



Escola Politécnica
Superior de Ferrol

CUADERNO 1

Elección de la cifra de mérito y definición de
alternativas

Trabajo de fin de grado 14-03

“Fast-Ferry catamarán de 950 pasajeros y 250 coches”



Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ÍNDICE:

RPA:	2
Base de datos:	3
Cálculo del dimensionamiento básico:	6
Selección de alternativas:.....	18
Estimación preliminar de pesos y cálculo del desplazamiento:.....	26
Cálculo de la potencia	29
Francobordo:.....	36
Especificación:	37
Disposición general y sección transversal:.....	42
Anexos:.....	42
ANEXO 1: CÁLCULO DEL FRANCOBORDO.....	43
ANEXO 2: DISPOSICIÓN GENERAL Y SECCIÓN TRANSVERSAL	44
ANEXO 3: BASE DE DATOS.....	45

RPA:

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

ANTEPROYECTO Y PROYECTO FIN DE CARRERA

CURSO 2.013-2014

PROYECTO NÚMERO 14-03

TIPO DE BUQUE: Fast-Ferry catamarán de 950 pax. y 250 vehículos.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, MARPOL, COLREG, ILO, CODIGO DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 950 pasajeros y 250 vehículos.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 38kn al 100% MCR y 10% Margen de mar.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: 2 rampas para vehículos a popa.

PROPULSIÓN: 4 Waterjets, planta propulsora dual LNG-DIESEL.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30 tripulantes, 950 pasajeros.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Dos propulsores de proa (uno en cada casco).

Ferrol, Febrero de 2.014

ALUMNO: D Carlos Fernández Baldomir.

Base de datos:

- **Descripción del buque:**

El buque de este proyecto se trata de un Ferry (Ro-pax) de alta velocidad con casco del tipo catamarán y capacidad para 950 pasajeros y 250 coches.

La zona habilitada para el pasaje estará compuesta de butacas con capacidad para 950 personas, pasillos y lugares de ocio (cafetería, tiendas, etc.). La tripulación estará compuesta por 30 personas.

La zona del garaje y cubierta de coches será capaz de acoger 250 turismos de dimensiones estándar en una cubierta principal con una cubierta intermedia (cardeck) y no tendrá capacidad para camiones, a petición del armador. Cuenta con dos rampas propias a popa para el embarque de los vehículos.

Su velocidad de servicio es de 38 nudos y está propulsado por cuatro waterjets que obtienen su energía de cuatro motores duales Diésel-LNG para permitir una navegación por zonas de bajas emisiones, en caso de ser necesario.

El buque será diseñado para dar servicio a la ruta Santa Cruz de Tenerife-Gran Canaria y rutas similares con una autonomía que permita, como mínimo, hacer el trayecto (de 60 millas de distancia) 4 veces al día durante 5 días sin necesidad de repostar, es decir, debe de tener autonomía para al menos 1200 millas.

- **Tabla de datos:**

A continuación se incluye una tabla de datos que contiene la información más relevante sobre este tipo de buques. Contiene datos de 20 buques ferry catamaranes de alta velocidad construidos entre el año 1997 y el 2014.

Los datos reflejados en la tabla son el desplazamiento, en toneladas; las esloras total, entre perpendiculares, la manga en flotación, el calado y el puntal, también en metros; el número de pasajeros y coches; los metros lineales de carril para camiones (a pesar de que el buque a proyectar no tenga capacidad para ellos, es un dato a tener en cuenta para conocer la superficie destinada a carga rodad); la velocidad de servicio, en nudos, la potencia total de la planta motriz, en kilowatios, el año de construcción y el número de carriles.

También se adjunta una tabla con las relaciones entre las principales dimensiones y valores.

Los buques contemplados en la base de datos están, en su mayoría, construidos por dos astilleros: Incat y Austal, que son los principales fabricantes de la gran mayoría de los buques de este tipo.

La información recogida en la tabla proviene de diversas fuentes: las revistas "Significant Ships", las fichas de información del astillero Incat, la base de datos de la web "GrossTonnage", contrastada con la información oficial dada por el fabricante Austal en varios casos en los que se carecía de datos.

Nombre del buque	DWT(t)	Desplazamiento	Loa(m)	Lpp(m)	B(m)	B hull (m)	T(m)	D (m)	Pasajeros	Coche s	Truck Lane (m)	V (Kn)	Potencia (kw)	Referencia	Año	Nº Carriles	B libre (m)
Adnan Menderes	755		86,6	73,2	24	7,35	3,29	7,3	800	215		42	26.000	GrossTonnage y Austal	1998		
Avemar Dos	340		82,3	70,49	23	6,7	2,86	6,7	900	175		41	26.000	GrossTonnage	1997		
Bentago Express	708	1700,22	95,47	86	26,6	4,5	4,01	7,65	941	260	330	38	28.800	Incat (Hull 55)	1999	8	19
Bonanza Express	802		95,47	86	26,6	4,5	4,03		717	230	330	38	28.320	Incat (Hull 51)	1999	8	19,12
Condor Rapide	415	1250	86,62	75,41	26	4,5	3,5		900	200		48	28.320	Incat (Hull 45)	1997	8	
Fjord Cat	510		91,3	81,3	26	4,5	3,73	6,82	900	220		48	28.320	Incat (Hull 49)	1998	8	
Francisco	450	1516	99	90,54	26,94	4,9	2,98		1024	150		51,8	44.000	Incat (Hull 69)	2013	8	19
Highspeed4	470	1590	92,5	77,73	24		3,86	7,8	1045	188		40	28.800	GrossTonnage	2000		
Highspeed5	470		85	76,4	21,2		3,1		810	154		39	28.800	Significant Ships	2005	6	
Jean De La Valette	850		106,5	92,4	23,8		3,85	9,4	800	230		39	36.400	GrossTonnage	2010		
Jonathan Swift	395		86,6	75,72	24	7,3	3,39	7,3	800	200		37	28.800	GrossTonnage	1999		
KatExpress 2	1407		112	105	30,5	5,8	4,18		1000	415	567	42,1	36.000	Incat (Hull 67)	2013	10	
Leonora Christina	1000		112,6	100,38	26,1		4,85	8,5	1400	357		37,6	36.000	Significant Ships	2011	8	
Millenium III	725		97,22	92	26,62	4,5	3,4		900	267	380	40	28.800	Incat (Hull 62)	2006	8	19,62
Natchan Rera	1380		112,6	105,6	30,5	5,8	3,93		800	355	450	40	36.000	Significant Ships	2007		
Osman Gazi-1	470		87,85	77,3	24		3,62		1200	225		37,4	28.800	Significant Ships	2007	7	
Puerto Rico	936		106,3	92,4	23,8		3,65	9,4	866	282		37,3	32.800	GrossTonnage	2007		
RPA									950	250	0	38					
Villum Clausen	485		86,6	74,1	24	7,3	3,2	7,3	1037	186		49,5	36.000	GrossTonnage	2000		
Virgen de Comoroto	491		86,6	74,15	23,75	7,6	3,23	7,6	774	238		42	32.800	GrossTonnage y Austal	2004		
Virgen del Valle II	766		101,4	88,7	26,65		4,3	9,4	951	96		38	28.800	GrossTonnage	2001		

Nombre del buque	RAIZ(V)	L^3	Lpp*B	Lpp/B	D/B	T/D	D/L	T/L	T/B	Metros lineales coches	B/NºCarriles	L*B cascós	Fn	Cb	D/B2	Lpp/B2	Lpp*V
Adnan Menderes	6,48	392223,168	1756,80	3,05	0,304	0,451	0,100	0,045	0,137	967,5		538,0	0,806		0,304167	11,8630137	3074,4
Avemar Dos	6,40	350253,5386	1621,27	3,06	0,291	0,427	0,095	0,041	0,124	787,5		472,3	0,802		0,291304	12,28358209	2890,09
Bentago Express	6,16	636056	2287,60	3,23	0,288	0,524	0,089	0,047	0,151	1170	3,33	387,0	0,673	0,55	0,287594	12,47973856	3268
Bonanza Express	6,16	636056	2287,60	3,23				0,047	0,152	1035	3,33	387,0	0,673		0		3268
Condor Rapide	6,93	428831,6414	1960,66	2,90				0,046	0,135	900	3,25		0,908	0,53	0		3619,68
Fjord Cat	6,93	537367,797	2113,80	3,13				0,046	0,143	990	3,25	365,9	0,874		0,262308	13,38709677	3902,4
Francisco	7,20	742200,8895	2439,15	3,36				0,033	0,111	675	3,37		0,894	0,57	0		4689,972
Highspeed4	6,32	469640,9989	1865,52	3,24	0,325	0,495	0,100	0,050	0,161	846			0,745		0,325	11,85897436	3109,2
Highspeed5	6,24	445943,744	1619,68	3,60				0,041	0,146	693	3,53		0,733		0		2979,6
Jean De La Valette	6,24	788889,024	2199,12	3,88	0,395	0,410	0,102	0,042	0,162	1035			0,666		0,394958	11,32978723	3603,6
Jonathan Swift	6,08	434142,0132	1817,28	3,16				0,045	0,141	900		552,8	0,698		0,304167	11,8630137	2801,64
KatExpress 2	6,49	1157625	3202,50	3,44				0,040	0,137	1867,5	3,05	609,0	0,675		0		4420,5
Leonora Christina	6,13	1011443,375	2619,92	3,85				0,048	0,186	1606,5	3,26		0,616		0,32567	13,24705882	3774,288
Millenium III	6,32	778688	2449,04	3,46				0,037	0,128	1201,5	3,33	414,0	0,685		0		3680
Natchan Rera	6,32	1177583,616	3220,80	3,46				0,037	0,129	1597,5		612,5	0,639		0		4224
Osman Gazi-1	6,12	461889,917	1855,20	3,22				0,047	0,151	1012,5	3,43		0,699		0		2891,02
Puerto Rico	6,11	788889,024	2199,12	3,88	0,395	0,388	0,102	0,040	0,153	1269			0,637		0,394958	11,30851064	3446,52
RPA										1125		0					0
Villum Clausen	7,04	406869,021	1778,40	3,09	0,304	0,438	0,099	0,043	0,133	837		540,9	0,944		0,304167	11,8630137	3667,95
Virgen de Comoroto	6,48	407693,1984	1761,06	3,12				0,044	0,136	1071		563,5	0,801		0,32	11,39473684	3114,3
Virgen del Valle II	6,16	697864,103	2363,86	3,33	0,353	0,457	0,106	0,048	0,161	432			0,663		0,35272	10,78723404	3370,6

