04:35

HydroComp NavCad 2012

Project ID RO - RO 1000 PAX.

Description RO - RO 1000 PAX.

File name RO RO.hcnc

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	<i>Proj chine length:</i>	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	<i>Proj bottom area:</i>	0,0 m2
Length on WL:	164,350 m	<i>LCG fwd TR:</i>	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,828] 28,200 m	<i>VCG below WL:</i>	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 4,631] 6,090 m	<i>Aft station (fwd TR):</i>	0,000 m
Displacement:	[CB 0,589] 17066,36 t	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Wetted surface:	[CWS 5,728] 3732,2 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
ITTC-78 (CT)		<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,440] 72,314 m	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,560] 92,036 m	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Max section area:	[CX 0,957] 164,4 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,709] 3288,0 m2	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Bulb section area:	13,4 m2	<i>Propulsor type:</i>	Propeller
Bulb ctr below WL:	4,200 m	<i>Propeller diameter:</i>	5000,0 mm
Bulb nose fwd TR:	169,350 m	<i>Shaft angle to WL:</i>	0,00 deg
Transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	<i>Position fwd TR:</i>	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	<i>Position below WL:</i>	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m		
Half entrance angle:	16,00 deg		
Bow shape factor:	[WL flow] 1,0		
Stern shape factor:	[EX flat] -2,0		

Resistance

22 jul 2014 04:35

HydroComp NavCad 2012

Project ID RO - RO 1000 PAX.

Description RO - RO 1000 PAX.

File name RO RO.hcnc

Appendage data

General		Skeg/Keel	
Definition:	Percentage	Count:	0
Percent of hull drag:	5,00 %	Type:	Skeg
Planing influence		Mean length:	0,000 m
LCE fwd TR:	0,000 m	Mean width:	0,000 m
VCE below WL:	0,000 m	Height aft:	0,000 m
Shafting		Height mid:	0,000 m
Count:	2	Height fwd:	0,000 m
Max prop diam:	5000,0 mm	Projected area:	0,0 m2
Shaft angle to WL:	0,00 deg	Wetted surface:	0,0 m2
Exposed shaft length:	0,000 m	Stabilizer	
Shaft diameter:	0,000 m	Count:	0
Wetted surface:	0,0 m2	Root chord:	0,000 m
Strut bossing length:	0,000 m	Tip chord:	0,000 m
Bossing diameter:	0,000 m	Span:	0,000 m
Wetted surface:	0,0 m2	T/C ratio:	0,000
Hull bossing length:	0,000 m	LE sweep:	0,00 deg
Bossing diameter:	0,000 m	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	Projected area:	0,0 m2
Strut (per shaft line)		Dynamic multiplier:	1,00
Count:	0	Bilge keel	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 mm	Mean length:	0,000 m
Span:	0,000 m	Mean base width:	0,000 m
T/C ratio:	0,000	Mean projection:	0,000 m
Projected area:	0,0 m2	Wetted surface:	0,0 m2
Wetted surface:	0,0 m2	Tunnel thruster	
Exposed palm depth:	0,000 m	Count:	0
Exposed palm width:	0,000 m	Diameter:	0,000 m
Rudder		Sonar dome	
Count:	0	Count:	0
Rudder location:	Behind propeller	Wetted surface:	0,0 m2
Type:	Balanced foil	Miscellaneous	
Root chord:	0,000 m	Count:	0
Tip chord:	0,000 m	Drag area:	0,0 m2
Span:	0,000 m	Drag coef:	0,00
T/C ratio:	0,000		
LE sweep:	0,00 deg		
Projected area:	0,0 m2		
Wetted surface:	0,0 m2		

Environment data

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

Resistance

22 jul 2014 04:35

HydroComp NavCad 2012

Project ID RO - RO 1000 PAX.

Description RO - RO 1000 PAX.

File name RO RO.hcnc

Symbols and values

FN = Froude number [LWL]
FV = Froude number [VOL]
RN = Reynolds number [LWL]
CF = Frictional resistance coefficient
CV/CF = Viscous/frictional resistance coefficient ratio [dynamic form factor]
CR = Residuary resistance coefficient
dCF = Added frictional resistance coefficient for roughness
CA = Correlation allowance [dynamic]
CT = Total bare-hull resistance coefficient

RBARE = Bare-hull resistance
RAPP = Additional appendage resistance
RWIND = Additional wind resistance
RSEAS = Additional sea-state resistance
RCHAN = Additional shallow/channel resistance
RMARGIN = Resistance margin
RTOTAL = Total vessel resistance

CTLR = Telfer residuary resistance coefficient
CTLT = Telfer total bare-hull resistance coefficient
PEBARE = Bare-hull effective power
PETOTAL = Total effective power

+ = Design speed indicator
* = Exceeds parameter limit

Propulsion

22 jul 2014 04:37

HydroComp NavCad 2012

Project ID RO - RO 1000 PAX.

Description RO - RO 1000 PAX.

File name RO RO.hcnc

Analysis parameters

Hull-propulsor interaction		System analysis	
Technique:	Prediction	Cavitation criteria:	Keller eqn
Prediction:	[Calc] Holtrop	Analysis type:	Free run
Reference ship:		CPP method:	
Max prop diam:	5000,0 mm	Engine RPM:	
Corrections		Mass multiplier:	
Viscous scale corr:	[On] Standard	RPM constraint:	
Rudder location:	Behind propeller	Limit [RPM/s]:	
Friction line:	ITTC-57	Water properties	
Hull form factor:	1,137	Water type:	Salt
Corr allowance:	ITTC-78 (v2008)	Density:	1026,00 kg/m3
Roughness [mm]:	[Off] 0,00	Viscosity:	1,18920e-6 m2/s
Ducted prop corr:	[Off]		
Tunnel stern corr:	[Off]		
Effective diam:			
Recess depth:			

Prediction method check [Holtrop]

Parameters	FN [design]	CP	LWL/BWL	BWL/T
Value	0,28	0,62	5,83	4,63*
Range	0,06-0,80	0,55-0,85	3,90-14,90	2,10-4,00

Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE		
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	
2,00	6,6	0,1093	0,1196	0,9889	42	4,8	
6,00	156,7	0,1075	0,1196	0,9889	124	113,5	
10,00	677,5	0,1068	0,1196	0,9889	204	490,0	
14,00	1854,1	0,1063	0,1196	0,9889	285	1341,4	
18,00	4435,2	0,1060	0,1196	0,9889	375	3222,8	
+ 22,00 +	10307,4	0,1058	0,1196	0,9889	480	7612,2	
POWER DELIVERY							
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
2,00	12	3,54	4,7	4,8	9,6	9,6	---
6,00	37	28,48	110,1	113,5	227,0	227,0	---
10,00	60	74,61	475,3	490,0	979,9	979,9	878,6
14,00	84	145,94	1301,2	1341,4	2682,8	2682,8	449,3
18,00	111	266,92	3126,1	3222,8	6445,5	6445,5	240,4
+ 22,00 +	142	491,80	7383,8	7612,2	15224,4	15224,4	124,4
EFFICIENCY		THRUST					
SPEED [kt]	EFFO	EFFOA	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
2,00	0,7248	0,6873	3,66	6,44			
6,00	0,7297	0,6905	28,84	50,78			
10,00	0,7313	0,6914	74,79	131,70			
14,00	0,7313	0,6911	146,21	257,44			
18,00	0,7284	0,6881	272,02	478,96			
+ 22,00 +	0,7169	0,6770	517,23	910,72			

Propulsion

22 jul 2014 04:37

HydroComp NavCad 2012

Project ID RO - RO 1000 PAX.
 Description RO - RO 1000 PAX.
 File name RO RO.hcnc

Prediction results [Propulsor]

PROPULSOR COEFS									
SPEED [kt]	J	KT	KQ	KTJ2	KQJ3	CTH	CP	RNPROP	
2,00	0,8826	0,1322	0,02562	0,16974	0,037269	0,43223	0,60299	3,47e6	
6,00	0,9054	0,1214	0,02398	0,14815	0,032313	0,37726	0,5228	1,02e7	
10,00	0,9167	0,1161	0,02316	0,13809	0,030054	0,35165	0,48626	1,69e7	
14,00	0,9173	0,1158	0,02311	0,13759	0,029942	0,35037	0,48444	2,36e7	
18,00	0,8982	0,1248	0,02450	0,15475	0,033811	0,39406	0,54704	3,09e7	
+ 22,00 +	0,8566	0,1444	0,02747	0,19687	0,043706	0,50132	0,70713	3,94e7	

CAVITATION									
SPEED [kt]	SIGMAV	SIGMAN	SIGMA07R	TIPSPEED [m/s]	MINBAR	PRESS [kPa]	CAVAVG [%]	CAVMAX [%]	PITCHFC [mm]
2,00	301,33	234,72	41,80	3,26	0,044	0,32	2,0	2,0	4847,1
6,00	33,34	27,33	4,83	9,56	0,062	2,51	2,0	2,0	4919,8
10,00	11,98	10,07	1,77	15,75	0,096	6,50	2,0	2,0	4956,4
14,00	6,11	5,14	0,91	22,04	0,151	12,71	2,0	2,0	4958,3
18,00	3,69	2,98	0,53	28,95	0,250	23,66	2,0	2,0	4896,8
+ 22,00 +	2,47	1,81	0,33	37,12	0,441	44,98	3,9	3,9	4765,3

Propulsion

22 jul 2014 04:37

HydroComp NavCad 2012

Project ID **RO - RO 1000 PAX.**

Description **RO - RO 1000 PAX.**

File name **RO RO.hcnc**

Hull data

General		Planing	
Configuration:	Monohull	<i>Proj chine length:</i>	0,000 m
Chine type:	Round/multiple	<i>Proj bottom area:</i>	0,0 m2
Length on WL:	164,350 m	<i>LCG fwd TR:</i>	[XCG/LP 0,000] 0,000 m
Max beam on WL:	[LWL/BWL 5,828] 28,200 m	<i>VCG below WL:</i>	0,000 m
Max molded draft:	[BWL/T 4,631] 6,090 m	<i>Aft station (fwd TR):</i>	0,000 m
Displacement:	[CB 0,589] 17066,36 t	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Wetted surface:	[CWS 5,728] 3732,2 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
ITTC-78 (CT)		<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
LCB fwd TR:	[XCB/LWL 0,440] 72,314 m	<i>Fwd station (fwd TR):</i>	0,000 m
LCF fwd TR:	[XCF/LWL 0,560] 92,036 m	<i>Chine beam:</i>	0,000 m
Max section area:	[CX 0,957] 164,4 m2	<i>Chine ht below WL:</i>	0,000 m
Waterplane area:	[CWP 0,709] 3288,0 m2	<i>Deadrise:</i>	0,00 deg
Bulb section area:	13,4 m2	<i>Propulsor type:</i>	Propeller
Bulb ctr below WL:	4,200 m	<i>Propeller diameter:</i>	5000,0 mm
Bulb nose fwd TR:	169,350 m	<i>Shaft angle to WL:</i>	0,00 deg
Transom area:	[ATR/AX 0,000] 0,0 m2	<i>Position fwd TR:</i>	0,000 m
Transom beam WL:	[BTR/BWL 0,000] 0,000 m	<i>Position below WL:</i>	0,000 m
Transom immersion:	[TTR/T 0,000] 0,000 m		
Half entrance angle:	16,00 deg		
Bow shape factor:	[WL flow] 1,0		
Stern shape factor:	[EX flat] -2,0		

Propulsor data

Propulsor		Propeller options	
Count:	2	<i>Oblique angle corr:</i>	Off
Propulsor type:	Propeller series	<i>Shaft angle to WL:</i>	0,00 deg
Propeller type:	FPP	<i>Added rise of run:</i>	0,00 deg
Propeller series:	B Series	<i>Propeller cup:</i>	0,0 mm
Propeller sizing:	By thrust	<i>KTKQ corrections:</i>	Standard
KTKQ file:		<i>Scale correction:</i>	Full ITTC
Blade count:	4	<i>KT multiplier:</i>	1,00
Expanded area ratio:	0,5856 [Size]	<i>KQ multiplier:</i>	1,00
Propeller diameter:	5000,0 mm [Size]	<i>Blade T/C [0.7R]:</i>	Standard
Propeller mean pitch:	[P/D 1,0740] 5370,1 mm [Size]	<i>Roughness:</i>	Standard
Hub immersion:	3000,0 mm	<i>Cav breakdown:</i>	Off
Engine/gear		<i>Nozzle L/D:</i>	Standard
Engine data:		Design condition	
Rated RPM:	0 RPM	<i>Max prop diam:</i>	5000,0 mm
Rated power:	0,0 kW	<i>Design speed:</i>	22,00 kt
Gear efficiency:	1,00	<i>Reference power:</i>	0,0 kW
Gear ratio:	3,387 [Size]	<i>Design point:</i>	0,000
Shaft efficiency:	0,97	<i>Reference RPM:</i>	514,0
		<i>Design point:</i>	1,000

Propulsion

22 jul 2014 04:37

HydroComp NavCad 2012

Project ID RO - RO 1000 PAX.