Cálculo del dimensionamiento básico:

En este apartado del proyecto se calcularán las dimensiones preliminares del buque mediante los datos recopilados en la base de datos.

Para ello se realizarán una serie de gráficas y se calcularán sus regresiones lineales para estimar un valor aproximado del buque según los datos del RPA.

Se pretende distribuir la carga rodada en una sola cubierta, la cubierta principal, que contenga, si es necesario una cubierta cardeck, para poder distribuir la totalidad de vehículos.

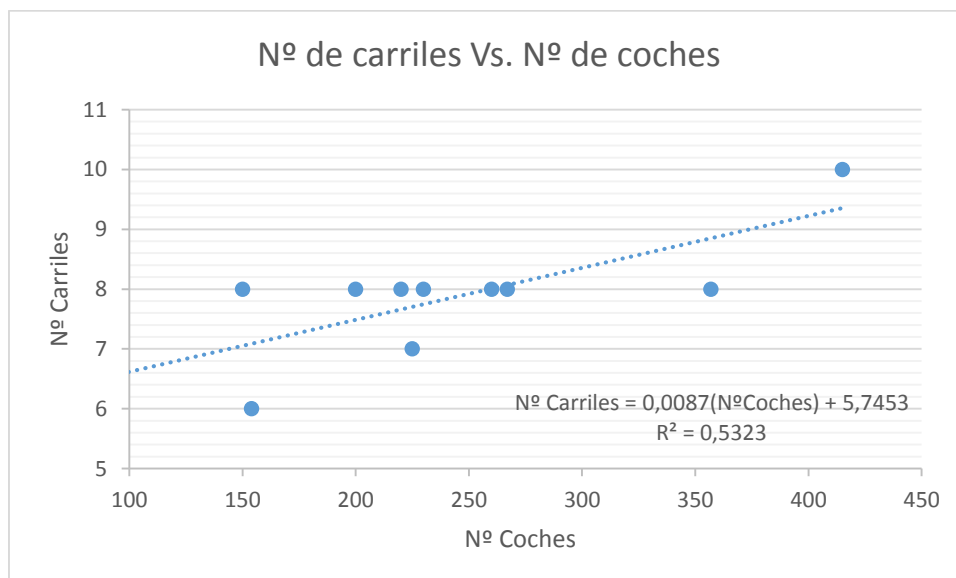
Para los pasajeros se pretenden habilitar dos cubiertas, con butacas, cafetería, tiendas y más espacios de ocio.

- **Determinación del número de carriles:**

Se comenzará por la determinación del número de carriles destinados para coches, ya que estos son los que a posteriori fijarán la medida de la manga en la cubierta principal.

Para obtener unos datos proporcionados en todos los buques se contarán solo los carriles situados entre los dos guarda calores, haya o no haya más carriles en las zonas más anchas de la bodega de carga de cada uno de los buques.

A partir del número de vehículos que está destinado a llevar nuestro buque (250 coches) podemos sacar una relación con el número de carriles de la siguiente forma:



Dicha relación viene representada por la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$N^{\circ} \text{ Carriles} = 0,0087 * (N^{\circ} \text{ Coches}) + 5,7453$$

De forma que, sustituyendo con los datos facilitados:

$$N^{\circ} \text{ Carriles} = 0,0087 * 250 + 5,7453$$

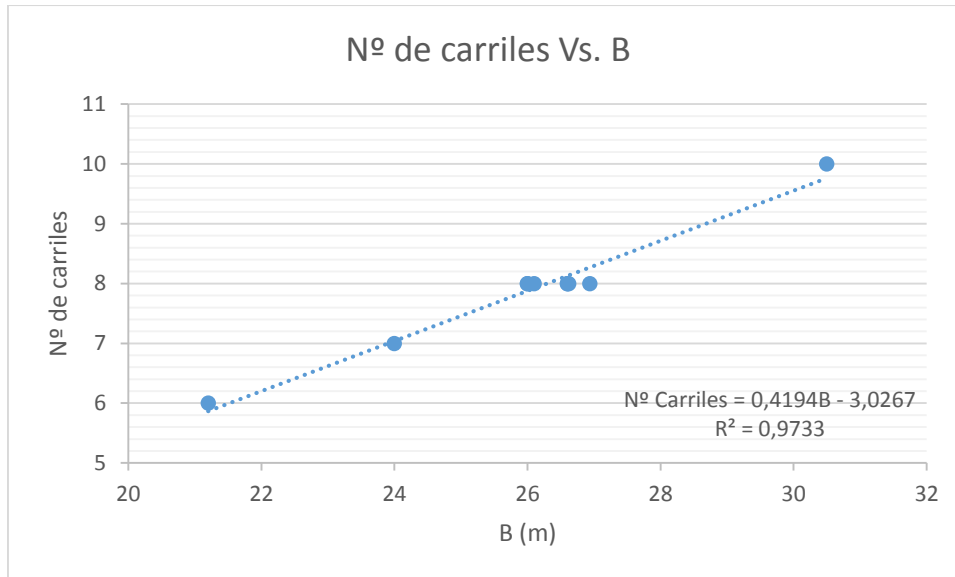
Dando como resultado 7,92 carriles.

Ya que el número de carriles tiene que ser entero, se deduce, entonces que el buque llevará 8 carriles situados entre los guarda calores.

- **Cálculo de la manga:**

Una vez calculado el número de carriles, al tratarse de un buque destinado al transporte de coches, se obtendrá el valor de la manga de las cubiertas en función de estos.

Para ello se representará en una gráfica que enfrente el número de carriles entre los guarda calores y la manga:



Se aplica la ecuación de la recta de regresión de la gráfica:

$$N^{\circ} \text{ de carriles} = 0,4194B - 3,0267$$

Que tras despejar la manga queda:

$$B = \frac{(N^{\circ} \text{ de carriles} + 3,0267)}{0,4194}$$

De forma que, con los datos del número de carriles obtenidos anteriormente (8 carriles):

$$B = \frac{(8 + 3,0267)}{0,4194}$$

Dando como resultado una manga de 26,29 metros.

Este valor de la manga es el de la manga total en la flotación y en la cubierta principal del buque, pero al tratarse de un buque catamarán, esta manga es independiente de la manga de los cascos en la flotación, que se calculará posteriormente.

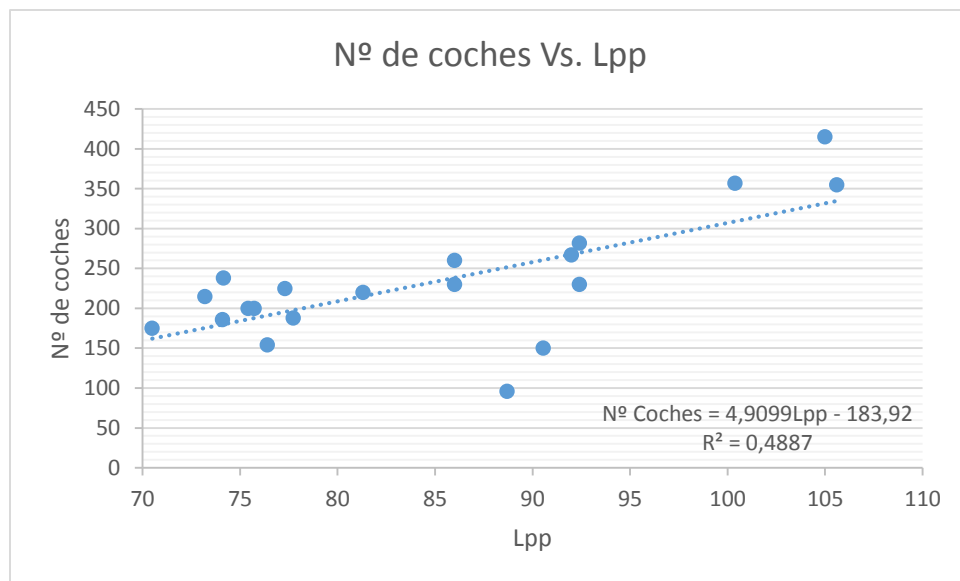
- **Cálculo de la eslora entre perpendiculares:**

La eslora entre perpendiculares es la medida más representativa del buque y es la que lo define.

Con los datos del RPA y los valores de manga obtenidos anteriormente es posible calcular la eslora de tres formas distintas: relacionándola frente a número de coches, frente a número de pasajeros o frente a la manga.

Se representarán las tres gráficas y se calculará el valor de la eslora según cada una, para finalmente elegir el más adecuado:

- **Lpp frente al número de coches:**



Con esta gráfica se obtiene la relación:

$$N^{\circ} \text{ de coches} = 4,9099Lpp - 183,92$$

Que despejando pasa a ser:

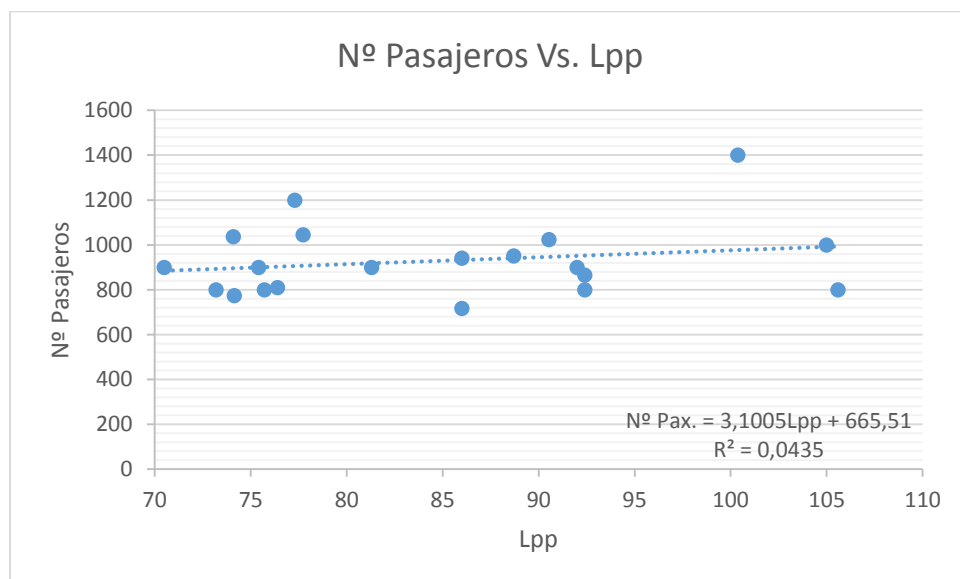
$$Lpp = \frac{(N^{\circ} \text{ de coches} + 183,92)}{4,9099}$$

Tras añadir los datos queda:

$$Lpp = \frac{(250 + 183,92)}{4,9099}$$

De forma que nos queda una Lpp de 88,38 metros.

- **Lpp frente al número de pasajeros:**



La ecuación resultante de la regresión lineal del gráfico es:

$$N^{\circ} \text{ de pasajeros} = 3,1005Lpp + 665,51$$

Que una vez despejada queda como:

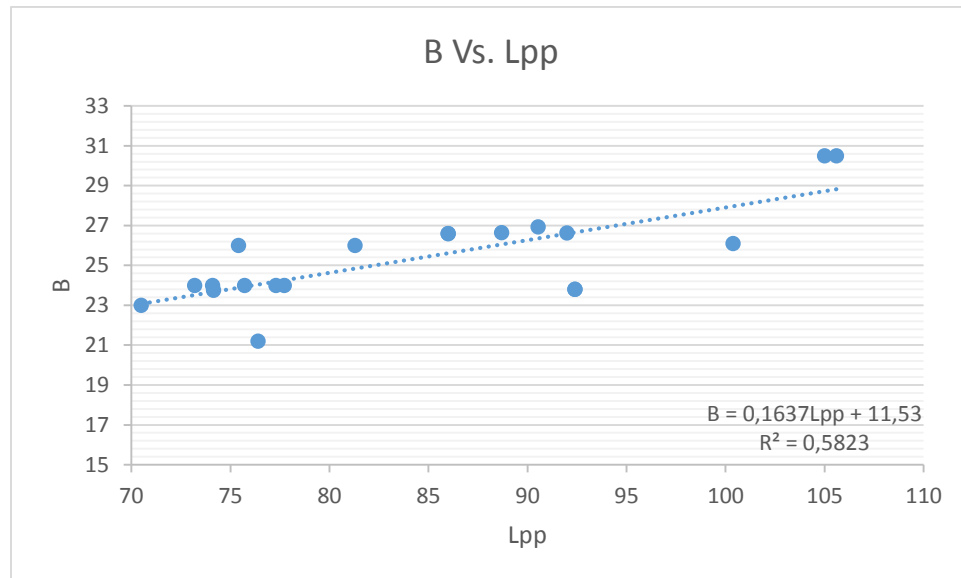
$$Lpp = (N^{\circ} \text{ de pasajeros} - 665,51)/3,1005$$

Al añadir los datos:

$$Lpp = (950 - 665,51)/3,1005$$

De forma que nos queda una Lpp de 91,76 metros.

- **Lpp frente a la manga:**



Con esta gráfica se saca la relación:

$$B = 0,1637Lpp + 11,53$$

Que despejada queda:

$$Lpp = (B - 11,53)/0,1637$$

De forma que:

$$Lpp = (26,29 - 11,53)/0,1637$$

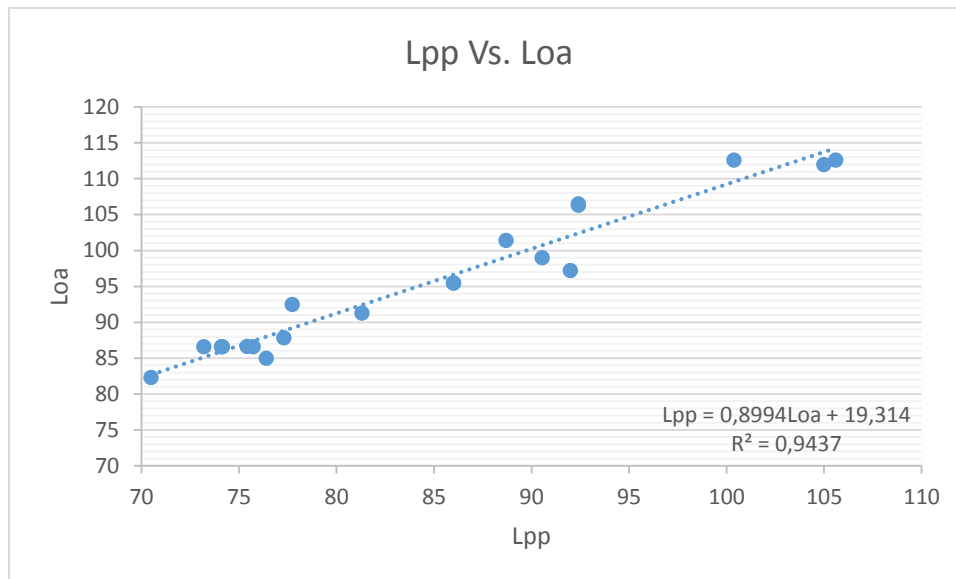
Resultando un valor de la Lpp de 90,16 metros.

Una vez calculados los tres valores, se procede a decidir cuál es el más apropiado. Los tres valores son muy similares, pero tras analizarlos se concluye que el valor más preciso es el indicado en la gráfica B vs Lpp, ya que aparte de ser el valor intermedio, es el que menor desviación tiene.

En conclusión, la Lpp del buque es de 90,16 metros.

- **Cálculo de la eslora total:**

Para estimar la eslora total se relacionará en una gráfica con la eslora entre perpendiculares:



Los valores obtenidos muestran una gran linealidad.

Al trazar la recta de regresión se obtiene:

$$Loa = 0,8994Lpp + 19,314$$

Se aplica el valor obtenido anteriormente para la Lpp (90,16 metros):

$$Loa = 0,8994 * 90,16 + 19,314$$

De forma que el resultado final de la Loa es de 100,4 metros.

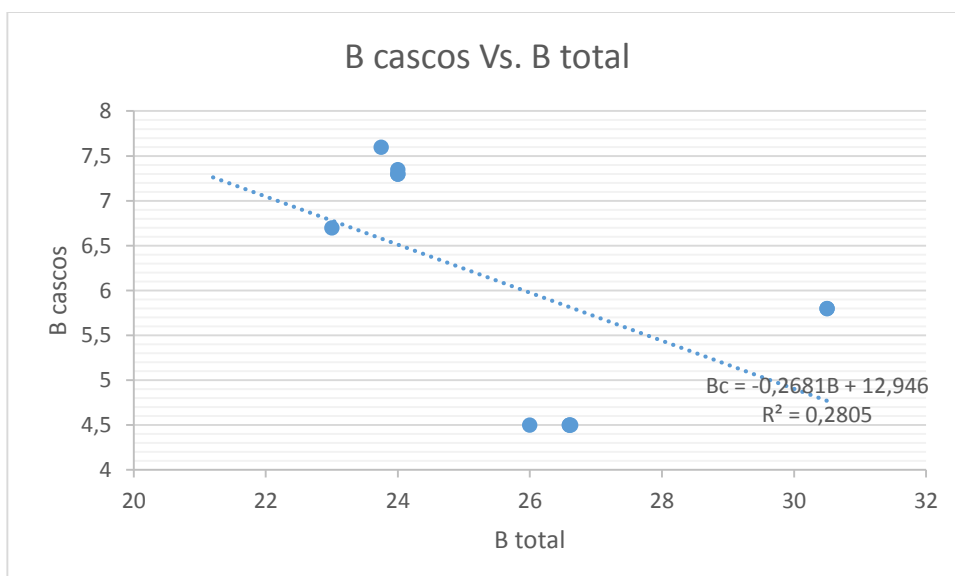
Como los 100 metros de eslora máxima es una medida que puede ser problemática respecto a varios puntos de la reglamentación (Ya que es una cifra que es común usarla como límite) se fijará un valor de eslora máximo de 99 metros.