Description RO - RO 1000 PAX.

File name RO RO.hcnc

Symbols and values

SPEED = Vessel speed
FN = Froude number [LWL]
FV = Froude number [VOL]
PETOTAL = Total vessel effective power
WFT = Taylor wake fraction coefficient
THD = Thrust deduction coefficient
EFFR = Relative-rotative efficiency
RPMENG = Engine RPM
PBPROP = Brake power per propulsor

QPROP = Propulsor open water torque
PDPROP = Delivered power per propulsor
PSPROP = Shaft power per propulsor
PSTOTAL = Total vessel shaft power
PBTOTAL = Total vessel brake power
TRANSP = Transport factor
FUEL = Fuel rate per engine
LOADENG = Percentage of engine max available power at given RPM

RPMPROP = Propulsor RPM
EFFO = Propulsor open-water efficiency
EFFOA = Overall propulsion efficiency [=PETOTAL/PSTOTAL]
THRPROP = Open-water thrust per propulsor
DELTHR = Total vessel delivered thrust
NETTOW = Total vessel net tow pull
CPPITCH = Operational pitch of CPP

J = Propulsor advance coefficient
KT = Propulsor thrust coefficient [horizontal, if in oblique flow]
KQ = Propulsor torque coefficient
KTJ2 = Propulsor thrust loading ratio
KQJ3 = Propulsor torque loading ratio
CTH = Horizontal component of bare-hull resistance coefficient
CP = Propulsor thrust loading coefficient
RNPROP = Propeller Reynolds number at 0.7R
KTN = Nozzle thrust coefficient

SIGMAV = Cavitation number of propeller by vessel speed
SIGMAN = Cavitation number of propeller by RPM
SIGMA07R = Cavitation number of blade section at 0.7R
TIPSPEED = Propeller circumferential tip speed
MINBAR = Minimum expanded blade area ratio recommended by selected cavitation criteria
PRESS = Average propeller loading pressure
CAVAVG = Average predicted back cavitation percentage
CAVMAX = Peak predicted back cavitation percentage [if in oblique flow]
PITCHFC = Minimum recommended pitch to avoid face cavitation

+ = Design speed indicator
* = Exceeds recommended parameter limit
! = Exceeds recommended cavitation criteria [warning]
!! = Substantially exceeds recommended cavitation criteria [critical]
!!! = Thrust breakdown is indicated [severe]
--- = Insignificant or not applicable

Ingeniería básica en el proyecto de los buques de pasaje - Conceptos fundamentales (*)

Fernando Junco Ocampo, Doctor Ingen. Naval
P.T.U Universidad de A Coruña
Consultor - Asesor de I.S Tecnor

Santiago López Recio, Ingeniero Naval
Dto. Técnico Cía Trasmediterránea

(*) Trabajo presentado en las XXXIV Sesiones Técnicas celebradas durante los días 21-24 de noviembre de 1998

Indice

- 1.- El mercado de los buques de pasaje hoy
- 2.- Proyecto conceptual
- 3.- Dimensionamiento básico y parámetros de la arquitectura del buque
- 4.- La reglamentación aplicable y el proyecto del buque de pasaje
- 5.- Características generales de las formas de los buques de pasaje
- 6.- Instalaciones de maquinaria en los buques de pasaje
- 7.- Conceptos generales del proyecto estructural de los buques de pasaje
- 8.- Instalaciones específicas típicas en los buques de pasaje
- 9.- Bibliografía

1.- El mercado de los buques de pasaje hoy

A pesar que el transporte marítimo de carga incrementa sus cifras año tras año, el transporte marítimo de viajeros ha perdido buena parte del protagonismo que tuvo en su día.

El avión está sustituyendo al mismo en los trayectos largos por cuestión de rapidez, quedando relegado el transporte marítimo para trayectos más cortos. No obstante, el transporte marítimo de pasajeros ha emprendido la especialización en dos caminos: por un lado la actividad turística de los buques crucero y por otro las embarcaciones rápidas, que se consolidan como alternativa al avión en distancias cortas. Finalmente el transporte de pasajeros en buques convencionales, tiene que apoyarse en la carga para buscar su rentabilidad, destacándose los buques tipo ferry, que permiten al pasajero el transporte del vehículo, uno de los factores para la elección del barco como medio de transporte.

En el apartado de cruceros diremos que de los catorce millones de pasajeros que utilizaron en el pasado año los puertos españoles, un millón trescientos mil lo hicieron por causa de un crucero, siendo el puerto más activo el de Barcelona, con 360.000 pasajeros de crucero en el pasado año. De acuerdo a los datos aportados por Puertos de Estado el 7,2% de los ingresos de la Autoridad Portuaria de Baleares procedieron de la actividad de cruceros durante 1997. En Málaga la participación de los cruceros en los ingresos de la Autoridad Portuaria fue del 4,3% y en el caso de Barcelona se elevó al 2,3% de los ingresos. En cualquier caso suponen aumentos muy considerables con respecto a las cifras de años anteriores.

El crucero tiene tres grandes mercados en el mundo: Caribe, Mediterráneo, Norte de Europa.

Respecto a las embarcaciones rápidas diremos que son eficaces en trayectos cortos, de hasta tres horas y media, con buen estado de la mar, siendo el estado de la mar el principal enemigo de las embarcaciones rápidas.

A continuación se presentan dos tablas indicativas de la evolución del número de pasajeros en el transporte marítimo español.

Tabla 1.1. Evolución del número de pasajeros transportados por Compañía Trasmediterránea.

TRÁFICO PASAJEROS	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Barcelona-Palma							
Barcelona-Ibiza							
Barcelona-Mahón							
Valencia-Palma							
Valencia-Ibiza							
Valencia-Mahón							
Barcelona-Palma (Fast-Ferry)							
Tarragona-Palma (Fast-Ferry)							
Valencia-Ibiza (Fast-Ferry)							
Palma-Ibiza (Fast-Ferry)							
Valencia-Ibiza (Hidro)							
Palma-Ibiza							
Palma-Mahón							
Crucero Baleares							
Palma-Ibiza-Sete							

Tabla 1.1 (continuación)

TRÁFICO PASAJEROS	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
SECTOR BALEARES	926.487	842.186	776.588	708.753	701.045	747.939	777.333
Cádiz-Canarias Península.-Canarias (Av+Br) Las Palmas-Tenerife (Jet-Foll) Las Palmas-M. Jable (Jet-Foll) Las Palmas-Tenerife (Ferry) Tenerife-S. C. Palma Las Palmas-Pto. Ros.-Ace. Arrecife-Valverde Cristianos-Gomera (Ferry) Cristianos-Valverde Cristianos-Gomera-S.C.Palma Cristianos-Gomera (Hidro) Cristianos-Valle Gr. Rey (Hidro)							
SECTOR CANARIAS	822.033	781.479	767.309	996.106	995.955	1.180.981	1.173.208
Málaga-Melilla Almería-Melilla							
PENÍNSULA MELILLA	435.260	475.700	543.523	516.632	447.865	413.737	318.874
Algeciras-Ceuta Algec. -Ceuta (Emb. Rápidas) Algeciras-Tánger Algeciras-Tánger Algeciras-Tánger (Hidro)							
ESTRECHO	1.491.339	1.668.643	1.430.346	1.386.483	1.455.891	1.599.247	1.505.218
SECTOR SUR-ESTRECHO	1.926.599	2.144.343	1.973.869	1.903.115	1.903.756	2.012.984	1.824.092
TOTAL COMPAÑÍA	3.675.119	3.768.008	3.517.766	3.607.974	3.600.756	3.921.904	3.774.633

Tabla 1.2. Pasajeros transportados en los tráficos de cabotaje españoles (*1000)

PUERTO	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
	emb	disb	emb	disb	emb	disb	emb	disb	emb	disb	emb	disb
Algeciras	1.328	1.097	1.230	1.071	1.111	1.004	1.014	975	1.041	995	1.111	1.023
Almería-Motril	128	114	164	137	153	125	127	111	131	114	100	68
Baleares	960	1.016	1.053	1.053	1.248	1.295	1.073	1.138	960	1.015	994	1.046
Barcelona	294	262	207	218	260	231	242	214	241	227	239	271
Cádiz	22	22	12	11	16	13	12	10	14	12	13	12
Ceuta	1.095	1.303	1.062	1.215	1.008	1.122	980	1.017	1.002	1.024	1.043	1.077
Las Palmas	300	290	265	258	281	284	332	335	533	604	502	506
Málaga	121	114	122	121	118	126	99	117	79	98	68	91
Melilla	227	249	256	287	248	269	220	225	209	207	152	169
Santa Cruz Tfe	1.533	1.546	1.564	1.623	1.925	1.783	1.820	1.785	1.945	1.880	1.983	1.936
Tarragona	0	0	0	0	6	4	24	25	17	18	0	0
Valencia	145	122	132	110	104	83	78	59	100	96	109	97
OTROS	124	123	186	185	213	221	209	218	272	259	n.d.	n.d.
TOTAL	6.277	6.258	6.253	6.289	6.691	6.560	6.230	6.229	6.544	6.549	6.314	6.296

Fuente: Datos procedentes de las memorias estadísticas de Puertos del Estado

2.- Proyecto conceptual

2.1. Generalidades

Como hemos visto en el apartado anterior, el mercado y la evolución de los buques de pasaje están en una fase de absoluta expansión y con un crecimiento continuado y sostenido.

El punto de partida de su proyecto conceptual es el del conocimiento de la tipología del buque cuyo proyecto vamos a acometer y para ello nos encontramos con la clasificación del gráfico 1, la cual condiciona en

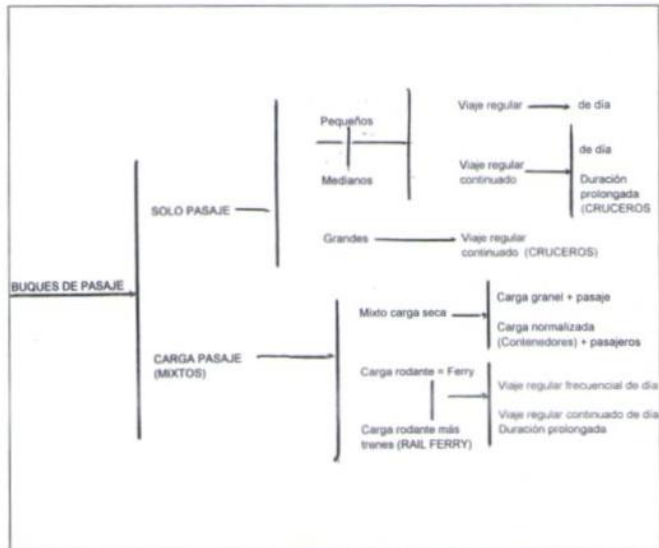


Gráfico 1

primer lugar el tipo de buque a proyectar y en segundo lugar los diferentes parámetros de ingeniería elegidos. Otro aspecto básico a tener en cuenta en el proyecto conceptual de este tipo de buques es el del **ÁREA GEOGRÁFICA** para su operación y explotación. Fundamentalmente y en la actualidad nos encontramos con diversas áreas operacionales distintas, para los diferentes tipos de buques expuestos anteriormente.

Para los buques de Crucero, es decir los dedicados exclusivamente al transporte comercial de personas a bordo con fines turísticos, de ocio o similares, actualmente las áreas típicas de operación son:

- Zona del Caribe y Golfo de México
- Zona de Península de California y Costa del Pacífico
- Continente Sur Asiático
- Mediterráneo en toda su extensión
- Países Nórdicos

Para los buques Mixtos y los dedicados principalmente al transporte de carga rodada en sus dos versiones (trenes - autobuses / coches / camiones) el área de operación es sensiblemente distinta a los anteriores; fundamentalmente porque debe requerir mayoritariamente, conexiones más o menos regulares de continente-isla; tales son los casos de tráfico en:

- Canal de la Mancha
- Mar Báltico
- Mar del Norte e Islas Británicas
- Mediterráneo e Islas en este enclave
- Islas Canarias
- Oceanía e Islas (Nueva Zelanda)
- Norte de Europa.

Es preciso hacer una mención especial al tráfico mixto existente en el continente asiático a unas áreas de operación muy singulares: Japón y Filipinas; los cuales presentan una peculiaridades en las características de los buques utilizados que condicionan su proyecto de forma singular.

Se ha procedido a un estudio pormenorizado de una serie de buques proyectados y construidos en esta década y que anualmente han sido considerados como más significativos (Ref. (1) y Ref. (6)).

Los buques analizados se distribuyen con el siguiente desglose:

- cruceros	43	43%
- ferrys	50	50%
- rail ferrys	8	7%
	101	100%

que podemos representar en el gráfico 2 y que puede dar una clara idea de la distribución porcentual por tipos de estos buques tan característicos.

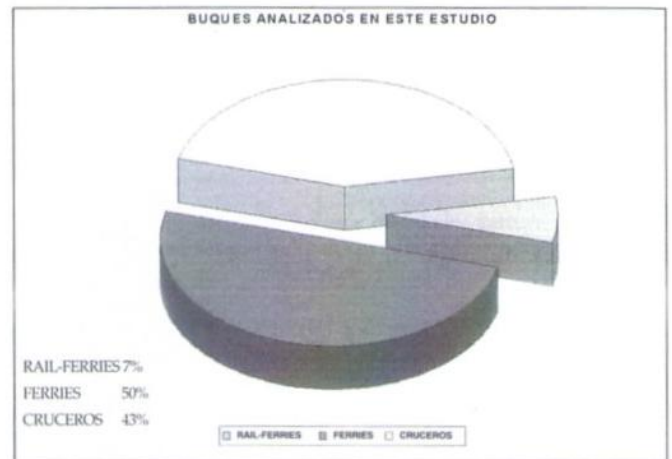


Gráfico 2

2.2. Fundamentos del Proyecto Conceptual

El proyecto conceptual de estos buques va a depender en primer lugar de su tipología. Con el fin de no realizar este estudio de una forma UNIVERSAL que seguramente nos conduciría a verter conceptos válidos para unos tipos de buques y carentes de justificación técnica para otros, vamos a detenernos en el análisis de exclusivamente tres tipos de buques:

- cruceros
- ferrys
- rail ferrys

Estos buques presentan Requisitos Previstos de Actividad, en adelante RPA (ref. 2) tanto del tipo **Cuantitativo** (núm. de pasajeros, metros lineales de carga ...), del tipo **Cualitativo** (pasaje a cabinas, zonas de servicio ...) como del tipo **Limitativo** (paso de canales, o zonas de atraque ...)

Por otra parte todos ellos son buques de los denominados de "Superficie o de Longitud de Carril" (Ref. 3), necesarios para ubicar el número de personas o las unidades rodantes a cargar, especificadas como RPA.

Es preciso señalar una clara diferencia conceptual entre el buque de carga Ro-Ro y el buque de pasaje ferry, aún cuando las unidades de carga a transportar por ambos sean similares.

En los tipos de carga Ro-Ro, la unidad a transportar lo constituye un remolque en sus diferentes variantes (long. 12,5 m. normalmente) que se estiban sin la cabeza tractora. De forma similar los buques denominados Car-carrier, transportan coches para su posterior venta o redistribución en el parque automovilista.

También se utiliza este tipo de buque para transportar contenedores que son cargados con vehículos rodantes (fork-lifts trucks).

Por el contrario, en los buques Ferrys y Rail-Ferry la carga transportar la constituyen unidades completas (carga + cabeza tractora en sus di-

ferentes variantes): camiones, autobuses, trenes, turismos), con longitudes normales máximas, los de carreteras, de 16/17 m., así como vehículos ligeros de servicios y uso de los pasajeros que viajen a bordo y muchos de ellos con el equipaje cargado en el interior de los mismos.

Por todo ello las características o dimensión conceptual que defina el buque a proyectar va a depender del tipo del mismo.

2.3. Buques de Crucero

Para los buques de cruceros y siguiendo el concepto de "cuarta dimensión" (Ref. 4) es práctica general definir este tipo de buque por su Arqueo IMO (Ref. 5). Del análisis paramétrico de buques de cruceros, encontramos la siguiente relación entre las GT (toneladas de registro bruto) y el número de pasajeros:

$$GT = 31,211 \times NPAS + 342,87$$

que podemos ver representado en el gráfico 3, y nos da una primera idea de la dimensión principal del buque.

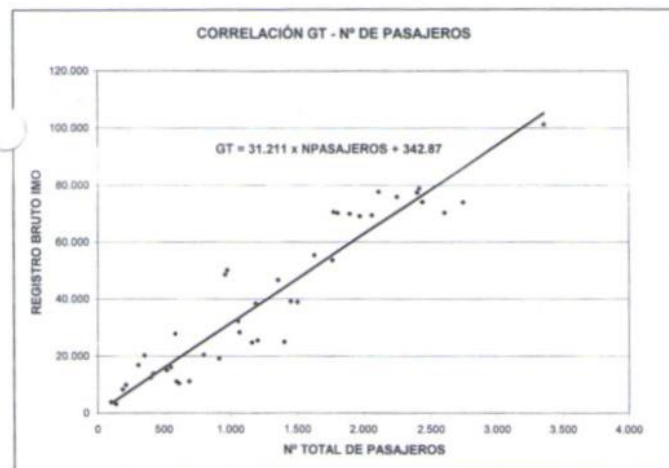


Gráfico 3

2.4. Buques Ferry o Rail Ferry

Para los buques tipo Ferry o Rail Ferry, la práctica comúnmente empleada es la de caracterizarlos por los metros lineales de carretera. Aún cuando la carga rodante está más o menos normalizada, la multimodalidad del transporte en Ferries implica que la misma sea variada en su longitud, principalmente debido a los diferentes tipos de vehículos usados, fundamentalmente los vehículos pesados tipo camión o "trailer". Por ello la definición de este tipo de buques se realiza por las "carreteras disponibles" y es en base a este concepto, lo que nos lleva a investigar sobre una correlación entre la superficie libre total de la "cubierta típica" o cubierta de compartimentado y la "superficie útil" total de esta cubierta. Todo ello encaminado a encontrar una relación típica entre la longitud de esta cubierta (función de L_{pp} seguramente) y la manga de la misma.

De acuerdo con este razonamiento podemos suponer una relación de:

$L_{pp} \times B = f$ (metros lineales, ancho carreteras, nº cubiertas), datos que figuran en los RPA del Armador.

De la investigación y conocimiento del mercado de este tipo de buque se puede concluir que el nº (n) de cubiertas de carga rodante es, una, dos o tres cubiertas, entendiendo y numerando las cubiertas en orden ascendente desde el doble fondo. La carga en esta cubierta de doble fondo en la mayoría de los casos es marginal.

De la investigación de buques de este tipo construidos en esta década podemos concluir que la distribución porcentual de carga en las cubiertas disponibles al efecto, tanto en porcentaje de metros de carreteras disponibles como en unidades a transportar, es del siguiente orden:

- Doble fondo	11%
- Cubierta Principal o de compartimentado	44%
- Cubierta Superior	45%
Total	100%

Para el transporte de carga rodada en buques Ferries, la anchura de las carreteras supone un valor más o menos constante con variaciones entre 2,9 y 3,1 m., necesarios para el paso, entre vehículos, estiba y trincaje de la carga. Por ello y entendiendo que el coeficiente de aprovechamiento de la superficie coincide con los porcentajes indicados anteriormente dependiendo del número de cubiertas de carga rodante definidos en los RPA, encontramos la siguiente expresión para la cubierta principal:

$$\text{Área de carreteras} = 0,5 L_{pp} \times B + 649$$

que podemos ver representada en el Gráfico 4.

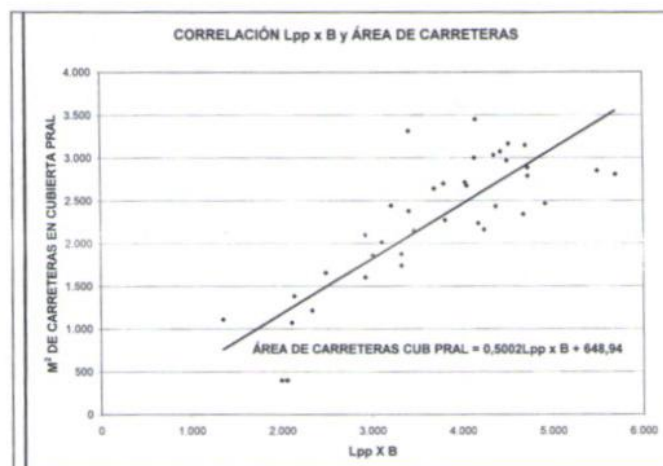


Gráfico 4

Ejemplo: Suponemos un buque Ferry para transporte en tres cubiertas de carga, de 1500 m. lineales de 3,1 m. de ancho.

De la expresión anterior, y de los datos facilitados, obtenemos:

$$1500 \times 3,1 \times 0,44 = 0,5 L_{pp} \times B + 649$$

$$L_{pp} \times B = 2800.$$

El buque proyectado en cuestión tuvo unos valores de:

$$L_{pp} = 125 \text{ m.}$$

$$B = 23,2 \text{ m.}$$

$$L_{pp} \times B = 125 \times 23,2 = 2900 \text{ (error 3,5\%)}$$

que se adapta con bastante aproximación a la expresión que se ha indicado.

Es preciso indicar que la correlación se ha realizado con una mayoría significativa de buques con carga en tres cubiertas, que es una disposición típica para estos buques.

Sin duda, para una disposición de carga en buques con una cubierta ro-ro o dos, podríamos encontrar una relación similar.

Para los buques Rail-Ferry, la expresión a utilizar sería la misma que la encontrada anteriormente, dado que las cubiertas "Rail", mayoritariamente una y la denominada como cubierta principal, de compartimentado o cubierta nº 2, debe de estar también modulada "superficialmente" para el transporte alternativo de vehículos con ruedas neumáticas.

3.- Dimensionamiento básico y parámetros de la arquitectura del buque

Una vez conocidos los valores conceptuales de los diferentes buques de los que estamos tratando, parece razonable continuar investigando sobre estas "características conceptuales" y las dimensiones básicas del

buque, para ello y siguiendo con la conocida subdivisión de los buques objeto de este estudio, obtenemos los siguientes valores:

3.1. Buques de Crucero

Siguiendo las directrices clásicas de relacionar la eslora del buque con su desplazamiento o con el volumen de carena, o incluso con el Peso Muerto, mediante una expresión de similares unidades dimensionales (Joessel, Nogid, Schneekluth, etc.) vemos que podría existir una relación similar a $GT = f(L_{pp}^n)$, con n próximo a 3, y que desde un punto de vista técnico la hace razonablemente posible debido a la existencia de relaciones proporcionales entre:

- Eslora / Manga
- Eslora / Puntal
- Manga / Puntal
- Arqueo IMO / Eslora x Manga y Puntal.

Del estudio de buques de Cruceros encontramos la siguiente expresión que se ajusta a lo expuesto anteriormente y que se representa en el Gráfico 5:

$$GT = 0,0683 L_{pp}^{2,5613}$$

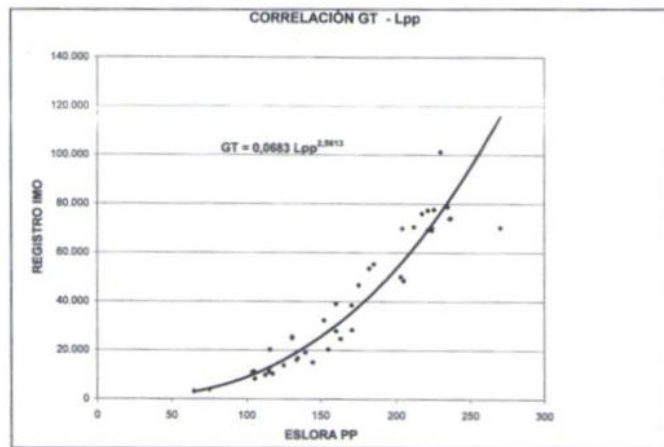


Gráfico 5

De esta manera partiendo de un RPA típico en buques de Cruceros, como es el Registro Bruto, podemos determinar aproximadamente la eslora entre perpendiculares del buque proyecto.