De esta forma se evita exceder de los límites por un margen muy pequeño.

- **Manga de los cascos:**

Al tratarse de un catamarán, la manga total calculada anteriormente no coincide con la manga de los patines del buque en la flotación.

Para calcular este valor la se enfrentará en una gráfica con la manga anteriormente calculada:



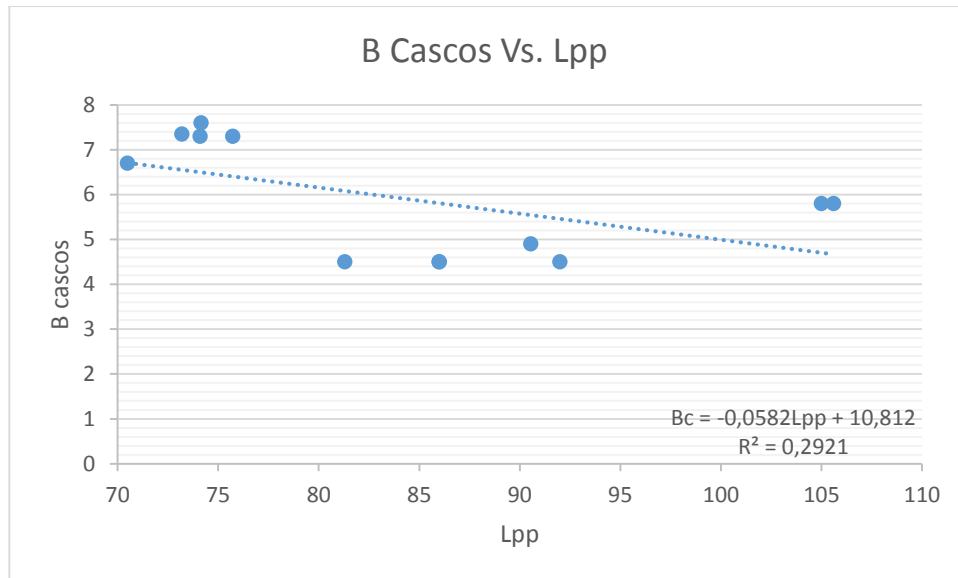
Con esta gráfica se obtiene la siguiente ecuación de la recta de regresión:

$$B_{cascos} = 0,2681B + 12,9465$$

Sustituidos los valores queda:

$$B_{cascos} = 0,2681 * 26,29 + 12,946$$

De forma que la manga de los cascos resultante de esta ecuación sería de 5,97 metros.



De esta otra forma se obtiene:

$$Bc = -0,0582Lpp + 10,812$$

Sustituyendo:

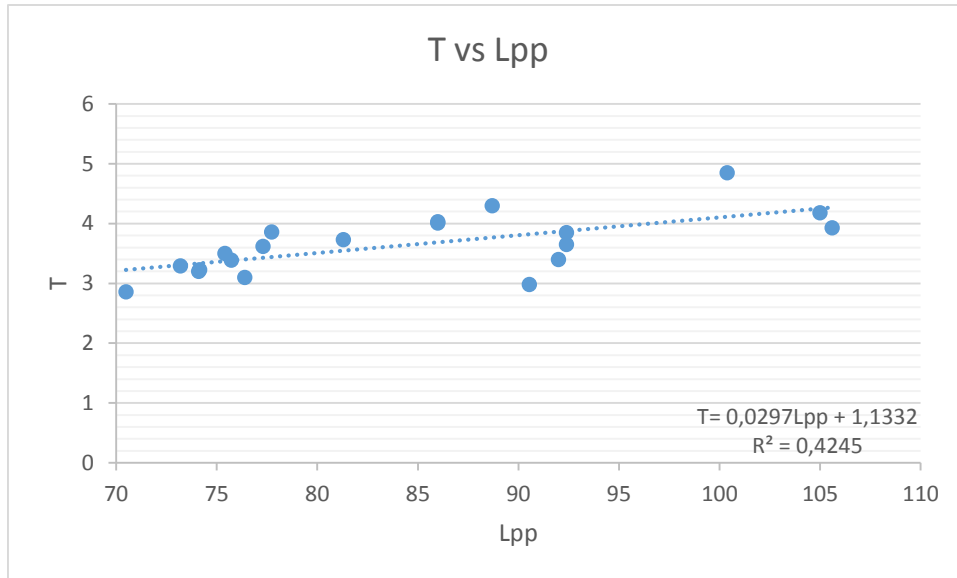
$$Bc = -0,0582 * 90,16 + 10,812$$

De forma que Bc en esta gráfica es de 5,56 metros.

Se tomará como válido al segundo valor, 5,56m, ya que presenta menor desviación, pero debido a que el valor de la manga de los cascos en la base de datos no sigue un orden claro en relación con los parámetros del buque, si no que más bien depende del fabricante, no se considerará muy fiable el valor obtenido tras la regresión.

- **Cálculo del calado y del puntal:**

Para estimar el calado, en este caso se enfrenta en un gráfico con la eslora entre perpendiculares:



De forma que:

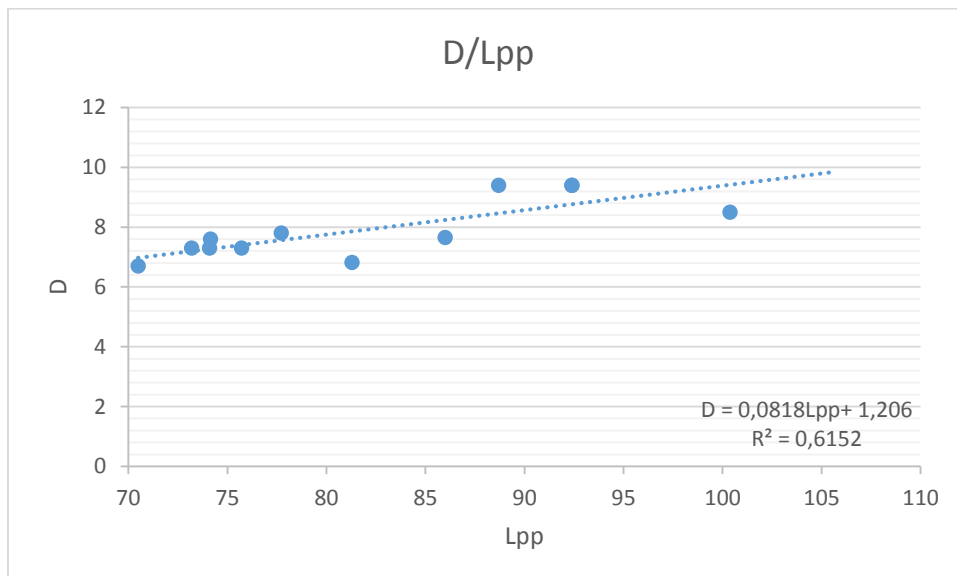
$$T = 0,0297Lpp + 1,1332$$

Que para los datos calculados de Lpp (90,16m):

$$T = 0,0297 * 90,16 + 1,1332$$

Dando un valor de 4 metros.

Se relacionan el puntal del buque a la cubierta principal con la eslora entre perpendiculares:



Obteniendo que:

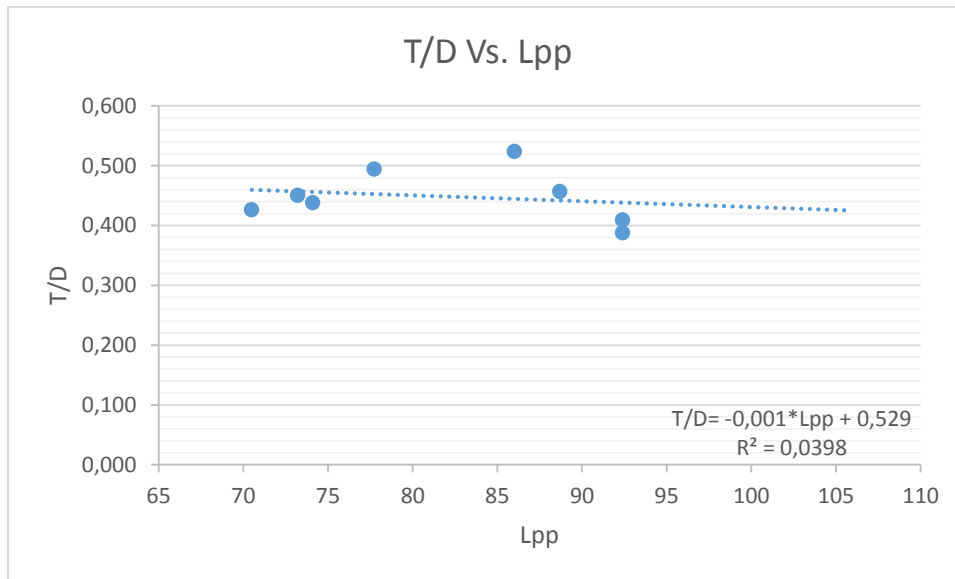
$$D = 0,0818Lpp + 1,206$$

Aplicando el valor de la Lpp obtenido:

$$D = 0,0818 * 90,16 + 1,206$$

Dando que el valor final del puntal a la cubierta principal es de 8,58 metros.