Para la determinación de la eslora entre perpendiculares, parámetro típico en los cálculos de arquitectura naval, hacemos uso de la expresión siguiente, deducida aproximadamente del análisis de los buques referenciados anteriormente (Gráfico 6)

$$L_{pp} = 0,855 L_T$$

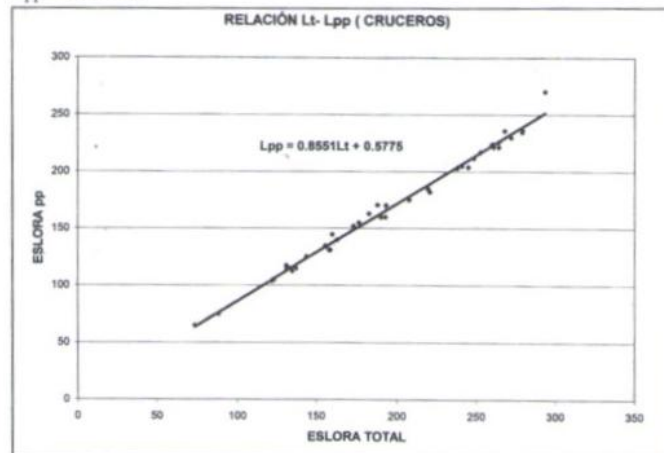


Gráfico 6

De forma similar se podría fijar el valor de la manga deducida de la siguiente expresión en este caso obtenida de buques de Cruceros

$$L_{pp} = 8,0119 B - 44,673$$

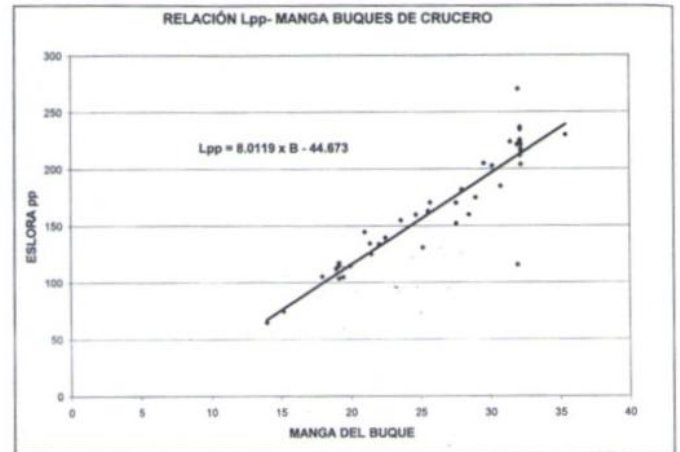


Gráfico 7

Con un campo de variación típico de:
 $5 < L/B < 7$

Es preciso indicar que los buques de pasaje con valores de registro bruto entre 70.000 GT y 80.000 GT irán dimensionados típicamente para una manga "panamax", es decir con un valor de 32,20 / 32,25 m. correspondiente a los 106 pies máximos permitidos de manga de los buques a través del Canal (Ref. 7).

Para determinar el valor del puntal del buque hemos de analizar los valores de:

- Arqueo bruto.
- Puntal cubierta compartimentado (cubierta principal)
- Puntal cubierta más alta (sun deck - promenade deck)

Todos ellos valores típicos, en los buques de pasaje y que constituyen las siguientes expresiones que relacionan las tres variables de forma bastante aproximada.

$$L_t . B . H_T = 4,78 GT + 12253$$

$$H_1 = 5,14 + 0,1302 H_T$$

En ésta última correlación se encuentra mayor dispersión que en otras relaciones estudiadas, seguramente debido a que la extensión en altura de los buques está más condicionada a la Arquitectura Interior del mismo que a conceptos de arquitectura naval. No obstante se puede considerar que la parte de la obra viva es aproximadamente 1/3 de la altura total del buque.

La determinación del calado, a falta de un estudio de pesos detallado, que será el que fije en su momento el valor del mismo, se puede determinar a partir de la siguiente expresión:

$$T = 1,20 + 0,5877 H_1$$

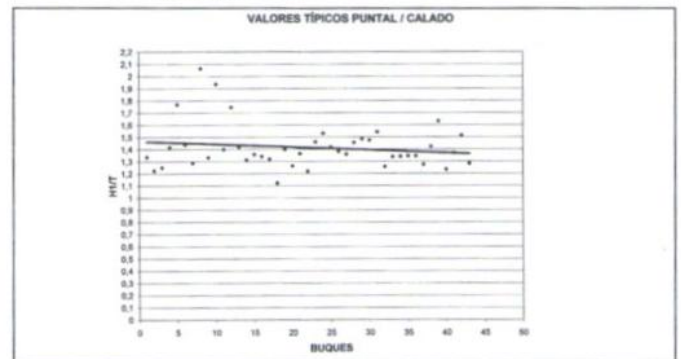


Gráfico 8

en donde quizás no encontramos tanta dispersión con valores típicos de H_1/T de:

$$1,2 < H_1/T < 1,6$$

Comprobando en el Gráfico 9 que la tendencia del francobordo en este tipo de buques es:

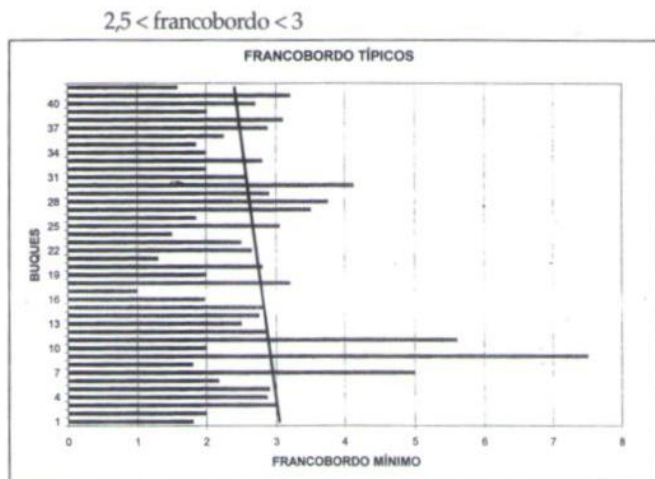


Gráfico 9

3.2. Buques Ferry y Rail Ferry

En el capítulo anterior correspondiente al Proyecto Conceptual hemos encontrado una posible relación entre un valor de RPA típico en los buques de pasaje de carga rodada como son los metros lineales de carreteras y el producto de dos dimensiones básicas: L_{pp} y B .

Las últimas tendencias de diseño de estos buques indican claramente la disposición sobre la cubierta principal de espacios que proporcionan la reserva de flotabilidad necesaria para hacer frente a posibles inundaciones de espacios inferiores. Es por ello por lo que la manga del buque debe estar modulada no solamente por el ancho de las carreteras de carga rodada (3 / 3,10 m.) sino para la disposición de estos espacios de flotación. Esta reflexión que para los buques de tamaño medio (manga menor de 24 m. aprox.) no resulta común para los buques mayores en los que la disposición de un guardacalor central es prevaeciente y la manga está modulada al número de carreteras disponible sobre la cubierta.

Por ello hemos pensado en utilizar la relación típica $B = f(L_{pp})$ para ajustar las dimensiones básicas de estos buques y que resulta con la expresión siguiente:

$$B = 0,099 L_{pp} + 10,759$$

que vemos reflejada en el gráfico 10.

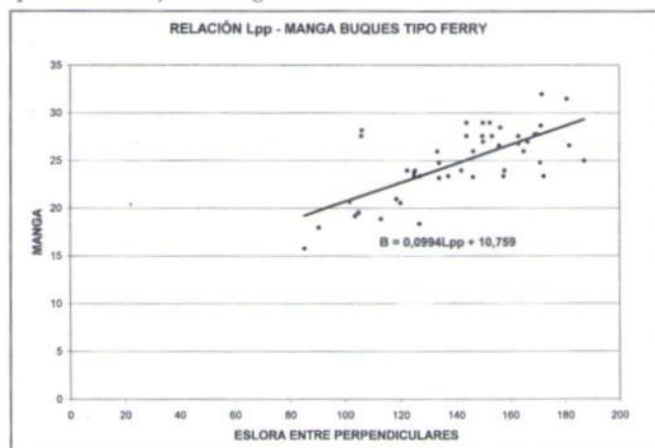


Gráfico 10

El número de carreteras disponibles en manga está en función del valor de ésta última dimensión y de los espacios disponibles para elementos estructurales (bulárcamas de costado, puntales,) o troncos guardacalores y espacios vacíos situados sobre la cubierta. Pudiendo encontrar en definitiva una razonable relación:

$$n^{\circ} \text{ de carreteras} = 0,27 B$$

La eslora total puede determinarse a partir de la expresión siguiente deducida de los buques analizados en este estudio:

$$L_{pp} = 0,8124 L_T + 13,755$$

El resto de las dimensiones principales (Puntal a la cubierta principal) y Calado, se pueden deducir de las siguientes relaciones:

$$L_{pp} = 19,571 H_1 - 18,357$$

$$T = 0,646 H_1 - 0,5$$

comprobando la existencia en estos buques de un francobordo típico de:

$$2 < \text{francobordo} > 2,75 \text{ m.}$$

como se ve representado en el gráfico 11.

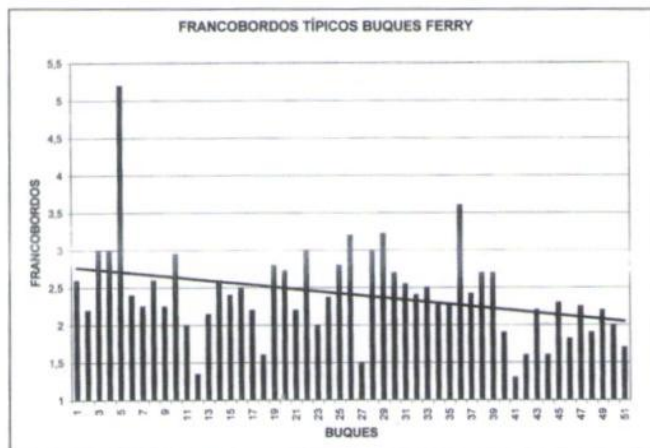


Gráfico 11

3.3. Pesos

Se ha indicado en otros apartados que los buques cuyo proyecto se plantea de forma general en este estudio son de los denominados de "superficie" o volumen. Es por ello por lo que el peso muerto del buque no suele constituir un RPA. No obstante las necesidades de carga en los buques Ferrys y Rail Ferry obligarán al dimensionamiento del buque para una carga típica de aproximadamente 3 T/metro lineal.

Adicionalmente para constituir el peso muerto resultante del buque deben prefijarse las capacidades de consumos para proporcionar la autonomía requerida al buque, el peso de tripulación, pasajeros y efectos, contabilizando aprox. 100 Kg./persona y el de víveres, efectos que forman parte de este concepto.

Para estos buques la relación peso muerto / desplazamiento resulta bastante menor que el de otros buques de carga comerciales, teniendo los siguientes valores típicos para ambos tipos de buques.

$$\text{Ferrys TPM} = 0,3147 \times \text{Desplazamiento}$$

$$\text{Cruceros TPM} = 0,1911 \times \text{Desplazamiento}$$

La determinación del peso de aceros y del peso en rosca de un buque proyecto en esta fase de diseño que estamos contemplando, solo se puede realizar mediante formulación de base estadística.

Para ello el clásico método de Watson (Ref. 14) suele ser aún un procedimiento bastante válido para determinar al menos en esta fase de proyecto un valor aproximado de estos conceptos. La expresión utilizada para la determinación del peso de aceros es:

$$W_S = K_1 E^{1,36}$$

$$\text{con, } E = L_{pp} (B+T) + 0,85 L_{pp} (H_1 - T) + K_2 \sum L_{SUP} \times H_{SUP}$$

$$\text{y } K_1 = 0,036 \text{ Cruceros}$$

$$0,038 \text{ Ferries}$$

$$0,039 \text{ Rail Ferries}$$

$$0,75 < K_2 < 0,85$$

Expresión simplificada de la original de Watson, considerando que todas las construcciones sobre la cubierta a efectos de peso se consideran superestructuras.

El peso de maquinaria y equipo incluida la habilitación normal de este tipo de buques presentan las siguientes expresiones según ref. 16.

$$W_m = K_1 \frac{BHP^{0,84}}{100} + K_2 \times BHP^{0,7} + K_3 L_{pp}^{1,3} \times B^{0,8} \times H_S^{0,3}$$

y valores típicos de:

$$6 < K_1 < 6,5$$

$$0,55 < K_2 < 0,6$$

$$0,02 < K_3 < 0,025$$

$$W_{e+H} = K_4 L_{pp}^{1,3} \times B^{0,8} \times H_S^{0,3}$$

$$0,15 < K_4 < 0,20$$

Igualmente y a efectos orientativos en la misma ref. 16 se considera para el buque en rosca:

$$KG = 0,43 / 0,45 H_T$$

$$XG = 0,45 / 0,48 L_{pp}$$

desde la perpendicular de popa, y valores típicos de GM en el rango de 1,5 / 2 m. para buques medianos ($L_{pp} \sim 120$ m.) y de 2,5 / 3 m. para buques de mayor porte.

3.4. Espacios disponibles de la Arquitectura Interior

Aún cuando en la Ref. 4 existe abundante información relacionada con este tema, a continuación se indican valores típicos utilizados en la arquitectura interior de este tipo de buques.

● Espacios de carga rodada:	
- Altura libre =	4,6 / 4,9 m.
- Estructura soporte cubierta =	0,7 / 1 m.
- Plataformas (cardecks) transporte vehículos ligeros =	0,2 / 0,3 m.
- Margen + flecha cubierta =	0,1 / 0,15
● Zona superestructura :	
- Camarotes:	
Altura libre	2,1 / 2,4 m.
Estructura soporte cubierta	0,45 / 0,65 m.
Margen + flecha cubierta	0,10 / 0,15
Superficie individual :	tripulación 9 m ²
	Oficiales 15 m ²
	Pasaje 12 / 15 m ²
	Suites crucero 20/25 m ²
- Salones y espacios públicos:	
Altura libre	3 / 3,5 / 4 m.
Estructura soporte cubierta	0,45 / 0,65 m.
Margen + flecha cubierta	0,10 / 0,15
- Bares y salones públicos	1,2 m ² / PAX
- Autoservicios	1,4/1,5 m ² / PAX
- Restaurante a la carta	1,6 m ² / PAX
- Cocinas principales y gambuzas	0,35 m ² / PAX para >1000 PAX
	0,45 m ² / PAX para <1000 PAX
- Cines	20 + 0,8 m ² / persona
- Pasillos y escaleras y recepción	0,4 x su. camarotes
- Puente de Gobierno	100 / 125 m ²

4.- La reglamentación aplicable y el proyecto del buque de pasaje

4.1. General

Después de la trágica pérdida del Titanic en 1912 se consideró que la seguridad marítima debía incrementarse y tenerse en cuenta a nivel

Internacional. Lo cual se realizó en 1948 cuando en el seno de las Naciones Unidas se creó la IMO, que por tanto celebra este año su 50 aniversario.

Desde entonces esta Organización Internacional ha desarrollado un progreso político y técnico siempre involucrado en el desarrollo y cumplimiento de nuevas normativas para conseguir la seguridad marítima a todos los niveles. Podemos congratularnos si como consecuencia de la nueva normativa puesta en vigor en los buques, sucesos como el fuego a bordo del Crucero *Romántica* del año pasado en Chipre, que pudo saldarse sin víctimas, teniendo en cuenta los efectivos medios propios de protección y extinción de incendios, y sistemas de evacuación de las 800 personas a bordo en ese instante. No obstante no nos podemos olvidar de las tragedias recientes de buques de pasaje como el *Herald of Free Enterprise* (1987), *Scandinavian Star* (1990) y *Estonia* (1994), que de alguna manera y como suele ocurrir, revolucionó "en positivo" la normativa de seguridad vigente en cada caso. Pero tenemos que realizar un esfuerzo grande de aquí en adelante, ya que el futuro que se nos avecina con tendencias de transporte individual de entre 3000 y 4000 personas, y con requisitos de evacuación de 30 minutos máximo, están enfrentados con la situación comentada del *Titanic*, con 2500 personas a bordo (Ref. 8).

4.2. Conceptos específicos

Los buques de pasaje y los del tipo Ferry en particular son los que actualmente presentan uno de los papeles más importantes en la navegación marítima hoy en día. Particularmente en viajes internacionales cortos y tanto en viajes de cruceros como en los de línea regular.

En este último caso, los buques Ferry presentan para el Armador como para el cliente, enormes ventajas fundamentalmente basadas en la diafanidad e inmediatez de los accesos a los espacios de carga. Debido a la aplicación inmediata de los conceptos que vertteremos en los siguientes apartados a los buques de crucero, vamos a particularizar en aspectos reglamentarios de los buques Ferry. Estos buques presentan las particularidades siguientes:

- Ausencia de mamparos interiores que producen una falta de limitación de la entrada de agua en el buque por avería o impide segregar adecuadamente un fuego en un espacio determinado. La normativa existente de aseguramiento de las condiciones intrínsecas de estabilidad aún con agua a bordo y la división del buque en zonas verticales no mayores de 48 m. de longitud han implementado la seguridad de estos buques.
- Puertas de acceso de carga. Siendo el acceso tanto del pasaje como de la carga del tipo horizontal y a un nivel relativamente poco distante de la flotación, la normativa prevé unas condiciones especiales de su diseño, escantillonado, inspección periódica y vigilancia permanente de su correcto estado de operación y cierre.
- Estabilidad. Aspectos a considerar para estos buques: elevada superficie velica (obra muerta), necesidades de sujeción de la carga, incluso en tráficos muy cortos; unido todo ello a un francobordo relativamente bajo para facilitar los accesos de carga y pasaje.
- Medios de salvamento. Excesivamente elevados de la flotación e integrados en los espacios de habilitación que dificulta el concepto rápido de evacuación y diafanidad de las zonas de embarque y de reunión en caso de emergencia.
- Tripulación. Excesiva y de ámbito multinacional que dificulta una coordinación interior entre ella.

4.3. ¿Son seguros los buques de pasaje?

Particularmente creemos que las estadísticas son solo eso - Estadísticas-, pero según Informe de Accidentes del Lloyd's Register, entre 1989 y 1994 perdieron la vida en la mar 4.600 personas y 1/3 de ellas involucradas en buques de pasaje. Pero es preciso señalar que en un alto porcentaje estaban involucrados buques con concepto Ro-Ro. Es por ello por lo que en los últimos 5 años se han implantado los medios de seguridad de este específico tipo de buque. En las referencias (11) a (13) se han descrito los procedimientos y reglas aplicables a buques existentes en virtud de las enmiendas al SOLAS de 1992 a 1995.

4.4. Reglamentación aplicable básica

El Convenio SOLAS es el documento más importante de IMO. Actualmente figura en una edición consolidada de 1997 y Enmiendas de 1996 aplicable desde julio de 1998. Otros Convenios y Reglamentos básicos aplicables a este tipo de buques son:

- Los Convenios ILLC 66 y COLREG 72 son normativa básica también para este tipo de buque. Ambos Convenios han tenido Enmiendas posteriores que los actualizan en base a nuevas Reglas desarrolladas.
- El Convenio MARPOL actualmente en una edición consolidada de 1991 y conjunto de Enmiendas de 1994 y 1995, es un texto de gran interés a contemplar en el proyecto de este buque, fundamentalmente en lo referente a aguas oleaginosas, sucias y basura, todas ellas de gran importancia en estos buques.
- Otros Convenios como ILO y los específicos para paso de Canales, son igualmente documentos básicos aplicables al proyecto de estos buques.

A efectos de aplicación de la normativa específica básica de la IMO, un buque de pasaje es aquél que transporta más de 12 pasajeros.

Hasta 1960 el concepto determinista de prevención de averías prevalecía en todas las consideraciones reguladores. Con este concepto se determinaba específicamente el tipo de avería a considerar.

La Resolución IMO A265 (VIII) adoptada en 1973, como método equivalente de cálculo en determinados buques compartimentados longitudinalmente (Ferry), plantea un concepto probabilístico de supervivencia en caso de que ocurra una avería y este concepto está más extendido y desarrollado y es ahora aplicado a los buques de carga. El concepto indica que el azar está involucrado en la extensión y situación de la avería y no especifica qué parte del buque se inunda. Sin embargo sí especifica la probabilidad de ocurrencia del daño a lo largo del buque y podemos establecer la probabilidad de extensión. La probabilidad de supervivencia es la suma de los productos para cada compartimiento de la probabilidad que un espacio se inunde y la de que el buque no zozobre. El concepto probabilístico debiera, en estos buques, aplicarse en paralelo a un compartimentado longitudinal bajo la cubierta de cierre o de compartimentado, necesario cuando se transporte carga bajo dicha cubierta, para lo que el compartimentado transversal clásico no parece compatible con ello.

4.5. Seguridad intrínseca

Los grandes espacios abiertos en buques de pasaje y de crucero están en principio enfrentados con las normas clásicas de prevención y extinción de incendios en buques de carga. Para suplir esta deficiencia se han desarrollado conceptos específicos para:

- Dividir el buque en zonas verticales intrínsecas seguras.
- En buques Ferry la división es de tipo horizontal, con el mismo índice de seguridad.
- En buques Ferry se realizan instalaciones adicionales de extinción de incendios, todo ello implementado con dispositivos de vigilancia y monitorización de los espacios de carga rodada
- Medidas especiales para trincaje de la carga, evitar el acceso del pasaje a los espacios de carga y normas específicas de umbrales de los accesos a los espacios debajo de la cubierta de compartimentado.

4.6. Los accidentes marítimos y las Enmiendas del SOLAS

Como podemos comprobar es frecuente legislar contra posibles accidentes, después de que estos se hayan producido.

El *Herald* (1987) aportó las siguientes enmiendas:

- 1988 (abril). Integridad del casco y sus aberturas externas. Patrullas y vigilancia especial. Luces de emergencia y alumbrado supletorio.
- 1988 (octubre). Mejora de las condiciones de estabilidad después de averías (SOLAS 90) incluyendo momentos adrizantes adicionales. Comprobación periódica de peso en rosca del buque.
- 1989 (Abril). Mejora de los índices de estanqueidad de aberturas en mamparos.
- 1991 (Mayo). Código de afianzado de la carga. Medidas especiales contra incendios y concepto "atrium".

- 1992 (Abril). Implementación de medidas de seguridad después de averías en el concepto A/Amax.
- 1992 (Diciembre). Implantación de medios de C.I. Rutas alumbrado fotoluminiscente.
- 1994 (Mayo). Implantación medios intrínsecos de seguridad Código ISM (Capítulo IX)
- y Capítulo XI. Medidas especiales para incrementar la Seguridad Marítima.

El accidente del *Estonia* (1994) aportó las siguientes Enmiendas:

- Conferencia SOLAS 95. Estándar dos compartimientos mínimo para transporte de más de 400 pasajeros, incluyendo agua en cubierta de altura en función del francobordo residual y altura significativa de ola. Accesos prohibidos a la zona ro-ro en navegación.
- Enmiendas 1996. Medios evacuación externa a través de helicóptero. Modificación completa Capítulo III Salvamento con especial incorporación al dimensionamiento de los puestos de reunión, rutas de escape y altura máxima de ubicación de las embarcaciones de supervivencia.

En general la tendencia de IMO ha sido hasta ahora la de minimizar las consecuencias de los accidentes.

Ahora se está en la idea de prevenir que se produzca cualquier accidente.

5.- Características generales de las formas de los buques de pasaje

5.1. Generalidades

Dentro de los diferentes tipos de buques que se están tratando en este trabajo, podemos considerar que los siguientes parámetros son esenciales para el diseño y consideración de las FORMAS del buque proyecto (Ref. 9):

- velocidad
- estabilidad
- maniobrabilidad

Todos ellos se han tratado tradicionalmente desde el punto de vista de aguas tranquilas. Actualmente el enorme desarrollo de todos los aspectos hidrodinámicos del buque fundamentalmente realizado por los Centros de Investigación y Canales de ensayos hidrodinámicos, está promoviendo el análisis de aspectos del buque en la ola complementado con estudios de aspectos específicos de maniobrabilidad, vibraciones y resistencia añadida por olas.

No obstante ello y en especial para los buques que estamos tratando, la velocidad del buque es el parámetro más importante en la elección de los coeficientes de la arquitectura naval y el aspecto local de las formas del buque.

Tradicionalmente se ha encontrado una relación entre el coeficiente de bloque CB y el nº de Froude. De recientes buques analizados por el Dr. Towsin de la Universidad de Newcastle, se ha desarrollado la siguiente correlación:

$$CB = 0,7 + 1/8 \tan^{-1} 25 (0,23 - Fn)$$

con $Fn = V / \sqrt{gL}$, V en m s⁻¹, L en m. y ángulo en radianes.

Ejemplo: Para un buque de cruceros con L = 140 m. y V = 20 nudos = 10,29 m s⁻¹, Fn resulta de 0,277 y el CB estimado igual a 0,59.

Los buques Ferries, Rail Ferries y de Cruceros están caracterizados por una disposición de propulsores múltiples, generalmente constituidos por dos motores / 2 líneas de ejes / 2 propulsores.

Deben caracterizarse por una buena maniobrabilidad incluso a bajas velocidades y alcanzar por lo general rangos de velocidad entre 17 a 25 nudos, siendo el rango de velocidad entre 17 a 20 utilizado para embarcaciones menores de 100 m. generalmente, y el rango de velocidad alta para buques entre 130 a 200 m. en eslora y mayores.