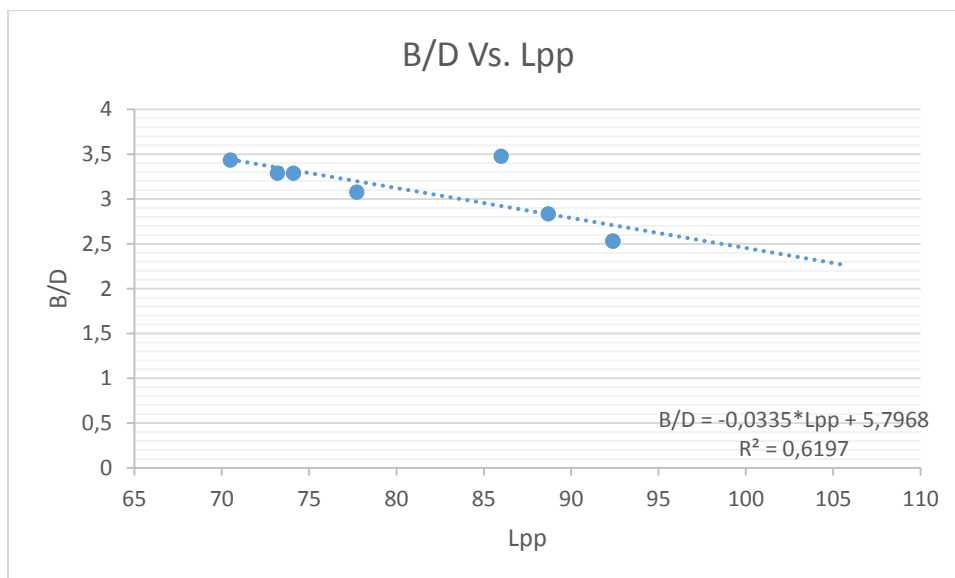
Se utilizará otra forma para sacar los valores de T y D, usando las relaciones T/D y B/D que se enfrentarán a la eslora:



De esta tabla se obtiene:

$$T/D = -0,001 * 90,16 + 0,529$$

$$T/D = 0,4388$$



Mientras que de esta se obtiene:

$$B/D = -0,0355 * 90,16 + 5,7968$$

$$B/D = 2,596$$

Como se conoce B=26,3 se tiene un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas.

$$D = T/0,4388$$

$$D = 26,3/2,596$$

Por lo que

$$T = 4,445m$$

$$D = 10,12m.$$

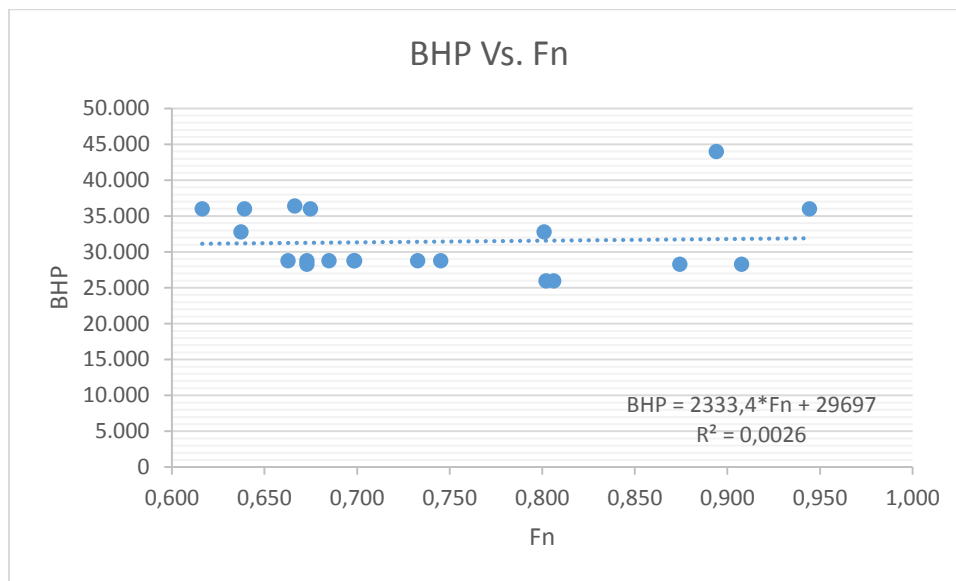
Tras abordar los datos por los dos resultados se llega a la conclusión que los datos correctos son los que presentan una menor desviación:

T=4 metros

D= 8,58 metros

- **Cálculo de la potencia:**

Para estimar la potencia, se relacionarán los datos de potencia de los buques frente su número de Froude:



De la recta de regresión se saca la ecuación:

$$BHP = 2333,4 * Fn + 29697$$

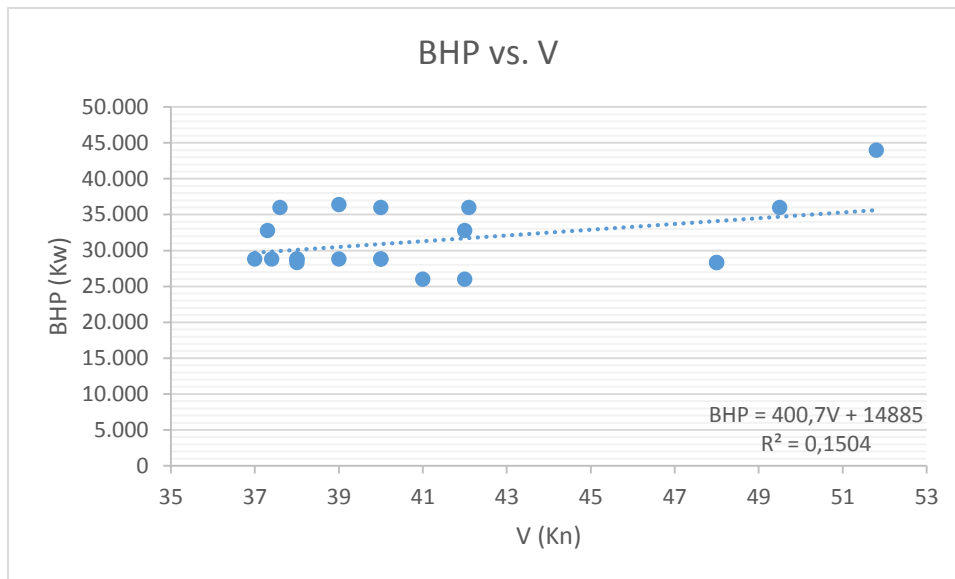
Donde:

$$BHP = 2333,4 * 0,66 + 29697$$

Resultando:

$$BHP = \underline{29.851 \text{ Kw}}$$

Dado que



De la recta de regresión se saca la ecuación:

$$BHP = 400,7 * V + 14885$$

Donde:

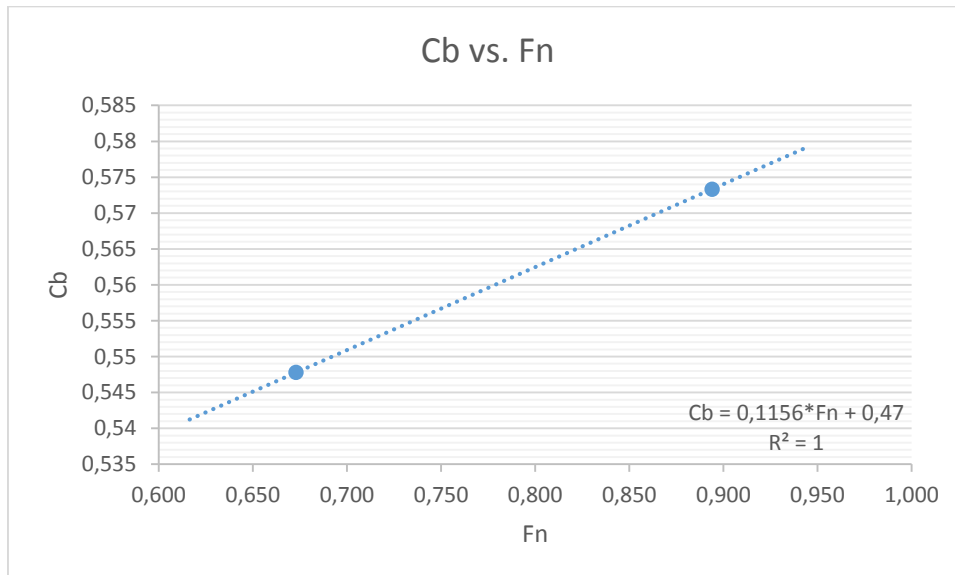
$$BHP = 400,7 * 38 + 14885$$

Resultando:

$$BHP = \underline{30.111 \text{ Kw}}$$

- **Estimación del coeficiente de bloque:**

Para estimar el coeficiente de bloque se relacionará en una gráfica en frente al número de Froude.