5.2. Coeficiente de bloque (CB)

Dado el rango de valores de F_n utilizado para estos buques, el valor del CB a la eslora entre perpendiculares resulta variable en el campo siguiente:

$$0,55 < CB < 0,65$$

con tendencias a utilizar el rango:

$$0,6 < CB < 0,65$$

No obstante, los autores han obtenido de los buques estudiados, las siguientes expresiones:

$$\text{Ferries } CB = 0,882 - 0,9582 F_n$$

$$\text{Cruceros } CB = 0,9082 - 0,9501 F_n$$

5.3. Coeficiente de la maestra (CM)

Aún cuando ha sido tradicional en los proyectos de este tipo de buques el realizar la sección maestra con astilla muerta y costados inclinados, lo cual beneficia a las condiciones de estabilidad inicial, la mayor distribución del desplazamiento del buque en los cuerpos de proa y popa con la consiguiente penalidad en la propulsión, ha motivado que la sección maestra sea convencional para una disposición de dos líneas de ejes (costados verticales y fondo horizontal) con valores de CM en el rango:

$$0,95 < CM < 0,99$$

5.4. Posición longitudinal del Centro de Carena (LCB)

Para estos buques estamos considerando que la posición más efectiva de LCB no debe estar alejada del valor típico del 3 al 3,5% de L_{pp} a popa de la sección media, aún cuando hemos encontrado diseños recientes con valores del -4 al -5% que han obligado a disponer unas formas de popa excesivamente pronunciadas y complementadas con la disposición de apéndices que sin duda incrementan la resistencia al avance del buque.

5.5. Propulsores y Línea de ejes

El diámetro de los propulsores tiene una notable influencia en el rendimiento propulsivo total y en la existencia o no de decantación en el propulsor. Desde luego debemos elegir el mayor diámetro posible compatible con las claras o huelgos requeridos en el casco, los cuales no deben ser inferiores al 20 / 30% del diámetro del mismo (Ref. 10).

La disposición típica de las líneas de ejes es la del tipo abierto con amplio talón en crujía y ejes soportados por robustos arbotantes o bien mediante la adopción de henchimientos en una disposición de línea de ejes cerrada, lo cual constituye desde el punto de vista constructivo más costoso.

5.6. Bulbo en proa

Su instalación parece obligada en este tipo de buques y caracterizados por la forma "cuello de oca", con una posición bastante elevada del centro de empuje, y elevada área seccional con valores entre el 7 al 11% del área de la maestra.

Su disposición puede presentar interferencias que deben resolverse adecuadamente con la instalación del fondeo en proa y de los medios de carga mediante rampas o puertas frontales (bow-visor o similares).

5.7. Maniobrabilidad

Algunas consideraciones sobre disposiciones típicas a contemplar en el diseño de las formas del buque desde el punto de vista de la excelente maniobrabilidad de estos buques, incluso a bajas velocidades, se refieren a:

- Área de timones (dos mayoritariamente), con superficie individual de hasta el 1,5% del área de deriva.
- Separación de líneas de ejes no menor de dos diámetros del propulsor.

- Rotación de los propulsores hacia crujía mirando desde popa.
- Timones desplazados ligeramente de la línea de ejes.

Como resumen de todo lo anterior en el gráfico 12 se muestra el aspecto de las formas típicas de un moderno Ferry.

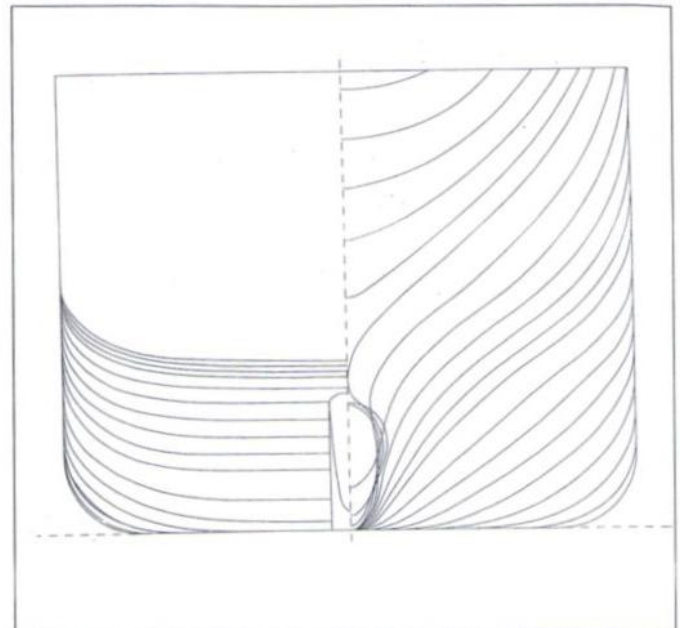


Gráfico 12

6.- Instalaciones de maquinaria en los buques de pasaje

6.1. Generalidades

En general los buques, y esto no es ajeno a los de pasaje, en los que estamos profundizando en su estudio, disponen de una configuración de propulsión de entre estas alternativas:

- Propulsión eléctrica o mecánica (diesel).
- Propulsión (diesel) directamente acoplada a la línea de ejes o a través de engranajes.
- Propulsión eléctrica directamente acoplada a la línea de ejes o a través de engranajes.
- Línea de ejes convencional o hélice en bloque (thruster/pod.)
- Otros tipos (turbinas, chorro de agua, etc.)

De entre estos tipos diferentes de propulsión la configuración estándar en los buques de pasaje (Cruceros y Ferrys) analizados de entre los construidos en esta década y la correspondiente a los siguientes tipo:

- _ Diesel / engranada / línea de ejes
- _ Diesel eléctrica / engranada / línea de ejes.

Aún cuando somos conscientes de la existencia de proyectos recientes en propulsión mediante hélices en bloque (POD / THRUSTER).

De entre estas dos configuraciones estándar tenemos el siguiente desglose para los bloques analizados:

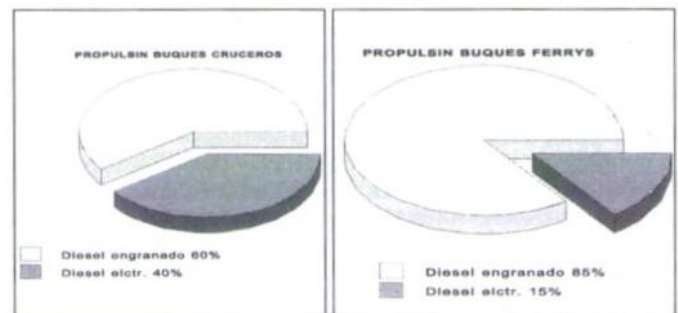


Gráfico 13

En base a ello se comprueba que en los buques de crucero la propulsión diesel eléctrica es una configuración relativamente estándar, no siendo así en los buques Ferry en los que es considerablemente minoritaria. Esto parece estar justificado por la elevada potencia eléctrica necesaria para los servicios de hotel, alcanzar menores requerimientos de vibraciones pero también para tener mayor grado de libertad para disponer los elementos de máquinas en diferentes espacios seguros de posibles averías y/o incendios. Las instalaciones propulsivas diesel eléctricas puede ubicarse con libertad a lo largo de la eslora del buque en separadas cámaras de máquinas con disponibilidad de controlar altas potencias y redundancia en equipos e instalaciones que hagan frente a diferentes tipos de accidentes. Todo ello igualmente encaminado a disponer una superficie en las cubiertas superiores orientadas a obtener la mayor superficie o volumen disponible para los espacios de pasaje y públicos.

5.2. Instalaciones de maquinaria. Conceptos generales

La potencia instalada en los buques de pasaje es considerablemente más elevada que en otros buques de tráfico comercial. Principalmente por tres aspectos importantes:

- Velocidades de navegación elevadas.
- Numerosos consumidores eléctricos a bordo y de elevadas potencias individuales muchos de ellos.
- Condiciones excelentes de maniobrabilidad y de comportamiento en mar.
- Redundancia en las instalaciones de equipos para elevar el nivel de seguridad del buque.

Todo ello está completado con una cierta restricción de los espacios destinados a ubicar la maquinaria productora de la energía para accionar el complejo sistema del buque; esta restricción se debe al obligado compartimentado bajo la flotación para obtener resultados positivos frente a averías, y a un requerido compartimentado horizontal y vertical sobre la flotación para obtener resultados positivos frente a emergencias por incendios. Además las propias restricciones del casco con unas formas con coeficientes de afinamiento relativamente bajos complementan todo lo anteriormente indicado.

Generalmente nos encontramos en un buque de pasaje con las siguientes instalaciones de maquinaria:

- Instalación que acciona el sistema propulsor y sus elementos de accionamiento y control.
- Instalación generadora de electricidad con sus elementos de accionamiento y control.
- Instalaciones auxiliares de tratamiento de combustible líquido.
- Instalaciones auxiliares de tratamiento de fluidos diversos (aire, aceite, agua salada y dulce ...)
- Instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Instalaciones de tratamiento y producción de agua potable a bordo.
- Instalaciones auxiliares de maniobra
- Instalaciones de gobierno del buque
- Instalaciones específicas de equipos de contra incendios.
- Instalaciones específicas de estabilización de la navegación o de operaciones de carga y descarga.

Todas estas instalaciones se ubican por debajo de la cubierta de compartimentado. Por encima de esta cubierta se sitúan otros equipos como los necesarios para las operaciones siguientes:

- Climatización del buque.
- Tratamiento de alimentos a bordo y su conservación.
- Tratamiento de basuras generadas a bordo
- Equipos de elevación de carga y pasaje.

Los equipos de maquinaria de propulsión y generadora de energía de los que hablaremos más extensivamente se sitúan generalmente contiguos por encima de su instalación. La disposición habitual de los espacios situados por debajo de la cubierta de compartimentado y descritos de popa a popa puede ser la siguiente:

- Local de equipo de gobierno.

- Espacios de tanques (uno, dos y hasta tres compartimientos)
- Local máq. auxiliar e hidráulicos
- Local MM.AA. y máq. auxiliar.
- Local tratamiento combustible
- Local estabilizadores (si no está integrado en el espacio anterior)
- Espacios vacíos o de carga
- Espacios de tratamiento de aguas sucias
- Instalación de agua potable
- Equipos C.I. y equipos hidráulicos.
- Propulsores auxiliares de maniobra
- Tanques de proa y pique.

La disposición relativa de los espacios de MM.PP. y MM.AA. debe integrarse siempre en la misma zona vertical, y con el fin de facilitar la disposición de la línea de ejes, los MM.PP. se disponen a popa de los MM.AA. La cabina de control de máquinas si se dispone en la cámara de máquinas debe situarse en el local de MM.AA. con el fin de evitar que puedan existir dos situaciones de averías diferentes que deje al buque sin energía. O bien disponer un complejo sistema redundante. En buques de Crucero parece un aspecto común a los buques estudiados, la disposición de un guardacalor central al que se conduzcan todos los escapes de gases. En los buques Ferry, la disposición habitual es la de guardacalores laterales en consonancia con la disposición de espacios de reserva de flotación por encima de la cubierta de compartimentado.

6.3. Instalaciones propulsoras y de producción de energía típicas

6.3.1. Planta Diesel Eléctrica

Existe clara tendencia a su instalación en los buques de Crucero. En los buques Ferry es ciertamente minoritaria su instalación.

La instalación consiste en dos líneas de ejes acopladas cada una de ellas a uno o dos motores eléctricos, a través de una reductora generalmente. Todo ello para evitar el excesivo empacho de una instalación de motor que gire en el rango de 0 - 200 r.p.m. Los motores eléctricos de propulsión son de corriente alterna con variación de frecuencia por medio de convertidores que proporcionan la variación de revoluciones del propulsor.

La planta generadora es múltiple: 4 o más MM.AA. de corriente alterna.

Con esta disposición se facilita la instalación de toda la máquina auxiliar al disponerse toda la planta diesel en una sola cámara aunque a veces por redundancia, estos equipos se colocan en dos compartimentos adyacentes, lo que representa para la instalación no obstante, una cierta facilidad en su montaje. En estas instalaciones los propulsores son de paso fijo.

6.3.2. Plantas propulsoras con 4 motores diesel propulsores o más

De entre las instalaciones propulsoras a través de motores diesel, la instalación múltiple de 4 motores representa casi el 40% en buques de Crucero y así el 60% para los buques tipo Ferry. No hemos encontrado instalaciones con más de 4 motores propulsores. Se trata de motores de velocidad media conectados dos a dos a sendos reductores. Son típicas las instalaciones padre/hijo dada la versatilidad de los mismos. Su instalación está condicionada con el empacho previsto para la cámara de máquinas. Los propulsores son de paso variable.

6.3.3. Plantas propulsoras con dos motores diesel

Se trata de instalaciones simples de motores de velocidad media conectados cada uno de ellos a una reductora. Y es la típica de los buques de menor tamaño (manga del orden de 21 m. o menores).

6.3.4. Plantas propulsoras no convencionales

Dentro de este apartado podemos hacer referencia a las siguientes instalaciones:

Instalaciones en propulsores azimutales. Consisten generalmente en una variante en la propulsión diesel o eléctrica, en la que los motores de propulsión van situados dentro del buque.