Se obtiene la ecuación:

$$Cb = 0,1156 * Fn + 0,47$$

Se calcula Fn para el buque del proyecto:

$$Fn = (38 * 0,5144) / \sqrt{(9,81 * 90)} = 0,66$$

Y se sustituye:

$$Cb = 0,1156 * 0,66 + 0,47$$

Da un resultado de 0,546.

Para comprobar este valor, se calculará el coeficiente de bloque mediante la expresión:

$$Cb = a + b * Fn$$

Para ello se calculará el Fn de dos de los buques base de los que disponemos datos de desplazamiento, el Bentago Express y el Francisco:

$$Fn_{bentago} = (38 * 0,5144) / \sqrt{(9,81 * 86)} = 0,673$$

$$Fn_{francisco} = (51,8 * 0,5144) / \sqrt{(9,81 * 90,54)} = 0,894$$

Posteriormente se calcularán los coeficientes de bloque de ambos buques:

$$Cb_{bentago} = 0,55$$

$$Cb_{francisco} = 0,57$$

Se usa la fórmula de Alexander para sacar los parámetros de A y B:

$$0,55 = a + b * 0,673$$

$$0,57 = a + b * 0,894$$

De forma que:

$$a = 0,49$$

$$b = 0,09$$

Aplicando la fórmula de Alexander a nuestro buque:

$$Fn = (38 * 0,5144) / \sqrt{(9,81 * 90)} = 0,66$$

$$Cb = 0,49 + 0,66 * 0,09$$

$$Cb = \underline{0,55}$$

Los resultados son muy parecidos, dando casi el mismo valor, pero dado que el método usando la fórmula de Alexander es más fiable que la recta de regresión con dos puntos, se tomará este valor, Cb=0,55, como el valor correcto del coeficiente de bloque.

- **Estimación del coeficiente de la maestra:**

Para estimar el coeficiente de la sección media se usarán varios métodos:

- Fórmula de Kerlen:

$$CM = 1,006 - 0,0056 * Cb^{-3,56}$$

Al sustituir por el valor obtenido anteriormente, Cb=0,55:

$$CM = 1,006 - 0,0056 * 0,55^{-3,56}$$

Se obtiene un valor de CM= 0,958

- Fórmula HSVA:

$$CM = 1 / (1 + (1 - Cb)^{3,5})$$

Sustituyendo Cb por 0,55:

$$CM = 1 / (1 + (1 - 0,55)^{3,5})$$

Se obtiene un valor de CM= 0,942

Entre los dos valores, que son muy similares, seleccionamos el menor de ellos, ya que al tratarse de un buque rápido se beneficiará de un valor del coeficiente de la sección media pequeño. Por lo tanto: CM= 0,942

- **Estimación del coeficiente prismático:**

Para estimar este coeficiente, conocidos los datos de C_m y C_b , se usará la siguiente fórmula:

$$C_p = C_b / C_m$$

De forma que:

$$C_p = 0,66 / 0,942$$

Dando como resultado un $C_p = 0,7$

- **Cálculo del desplazamiento:**

Con los datos hasta ahora obtenidos podemos sacar el valor del desplazamiento:

$$\Delta = L_{pp} * B_{casco} * 2 * T * 0.57$$

$$\Delta = 2257,2$$

- **Estimación del ancho de carril:**

Todos los buques de la base de datos de los que se dispone referencias de la manga libre destinada a albergar carriles para coches cuentan con 26 metros de manga total, 19 metros de manga entre los accesos y 8 carriles en esta. Dado que el dato es el mismo para todos los buques y para el buque proyecto, no es necesario hacer una recta de regresión.

Por lo tanto, se estima el ancho de carril como:

$$B_{carril} = \frac{19}{8} = 2,375 \text{ m}$$

Por lo tanto se cuenta con una anchura de carril de 2,3 metros.

La longitud de cada plaza se define en 4,5 metros, siendo la medida estándar de una plaza de aparcamiento.

- **Conclusión del dimensionamiento básico:**

Como resultado del dimensionamiento básico obtenemos los siguientes valores:

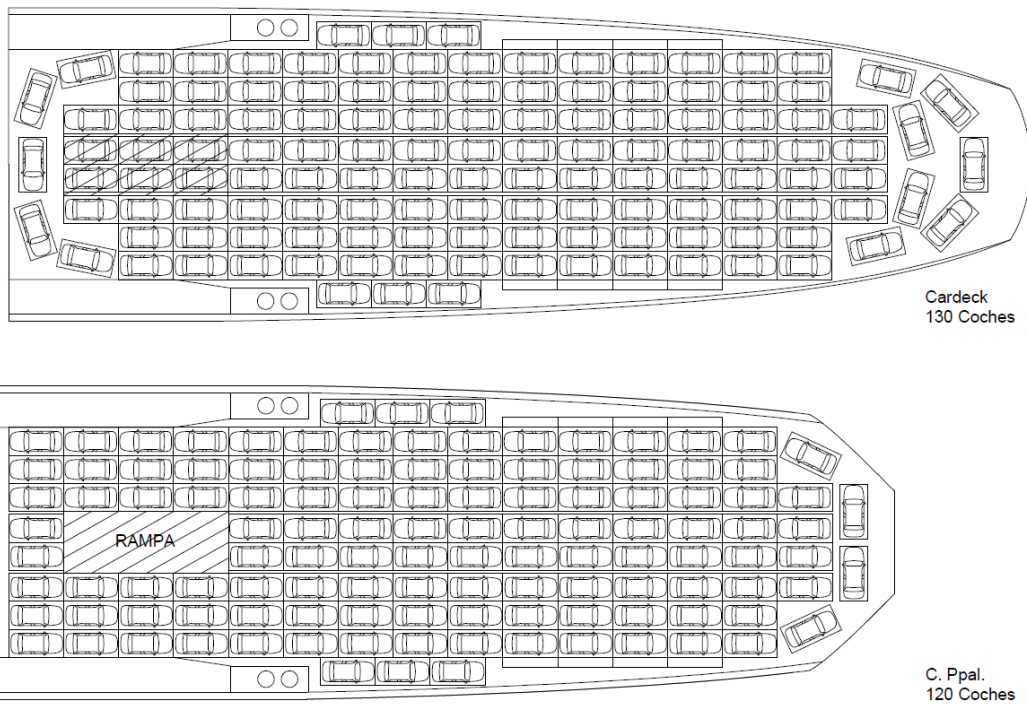
B(m)	26,3
L _{pp} (m)	90
Loa (m)	99
Bcasco (m)	5,5
T (m)	4
D (m)	8,5
BHP (Kw)	30.111
CB	0,57
CM	0,94
CP	0,7
Δ (t)	2257
Fn	0,66

Selección de alternativas:

Tras el dimensionamiento principal, se ha hecho una representación de la distribución de los coches en el buque.

Se distribuirán de forma que en la cubierta principal vayan alojados 120 vehículos, mientras que en el cardeck haya cabida para los 130 restantes.

Se adjuntan aquí los planos de esta distribución de vehículos preliminar:



Se definen los carriles con una anchura de 2,3 metros y una longitud de 4,5 metros. En caso de que sea necesario embarcar un vehículo de mayor longitud, este deberá ocupar varias plazas de aparcamiento.

Ya que la manga es función del número de carriles y este a su vez es función del número de coches, se decide que el valor de la manga no se variará del obtenido en el dimensionamiento preliminar.

Teniendo esto en cuenta, se buscarán alternativas a las dimensiones principales con los siguientes parámetros:

- La manga permanecerá siempre constante en 26,3 metros, ya que es la mínima manga necesaria para albergar la distribución de vehículos anteriormente mencionada.
- La manga de los patines permanecerá constante, ya que los motores que el buque necesita tienen una anchura entre 3 y 4 metros, dependiendo del modelo. Como cada carena lleva dos motores con sus respectivos ejes, un valor menor de la manga en la sala de máquinas no garantizaría una correcta distribución de los elementos en esta, mientras que un valor mayor aumentaría el coste de materiales a granel (aluminio), obteniendo alternativas desfavorables, ya que una manga mayor en los patines no influiría en el espacio de carga.

- Se modificará el puntal en valores de hasta un 10%, tanto superiores como inferiores.
- Se modificará la eslora máxima en valores de hasta un 10% tanto superiores como inferiores.
- La eslora en la flotación se variará en función de la eslora máxima, manteniendo la relación obtenida en el dimensionamiento preliminar:
 - $L_{pp} = 90\% Lo_a$.

A su vez, a estos parámetros se aplicarán las siguientes restricciones:

- La relación $B \cdot Lo_a$ debe de ser superior a 2400 metros cuadrados para garantizar una superficie de cubierta que permita alojar a los coches, guarda calores, equipos de amarre, etc.
- Que la relación puntal/manga esté situada entre los valores de los buques base de datos: $0,291 < D/B < 0,395$.
- Que la relación eslora máxima/puntal esté situada entre los valores de los buques de la base de datos: $10,78 < Lo_a/D < 12,48$.
- Que la relación calado/manga esté situada entre los valores de los buques de la base de datos: $0,111 < T/B < 0,186$.
- La estimación de los valores de los calados se hará por la relación media entre el calado y el puntal de los buques de referencia: $T = 0,4126 \cdot D$.