Estas disposiciones debido al tamaño de los elementos de transmisión en potencias relativamente elevadas (mayores 2 MW) están limitadas a su montaje en buques relativamente pequeños.

Instalaciones en POD. En los últimos años se ha desarrollado un montaje eléctrico de enorme aplicación a los buques de pasaje dada la versatilidad y optimización de los espacios que permite la misma.

La instalación consiste en un pozo de formas hidrodinámicas con giro de 360° en el que en su interior se dispone un motor eléctrico de accionamiento directo de un propulsor de paso fijo. La propulsión es del tipo diesel-eléctrica convencional con convertidores de frecuencia que permiten el giro del motor en el rango de funcionamiento del propulsor (0-250 r.p.m. aprox.).

7.-Conceptos generales del proyecto estructural de los buques de pasaje

En las líneas que siguen se pretenden plasmar una serie de conceptos básicos correspondientes al proyecto estructural de los tipos de buques que estamos tratando. En primer lugar y comenzando con los buques de Cruceros encontramos los siguientes conceptos básicos:

- Se trata de buques de varias cubiertas muchas de ellas extendiéndose casi a toda la eslora del buque. Estos elementos contribuyen a la resistencia longitudinal del buque. Es preciso tener en cuenta a efectos de cálculos la presencia de aberturas entre las diferentes cubiertas.
- Generalmente disponen de abundante compartimentado transversal, en número mayor que los requeridos por las diferentes Sociedades de Clasificación desde el punto de vista de resistencia estructural transversal.

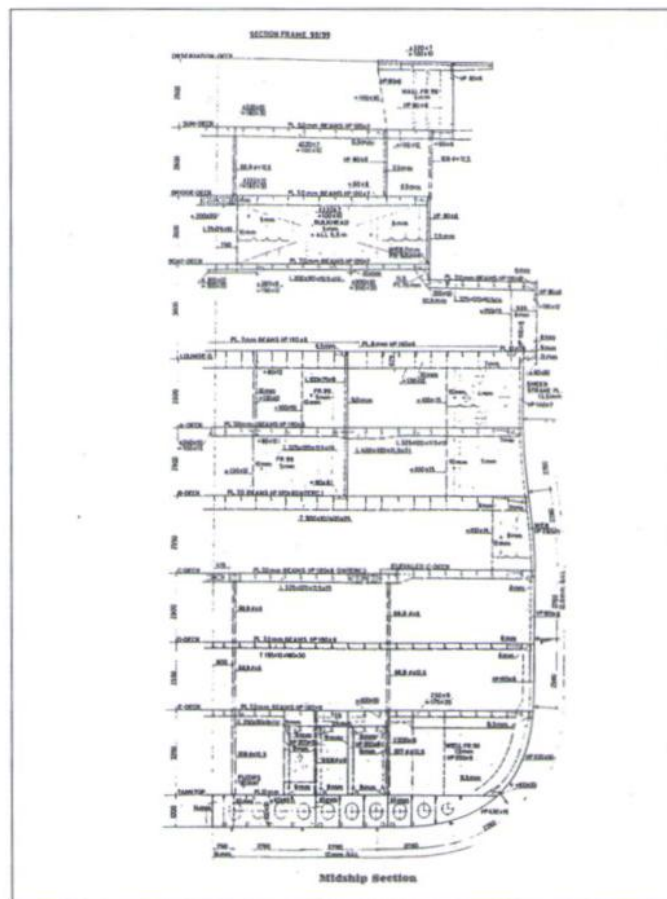


Figura 14

- No disponen de mamparos longitudinales que contribuyen a la resistencia longitudinal por lo que los requerimientos deben cumplirse con:
 - Costados
 - Fondo y doble fondo
 - Cubiertas
 - Elementos primarios y secundarios longitudinales.
- Las cubiertas, en general, se extienden a lo largo de un considerable porcentaje de la eslora. La disposición de puntales debidamente coordinados con la arquitectura interior del buque facilita la disposición de una estructura mixta típica de estos: longitudinal en cubiertas, fondo y doble fondo, y transversal en costados.
- Lo anteriormente indicado tiene igualmente referencia en el proceso productivo del buque. Al ser cascos con un coeficiente de afinamiento relativamente bajo es dificultoso obtener un óptimo rendimiento en el proceso productivo de paneles planos de costado, al casi no disponer de ellos. Al ser los paneles por debajo de la cubierta principal, con curvaturas, la mayoría de ellos, predomina un sistema constructivo transversal en estos buques. En la figura 14 se muestra una estructura típica de un buque de Cruceros.

Para los buques FERRY nos encontramos con algunos conceptos específicos que es preciso puntualizar:

- Se disponen mamparos.
- Los longitudinales constituyendo un doble casco por encima de la cubierta principal, que puede contribuir a efectos de resistencia longitudinal. Por debajo de esta cubierta y en el caso de disponer compartimentado longitudinal, este no suele extenderse en el 0,4L mínimo requerido, fundamentalmente en el semicuerpo de popa.
- El número de mamparos transversales en una construcción típica "compartimentado transversal/longitudinal" queda reducido al mínimo requerido por las Sociedades de Clasificación. En caso de compartimentado longitudinal, la separación de mamparos transversales no se mantiene a "intervalos razonablemente uniformes" tal como está requerido, por lo que la resistencia transversal del buque debe mantenerse por la instalación adicional de bulárcamas, anillos transversales, etc.
- Los elementos constructivos que contribuyen a resistencia longitudinal son:
 - Costados
 - Fondos y doble fondo
 - Cubiertas
 - Mamparos longitudinales
 - Elementos principales y secundarios longitudinales.
- Las cubiertas, al igual que en los buques de crucero se extienden a lo largo de un considerable porcentaje de la eslora del buque. La disposición estructural típica en estos buques es: longitudinal en cubiertas, fondo, doble fondo y mamparos longitudinales, y transversal en el resto. Esta disposición está igualmente en consonancia con el proceso constructivo debido igualmente que, en los buques de crucero, al disponer las zonas del costado principalmente considerable curvatura y afinamiento, dificulta la construcción longitudinal.

Por otro lado estos buques en sus costados se disponen ventanales y conductos de ventilación de espacios inferiores que presentan una dificultad añadida en la construcción longitudinal del costado, aún cuando en las zonas superiores sí que nos encontramos con suficientes paneles planos. No obstante sí que es frecuente que entre la cubierta 3 hasta la cubierta 5 la estructura de costado sea longitudinal.

En las líneas que siguen vamos a describir el proyecto estructural de los componentes más importantes y principalmente orientados a los buques Ferries.

El Convenio SOLAS y las diferentes Sociedades de Clasificación requieren, para los buques de pasaje la disposición de un doble fondo que en la medida compatible con las características del proyecto llegue hasta los mamparos de los piques de popa y proa, a puntos tan cercanos a éstos como sea posible.

En los buques Ferries con compartimentado combinado longitudinal y transversal, los mamparos transversales se extienden desde el costado al mamparo longitudinal, siempre y cuando se instale una división horizontal (doble fondo) a 0,1B desde la línea de base, como norma general. En otros casos la altura del doble fondo tiene valores de:

- $h = 0,1 \sqrt{L}$ ref. (17)
 - $h = 28B + 205 \sqrt{T}$ ref. (18)
 - $h = 250 + 20B + 50T$ ref. (19)
 - $h = 32B + 190 \sqrt{T}$ ref. (20)
- y la disposición es la de la figura 15:

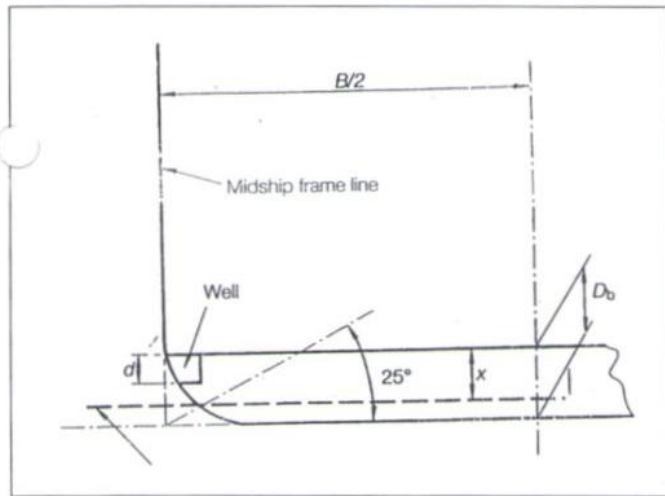


Figura 15

Es concepto común en estos buques el que la disposición estructural sea tal que evite asimetrías en caso de inundaciones, tanto por el costado como por el fondo; por ello la disposición de un túnel de tuberías no es habitual en estos buques estando esa zona estructural constituida por:

- Quilla vertical
- Dos o tres vagras a cada lado de la quilla vertical
- Arengas llenas cada tres claras en la zona central. Esta disposición de cada tres claras se ha comprobado en varios proyectos y se ha considerado óptima.
- Longitudinales de fondo y doble fondo.
- Pantoque de estructura transversal.

Costado

En construcción transversal, las cuadernas tienen una luz aproximada de 5,5 m. y deben estar soportadas además en un palmejar al medio de la luz y que suele disponerse como continuación de una plataforma/cubierta intermedia de proa o popa (plataforma de máquinas).

Por encima de la cubierta principal y hasta la zona de habilitación puede combinarse con estructura longitudinal (atención al tema de ventilación) o mantener la estructura transversal aunque desde el punto de vista de producción es más favorable la construcción longitudinal. En zona de habilitación debe prevalecer en costado la estructura longitudinal.

Cubiertas

Presentan la mayor dificultad de diseño y cálculo estructural para los buques tipo Ferry debido a:

- Estructura normalmente sin apoyos intermedios. Hay una clara tendencia aún en buques de hasta 26 m. de manga de no disponer puntales soportes en las zonas de garaje.
 - Estructura con aberturas de gran tamaño para alojamiento de los medios de acceso a los diferentes niveles. Se recomienda que todas estas aberturas estén centradas en crujía con el fin de evitar vigas en voladizo excesivo (más del 75% de la manga de luz) cuyo emparrillado resulta complicado de resolver.
 - Estructura soporte de cargas puntuales (carga en los ejes de vehículo rodantes) de considerable valor. Típicos valores de dimensionamiento de una cubierta de un buque Ferry son los siguientes:
 - Paso y estiba de trailers con una longitud total de 16 mts. y 48 tons. de peso, incluida la carga y de las siguientes características:
 - 1^{er} Eje 6 Tons. y 2 neumáticos
 - 2^o Eje 14 Tons. y 4 neumáticos a 3.300 mm. del 1^{er} eje.
 - 3^{er} Eje 14 Tons. y 4 neumáticos a 6.270 mm. del 2^o eje.
 - 4^o Eje 14 Tons. y 4 neumáticos a 1.300 mm. del 3^{er} eje.
- Neumáticos 12-20 pulgadas.

En la figura 16 se muestran resumidas unas cargas rodantes típicas.

PESO TOTAL	TIPO DE VEHICULO Y CARGAS	TIPO DE RUEDA
48 t.		NEUMÁTICA 12-20 PULGADAS
54 t.		NEUMÁTICA 12-20 PULGADAS
32 t.		NEUMÁTICA 12-20 PULGADAS
53 t.		TRACTOR NEUMÁTICA 12-20 PULGADAS PLATAFORMA NEUMÁTICA
45 t.		NEUMÁTICA
2 t.		NEUMÁTICA

Figura 16

Adicionalmente las cubiertas, en su caso, deben ser calculadas para soportar el peso de una cubierta móvil de automóviles (cardeck) cuando se disponga esta instalación, lo cual es muy frecuente en buques Ferry.

La sustentación de las cubiertas de carga rodante está constituida generalmente por baos reforzados formando anillo transversal con las bulárcamas de costado. Estos elementos resistentes deben soportar los elementos longitudinales. En zona de aberturas la transmisión de cargas se realiza longitudinalmente mediante esloras, empotradas en los transversales extremos de la abertura. Esta complejidad de diseño estructural en estos casos obliga en cualquier caso a la realización de cálculos directos mediante un modelo de barras.

Mamparos estancos

Tanto en su disposición transversal como longitudinal son de construcción plana. Generalmente reforzados verticalmente los transversales y longitudinalmente los mamparos longitudinales.

Superestructura

Con una extensión longitudinal considerable, está normalmente soportada verticalmente por el costado del buque o por mamparos longitudinales y transversalmente soportada por bulárcamas y mamparos parciales transversales. Es esencial que los elementos soporte de la superestructura estén alineados con elementos internos tales como bulárcamas, mamparos, otros puntales, etc.

Varios

a) Zona de popa

Se debe mantener una continuidad en elementos longitudinales críticos (hinchamientos, arbotantes, polines, etc.) mediante esloras, va-gras o mamparos.