De acuerdo con estos parámetros, obtenemos una tabla con los valores que se van a variar o dejar constantes a la hora de buscar alternativas:

L	L _{pp}	D	B	T
89,1	80,19	7,65	26,3	3,16
92,4	83,16	7,9	26,3	3,27
95,7	86,13	8,2	26,3	3,39
99	89,1	8,5	26,3	3,51
102,3	92,07	8,8	26,3	3,62
105,6	95,4	9,1	26,3	3,74
108,9	98,01	9,3	26,3	3,86

Una vez representada esta tabla, se conjugarán todos los valores de Lo_a con todos los valores de D (Con sus respectivos valores de T), de forma que se obtiene una tabla de datos de 49 valores.

A esta tabla se le aplican las restricciones anteriormente impuestas y se comprueban si cumplen o no:

L _{pp}	Lo _a	B	D	T	Lo _a ·B	Cumple	D/B	Cumple	T/B	Cumple	L/D	Cumple
80,19	89,1	26,3	7,65	3,16	2343,33	No	0,291	Si	0,120	Si	11,65	Si
80,19	89,1	26,3	7,9	3,27	2343,33	No	0,302	Si	0,124	Si	11,23	Si
80,19	89,1	26,3	8,2	3,39	2343,33	No	0,312	Si	0,129	Si	10,84	Si
80,19	89,1	26,3	8,5	3,51	2343,33	No	0,323	Si	0,133	Si	10,48	No
80,19	89,1	26,3	8,8	3,62	2343,33	No	0,334	Si	0,138	Si	10,14	No
80,19	89,1	26,3	9,1	3,74	2343,33	No	0,345	Si	0,142	Si	9,83	No
80,19	89,1	26,3	9,3	3,86	2343,33	No	0,356	Si	0,147	Si	9,53	No

Cuaderno 1: Elección de la cifra de mérito y selección de alternativas

Carlos Fernández Baldomir

83,16	92,4	26,3	7,65	3,16	2430,12	Si	0,291	Si	0,120	Si	12,08	Si
83,16	92,4	26,3	7,9	3,27	2430,12	Si	0,302	Si	0,124	Si	11,65	Si
83,16	92,4	26,3	8,2	3,39	2430,12	Si	0,312	Si	0,129	Si	11,25	Si
83,16	92,4	26,3	8,5	3,51	2430,12	Si	0,323	Si	0,133	Si	10,87	Si
83,16	92,4	26,3	8,8	3,62	2430,12	Si	0,334	Si	0,138	Si	10,52	No
83,16	92,4	26,3	9,1	3,74	2430,12	Si	0,345	Si	0,142	Si	10,19	No
83,16	92,4	26,3	9,3	3,86	2430,12	Si	0,356	Si	0,147	Si	9,88	No
86,13	95,7	26,3	7,65	3,16	2516,91	Si	0,291	Si	0,120	Si	12,51	No
86,13	95,7	26,3	7,9	3,27	2516,91	Si	0,302	Si	0,124	Si	12,06	Si
86,13	95,7	26,3	8,2	3,39	2516,91	Si	0,312	Si	0,129	Si	11,65	Si
86,13	95,7	26,3	8,5	3,51	2516,91	Si	0,323	Si	0,133	Si	11,26	Si
86,13	95,7	26,3	8,8	3,62	2516,91	Si	0,334	Si	0,138	Si	10,90	Si
86,13	95,7	26,3	9,1	3,74	2516,91	Si	0,345	Si	0,142	Si	10,56	No
86,13	95,7	26,3	9,3	3,86	2516,91	Si	0,356	Si	0,147	Si	10,24	No
89,1	99	26,3	7,65	3,16	2603,7	Si	0,291	Si	0,120	Si	12,94	No
89,1	99	26,3	7,9	3,27	2603,7	Si	0,302	Si	0,124	Si	12,48	No
89,1	99	26,3	8,2	3,39	2603,7	Si	0,312	Si	0,129	Si	12,05	Si
89,1	99	26,3	8,5	3,51	2603,7	Si	0,323	Si	0,133	Si	11,65	Si
89,1	99	26,3	8,8	3,62	2603,7	Si	0,334	Si	0,138	Si	11,27	Si
89,1	99	26,3	9,1	3,74	2603,7	Si	0,345	Si	0,142	Si	10,92	Si
89,1	99	26,3	9,3	3,86	2603,7	Si	0,356	Si	0,147	Si	10,59	No
92,07	102,3	26,3	7,65	3,16	2690,49	Si	0,291	Si	0,120	Si	13,37	No
92,07	102,3	26,3	7,9	3,27	2690,49	Si	0,302	Si	0,124	Si	12,89	No
92,07	102,3	26,3	8,2	3,39	2690,49	Si	0,312	Si	0,129	Si	12,45	Si
92,07	102,3	26,3	8,5	3,51	2690,49	Si	0,323	Si	0,133	Si	12,04	Si
92,07	102,3	26,3	8,8	3,62	2690,49	Si	0,334	Si	0,138	Si	11,65	Si
92,07	102,3	26,3	9,1	3,74	2690,49	Si	0,345	Si	0,142	Si	11,28	Si
92,07	102,3	26,3	9,3	3,86	2690,49	Si	0,356	Si	0,147	Si	10,94	Si
95,04	105,6	26,3	7,65	3,16	2777,28	Si	0,291	Si	0,120	Si	13,80	No
95,04	105,6	26,3	7,9	3,27	2777,28	Si	0,302	Si	0,124	Si	13,31	No
95,04	105,6	26,3	8,2	3,39	2777,28	Si	0,312	Si	0,129	Si	12,85	No
95,04	105,6	26,3	8,5	3,51	2777,28	Si	0,323	Si	0,133	Si	12,42	Si
95,04	105,6	26,3	8,8	3,62	2777,28	Si	0,334	Si	0,138	Si	12,02	Si
95,04	105,6	26,3	9,1	3,74	2777,28	Si	0,345	Si	0,142	Si	11,65	Si
95,04	105,6	26,3	9,3	3,86	2777,28	Si	0,356	Si	0,147	Si	11,29	Si
98,01	108,9	26,3	7,65	3,16	2864,07	Si	0,291	Si	0,120	Si	14,24	No
98,01	108,9	26,3	7,9	3,27	2864,07	Si	0,302	Si	0,124	Si	13,73	No
98,01	108,9	26,3	8,2	3,39	2864,07	Si	0,312	Si	0,129	Si	13,25	No
98,01	108,9	26,3	8,5	3,51	2864,07	Si	0,323	Si	0,133	Si	12,81	No
98,01	108,9	26,3	8,8	3,62	2864,07	Si	0,334	Si	0,138	Si	12,40	Si
98,01	108,9	26,3	9,1	3,74	2864,07	Si	0,345	Si	0,142	Si	12,01	Si
98,01	108,9	26,3	9,3	3,86	2864,07	Si	0,356	Si	0,147	Si	11,65	Si

Tras eliminar los valores que no cumplen con los requisitos exigidos, se obtiene una tabla de 26 valores:

Lpp	Loa	B	D	T	Loa*B	Cumple	D/B	Cumple	T/B	Cumple	L/D	Cumple
83,16	92,4	26,3	7,65	3,16	2430,12	Si	0,291	Si	0,120	Si	12,08	Si
83,16	92,4	26,3	7,9	3,27	2430,12	Si	0,302	Si	0,124	Si	11,65	Si
83,16	92,4	26,3	8,2	3,39	2430,12	Si	0,312	Si	0,129	Si	11,25	Si
83,16	92,4	26,3	8,5	3,51	2430,12	Si	0,323	Si	0,133	Si	10,87	Si
86,13	95,7	26,3	7,9	3,27	2516,91	Si	0,302	Si	0,124	Si	12,06	Si
86,13	95,7	26,3	8,2	3,39	2516,91	Si	0,312	Si	0,129	Si	11,65	Si
86,13	95,7	26,3	8,5	3,51	2516,91	Si	0,323	Si	0,133	Si	11,26	Si
86,13	95,7	26,3	8,8	3,62	2516,91	Si	0,334	Si	0,138	Si	10,90	Si
89,1	99	26,3	8,2	3,39	2603,7	Si	0,312	Si	0,129	Si	12,05	Si
89,1	99	26,3	8,5	3,51	2603,7	Si	0,323	Si	0,133	Si	11,65	Si
89,1	99	26,3	8,8	3,62	2603,7	Si	0,334	Si	0,138	Si	11,27	Si
89,1	99	26,3	9,1	3,74	2603,7	Si	0,345	Si	0,142	Si	10,92	Si
92,07	102,3	26,3	8,2	3,39	2690,49	Si	0,312	Si	0,129	Si	12,45	Si
92,07	102,3	26,3	8,5	3,51	2690,49	Si	0,323	Si	0,133	Si	12,04	Si
92,07	102,3	26,3	8,8	3,62	2690,49	Si	0,334	Si	0,138	Si	11,65	Si
92,07	102,3	26,3	9,1	3,74	2690,49	Si	0,345	Si	0,142	Si	11,28	Si
92,07	102,3	26,3	9,3	3,86	2690,49	Si	0,356	Si	0,147	Si	10,94	Si
95,04	105,6	26,3	8,5	3,51	2777,28	Si	0,323	Si	0,133	Si	12,42	Si
95,04	105,6	26,3	8,8	3,62	2777,28	Si	0,334	Si	0,138	Si	12,02	Si
95,04	105,6	26,3	9,1	3,74	2777,28	Si	0,345	Si	0,142	Si	11,65	Si
95,04	105,6	26,3	9,3	3,86	2777,28	Si	0,356	Si	0,147	Si	11,29	Si
98,01	108,9	26,3	8,8	3,62	2864,07	Si	0,334	Si	0,138	Si	12,40	Si
98,01	108,9	26,3	9,1	3,74	2864,07	Si	0,345	Si	0,142	Si	12,01	Si
98,01	108,9	26,3	9,3	3,86	2864,07	Si	0,356	Si	0,147	Si	11,65	Si

- **Coste de los materiales a granel (CMg):**

Se calculará aproximadamente el coste de los materiales a granel. En caso del buque del proyecto, el material principal utilizado es el aluminio.