Las formas en esta zona son lo suficientemente finas para que la continuidad del doble fondo no pueda mantenerse, disponiendo de fondos sencillos con disposición estructural de doble fondo de resistencia semejante. Atención a la instalación de los motores propulsores, reductores y tanques de servicio de aceite que pueden presentar dificultades de diseño debido al poco espacio disponible.

b) Zona de proa

Las aberturas en el casco, como son el yelmo de proa y similares, deben reforzarse para soportar cargas explícitamente mostradas en los Reglamentos, según requerimientos nuevos más exigentes. El bulbo generalmente tiene una elevada sección transversal y la disposición del abanico de la proa puede presentar problemas en el largado del ancla, lo que obliga en ocasiones a trasladar hacia popa la caja de cadenas.

Resistencia transversal

En los buques Ferry normalmente no se disponen mamparos transversales en la zona de carga, por lo que la resistencia transversal del buque debe mantenerse por medio de las bulárcamas y mamparos/diafragmas transversales dispuestos en los cofferdams laterales bajo y sobre cubierta principal.

Adicionalmente servirán de soporte a los elementos longitudinales. El escantillón de estos elementos resulta siempre de cálculos directos y no solo de los datos facilitados por los reglamentos. Las dimensiones de estas bulárcamas y baos están normalmente limitadas por el espacio disponible de carreteras de carga rodante incluyendo los márgenes para las deflexiones de la estructura, lo cual se suele minimizar disponiendo vigas de gran inercia (considerable altura del alma 700/900 mm.). Los puntales de apoyo de baos y esloras en zona de carga deben reducirse al mínimo imprescindible y el disponer un guardacalor central suele proporcionar estructuralmente y únicamente, beneficiosos resultados.

Resistencia longitudinal

Los buques Ferry son normalmente típicos buques en QUEBRANTO. Esto fundamentalmente es debido a que disponen de:

- Formas finas en extremos de proa y popa.
- Espacios de carga extendiéndose a todo lo largo de la eslora del buque.
- Pesados medios de carga en popa y proa.
- Uso habitual de lastres en proa y popa para compensar trimados.

Para estos buques, el máximo momento flector por quebranto en aguas tranquilas puede ser un 50% o superior al estándar indicado en los Reglamentos (Ref. 17 a 20). En consecuencia el módulo resistente de las secciones debe incrementarse, lo cual no resulta difícil dado el gran número de elementos longitudinales.

Una expresión aproximada del momento flector en aguas tranquilas en la maestra se facilita en Ref. 19.

$$M_{SV} = 0,5 (W_{LS} a_{LS} - \Delta \times a_D + M_L)$$

W_{LS} = peso en rosca del buque

a_{LS} = brazo longitudinal peso en rosca = 0,255 L aprox.

Δ = desplazamiento del buque

a_D = brazo longitudinal del desplazamiento

$$= 0,2 L \quad L = 100 \text{ m.}$$

$$= 0,18 L \quad L = 200 \text{ m.}$$

interpolando para L intermedios

M_L = suma de momentos respecto a la maestra del peso de la carga, efecto, consumos y lastre. Valores positivos indican quebranto y negativos arrufo.

Por lo general este tipo de buques no presentan problemas de Resistencia longitudinal, dado que suelen tener más módulo en el fondo que en la cubierta; no obstante es preciso comprobar el posible pandeo del fondo si se emplean para esta zona espesores relativamente bajos sobre todo si son de gran eslora, así como comprobar igualmente el pandeo de las cubiertas y costados de superestructuras por encima de la denominada cubierta resistente si se extienden más del 0,15 L.

Aún cuando como hemos indicado mayoritariamente, los buques Ferry tienen una situación de quebranto típica, debe comprobarse el mínimo valor de momento en arrufo (ola) de acuerdo con lo indicado en los Reglamentos.

Como comentario adicional, en los últimos diseños de ferrys con valores de puntales elevados, para cumplimentar criterios de estabilidad después de avería, y salvo la presencia de aberturas de tamaño considerable para el movimiento de la carga rodante, no nos hemos encontrado con problemas de resistencia longitudinal.

8.- Instalaciones específicas típicas en los buques de pasaje

En este último punto se citan algunas de las instalaciones específicas típicas en los buques de pasaje. Son instalaciones que a pesar de su posible existencia en otro tipo de buques, por su importancia cualitativa o cuantitativa en los buques que nos ocupan, mencionamos a continuación:

- a) Sistema de estabilización
- b) Potabilizadoras
- c) Aire acondicionado
- d) Tratamiento de basuras a bordo.
- e) Cocinas, autoservicios y bares
- f) Espacios comerciales
- g) Sistemas audiovisuales
- h) Perreras
- i) Enfermería
- j) Rampas de evacuación

8.1. Sistema de estabilización

La estabilización de los movimientos de balance es especialmente importante en los buques de pasaje tanto en lo que se refiere a las aceleraciones verticales producidas por buques que naveguen con una altura metacéntrica elevada ($GM > 2,0 \text{ m.}$) como a amplitudes de balance importantes. Ambos factores y especialmente el primero dan lugar a trastornos físicos y mareos en las personas.

Existen fundamentalmente dos sistemas de estabilización de los movimientos de balance de un buque:

Sistemas de estabilización pasiva. Son tanques con una disposición de costado a costado, abarcando toda la manga del buque para obtener la máxima eficiencia y situados próximo a la cuaderna maestra para evitar guiñadas. La estabilización del buque se realiza mediante una superficie libre y la geometría del tanque (diafragmas interiores, puntales, etc), obteniendo a distintos niveles de sonda del mismo, el desfase adecuado en el período propio del buque y el del tanque. Esta operación se puede optimizar mediante un sistema neumático que modifique los movimientos propios del líquido del tanque (tanques intering, Flume,...).

Sistema de estabilizadores de aletas retráctiles. Son aletas retráctiles que en su posición de recogida se alojan en compartimentos laterales abiertos, del mismo material que el casco y soldados al mismo. Las aletas tienen perfil currentiforme y para prevenir los efectos de la corrosión se deben evitar los materiales que produzcan una acción galvánica.

Mediante su movimiento de giro producen una curva de par adrizante en función del tiempo que se opone al par escorante producido por el oleaje y viento racheado, reduciéndose en amplitud el balance del buque.

Básicamente el sistema de estabilizadores consiste en:

- Aletas estabilizadoras
- Panel de válvulas de control en puente de gobierno y locales de estabilizadores y tuberías asociadas.
- Estaciones hidráulicas (bombas de giro de aleta y de recogida con su emergencia).
- Panel de manómetros.
- Cuadro de arrancadores.
- Giroscópica para enviar señales a control de ángulo de balance, velocidad y aceleración de balance y escora.

El primero de los dos sistemas es más económico que el segundo (20%), pero de menor eficiencia.

8.2. Potabilizadoras

El agua potable se puede obtener mediante plantas evaporadoras, filtros, mineralizadores, esterilizadores ultravioleta y mediante el uso de plantas de ósmosis inversa. Son equipos importantes en buques de pasaje por su gran consumo.

8.3. Aire acondicionado

El aire acondicionado en un buque de pasaje es una instalación esencial, a la cual no se le da la importancia debida. Las instalaciones pueden ser según el tipo de fluido:

- Fluido refrigerante. Unidades autónomas independientes que tomen el aire del exterior o de una derivación de ventilación.
- Aire. Pudiendo ser Monoconducto o doble conducto (aire frío y aire caliente o aire primario y secundario), de caudal variable o constante, en este último sistema de distribución de caudal constante la regulación de temperatura se puede realizar mediante by-pass del aire de retorno o baterías de postcalentamiento. La conducción del aire se puede realizar en alta presión o baja presión.
- Fluido mixto (aire-agua). Puede estar constituido por inductores (plenum) o fan-coil.
- Agua. Puede estar constituido por fan-coil o paneles radiantes.

La adición de aire exterior no debe ser inferior a: 25 m³/h por persona en salones y espacios públicos, 60 m³/h por cabina individual, 75 m³/h por cabina doble, 105 m³/h por cabina cuádruple, en el caso de enfermería y cocinas la renovación de aire será del 100%.

8.4. Tratamiento de basuras a bordo

La eliminación de basuras en la mar, así como el tratamiento de las mismas para su descarga en tierra por el Anexo 5 del Convenio internacional MARPOL 73/78.

De acuerdo al Anexo V del Convenio MARPOL, todo buque que transporte 15 personas o más y arqueo bruto superior a 400 GT deberá tener aprobado un procedimiento de tratamiento de residuos y basuras por la Administración de bandera, recogido en un Manual, a partir del 1 de julio de 1998.

El tratamiento de residuos y basuras es especialmente importante en buques de pasaje. El equipamiento más utilizado es: incineradores, compactadores, trituradores.

8.5. Cocinas, autoservicios y bares

La cocina de un buque tiene especial importancia en un buque de pasaje y particularmente en buques de crucero, con cantidades importantes de comidas a servir. Los equipos más usuales son: cocina eléctrica, freidora eléctrica, sartenes basculantes, planchas de asado, marmitas, horno de convección, campana de extracción, armarios frigorífico, balanzas, fabri-

cador de hielos, picadoras-cortadoras, abrelatas automático, exprimidores, tostadoras, hornos microondas, ablandadora de carne, cortadora de fiambres, peladora de patatas, batidora mezcladora, lavavajillas.

El equipamiento de un bar puede consistir en. Fabricador cubitos de hielo, horno microondas, termo de leche, cafetera, molino de café, expositor refrigerado, enfriadores de botellas, lavavajillas, expendedores de cerveza y refrescos, expendedores de tabaco.

En el equipamiento de un autoservicio se puede mencionar: mueble bandejero/ cubertero/tolva pan, expositor refrigerado ensaladas y platos fríos, expositor caliente/mesa caliente-baño maría, mueble dispensador de platos calientes, expositores neutro/mueble refrigerado botellas, mueble auxiliar, mueble caja, deslizador bandejas.

La cantidad o tamaño de los equipos mencionados dependerá del número de comensales o capacidad de autoservicio y bar.

8.6. Espacios comerciales, y esparcimiento

Básicamente son: tiendas, guarderías, peluquerías, cines, casinos, gimnasios, piscinas, saunas, salas de masaje. Las tiendas deben estar situadas en zonas de paso y con un cierre de acristalamiento o escaparates para mostrar los productos, las protecciones o arcos antirrobo reducirá el personal, y su distribución puede ser free-flow o de flujo único.

8.7. Sistemas audiovisuales

Tanto los espacios comunes como en camarotes y salones de butacas se puede disponer de una red de televisión y video, que en el caso de las butacas se puede optimizar incorporando auriculares para permitir que a los canales de sonido sólo tenga acceso las personas que lo requieran. En cualquier instalación se deberá cumplir la reglamentación y normativa afecta (reglamentos de Sociedad de Clasificación y convenio SOLAS) teniendo preferencia en cualquier caso la señales de órdenes de emergencia.

8.8. Perreras

La falta de estas instalaciones puede ser la causa por la que unas personas no realicen un crucero, y su existencia lo que las decida a realizar un transporte en barco en lugar del avión. Las perreras deben tener el tamaño necesario para alojar las distintas razas de perros, imbomales y toma de agua próxima para su limpieza, deben estar en zonas aireadas o con ventilación y protegidas del frío. Los daños, molestias o incluso la morbilidad de los animales es una de las causas más frecuentes de las reclamaciones en un buque de pasaje.

8.9. Enfermería

La enfermería de un buque de pasaje debe cumplir las exigencias de las autoridades de Sanidad Exterior del Estado que se trate.

A continuación se expone un equipamiento básico: mesa de reconocimiento articulada, botiquín reglamentario (tipo I, tipo II...), armario para instrumental, lavabo clínico, escritorio, librería, sillas, frigorífico, sillas.

8.10. Rampas de evacuación

Es un sistema de evacuación, utilizado en buques de pasaje y especialmente en buques de alta velocidad, en los cuales se permiten la sustitución de botes salvavidas por rampas de evacuación + balsas salvavidas, de acuerdo al Código de naves de gran velocidad.

9. Bibliografía

- (1) Significant ships 1990 / 1997 Publicación anual del RINA. Londres
- (2) Fernando Junco Ocampo. "El proyecto de buques hoy. Su estado del arte". Tesis Doctoral ETSIN 1991.
- (3) R. Alvaríño, J.J. Azpiroz, M. Meizoso. "El proyecto básico del buque mercante". FEIN Madrid, 1997.
- (4) Jaime Oliver. E.P.S. Ferrol, 1997. Xornadas sobre proxecto técnico e proxecto arquitectónico en deseño de buques de pasaxe / cruceiro / fe-