La fórmula que representa el coste de materiales a granel es:

$$Cmg = ccs * cas * cem * pAl * PAI$$

Donde podemos estimar:

- Ccs= 1,10
- Cas= 1,12
- Cem= 1,04
- $PAI = K * Loa * B * D * [(Loa/D)^{(1/2)}]$ con K=0,0053
- pAl= 1200 €/t

*La K ha sido calculada para el aluminio de la siguiente forma:

- Se coge un buque de la base de datos del que se conozca el peso en rosca:

Buque: Bentago express.

Rosca: $1700,22-708= 992,22t$

- Se estima el peso de equipos aproximado para el buque:
 $Per = K * L^{1,3} * B^{0,8} * D^{0,3}$ con $K=0,03$
 $Per= 249$
- Se calcula el peso de la maquinaria propulsora principal. El buque en cuestión monta 4 motores rápidos Caterpillar v18 3618. Consultando la página del fabricante se puede ver que ese modelo ya no se comercializa, pero si lo hace uno de similares características cuyo peso son 94t por motor.
 $Pmotor=94t$
 $Ptotal=94*4=376t$
- Restándole el Per al Rosca se obtiene un valor aproximado del peso de aluminio para el Bentago Express:
 $PAI= 366t$
- Con el valor del peso de aluminio se despeja la K.
 $PAI = K * Loa * B * D * [(Loa/D)^{(1/2)}]$
 $K= 0,0053$

- **Coste de equipos (CEq):**

Para el coste de equipos se sigue la siguiente fórmula:

$$CEq + CMe = Cec + Cep + Chf + Cer$$

$$Cep = cep * BHP$$

$$CHF = chf * nch * NT$$

$$CEr = ccs * ps * PER$$

Donde se estima:

- $Cec=$ No se tendrá en cuenta en este apartado (se supondrá como 0), ya que en todas las alternativas será el mismo valor y no influirá a la hora de escoger la alternativa más favorable.
- $Cep=500€/Kw$
- $Chf=$ No se tendrá en cuenta en este apartado (se supondrá como 0), ya que en todas las alternativas será el mismo valor y no influirá a la hora de escoger la alternativa más favorable.
- $Nch=1,1$
- $Ccs= 1,35$
- $Per = K * L^{1,3} * B^{0,8} * D^{0,3}$ con $K=0,03$

- **Coste de la mano de obra (CMo):**

La fórmula a seguir en este caso es:

$$CMo = CMm + CMe$$

$$CMm = chm * csh * Pal$$

$$CMe = chm * csh * Per$$

Donde:

- $Chm = 50\text{€/h}$
- $Csh = 150\text{h/t}$
- $PAl = KLoaBD * [(Loa/D)^{(1/2)}]$ con $K=0,0103$
- $Per = K * L^{1,3} * B^{0,8} * D^{0,3}$ con $K=0,05$

- **Costes varios aplicados (Cva):**

Para calcular los costes varios aplicados estimamos que este valor es de un 10% del valor del coste de construcción:

$$Cva = 0,1 * (CMg + CEq + CMo)$$

- **Coste de construcción (CC):**

El coste de construcción será la cifra de mérito que determine la alternativa a elegir. Se calcula de la siguiente forma:

$$CC = CMg + CMo + CEq + Cva$$

Para obtener el valor del coste de construcción, se elabora una tabla de datos con todos los valores calculados mencionados en este apartado.

Posteriormente se escoge la alternativa más favorable, es decir, la que menor coste de construcción tenga:

Lpp (m)	Lae (m)	B (m)	D (m)	T(m)	V(kn)	BHP	Pal	Per	Cmg	Ceq	Cmo	Cva	Cc
83,16	92,40	26,30	7,65	3,16	38,00	29.851,00	342,43	271,37	779,710,39	15.050,947,47	2.568.668,33	1.839.932,62	20.239.258,81
83,16	92,40	26,30	7,93	3,27	38,00	29.851,00	348,71	274,344,471	794,018,20	15.054.650,87	2.615.800,45	1.846.446,95	20.310.916,47
83,16	92,40	26,30	8,22	3,39	38,00	29.851,00	354,88	277,247,805,2	808,072,11	15.058.327,90	2.662.098,15	1.852.849,88	20.381.348,63
83,16	92,40	26,30	8,50	3,51	38,00	29.851,00	360,95	280,081,932,2	821,886,92	15.061.979,65	2.707.604,22	1.859.147,08	20.450.617,87
86,13	95,70	26,30	7,93	3,27	38,00	29.851,00	367,56	287,149,512,5	836,932,45	15.067.985,03	2.757,173,08	1.866.209,06	20.528.299,61
86,13	95,70	26,30	8,22	3,39	38,00	29.851,00	374,07	290,188,416,9	851,746,56	15.072.041,69	2.805.972,99	1.872.976,12	20.602.737,36
86,13	95,70	26,30	8,50	3,51	38,00	29.851,00	380,46	293,154,827,5	866,307,39	15.076.070,47	2.853.938,49	1.879.631,63	20.675.947,98
86,13	95,70	26,30	8,78	3,62	38,00	29.851,00	386,75	296,052,806,3	880,627,49	15.080,072,47	2.901,110,97	1.886,181,09	20.747.992,03
89,1	99,00	26,30	8,22	3,39	38,00	29.851,00	393,58	303,263,614,7	896,180,06	15.086.633,68	2.952,350,16	1.893,516,39	20.828.680,28
89,1	99,00	26,30	8,50	3,51	38,00	29.851,00	400,31	306,363,684,7	911,500,48	15.091,063,62	3.002,817,86	1.900,538,20	20.905.920,17
89,1	99,00	26,30	8,78	3,62	38,00	29.851,00	406,92	309,392,239,4	926,567,63	15.095,464,13	3.052,451,19	1.907,448,29	20.981.931,24
89,1	99,00	26,30	9,07	3,74	38,00	29.851,00	413,44	312,353,158,1	941,393,65	15.099,836,33	3.101,290,19	1.914,252,02	21.056.772,19
92,07	102,30	26,30	8,22	3,39	38,00	29.851,00	413,42	316,470,241,2	941,360,42	15.102,128,00	3.101,187,59	1.914,467,60	21.059,143,61
92,07	102,30	26,30	8,50	3,51	38,00	29.851,00	420,49	319,705,314,1	957,453,22	15.106,983,92	3.154,199,56	1.921,863,67	21.140.500,37
92,07	102,30	26,30	8,78	3,62	38,00	29.851,00	427,44	322,865,757,3	973,279,96	15.111,807,57	3.206,335,08	1.929,142,26	21.220.564,88
92,07	102,30	26,30	9,07	3,74	38,00	29.851,00	434,28	325,955,619,1	988,853,43	15.116,600,20	3.257,636,24	1.936,308,99	21.299.398,85
92,07	102,30	26,30	9,35	3,86	38,00	29.851,00	441,01	328,978,609,5	1.004,185,40	15.121,362,96	3.308,141,86	1.943,369,02	21.379.657,31
95,04	105,60	26,30	8,50	3,51	38,00	29.851,00	441,00	333,176,70,2	1.004,153,23	15.123,856,00	3.308,042,87	1.943,605,21	21.379,657,31
95,04	105,60	26,30	8,78	3,62	38,00	29.851,00	448,29	336,470,316,5	1.020,751,93	15.129,128,10	3.362,721,28	1.951,260,13	21.463.861,44
95,04	105,60	26,30	9,07	3,74	38,00	29.851,00	455,46	339,690,375,4	1.037,084,99	15.134,366,28	3.416,524,63	1.958,797,59	21.546,773,50
95,04	105,60	26,30	9,35	3,86	38,00	29.851,00	462,52	342,840,745,2	1.053,164,79	15.139,571,82	3.469,493,64	1.966,223,02	21.628.453,27
98,01	108,90	26,30	8,78	3,62	38,00	29.851,00	469,46	350,203,035,9	1.068,971,56	15.147,450,84	3.521,570,36	1.973,799,28	21.711.792,04
98,01	108,90	26,30	9,07	3,74	38,00	29.851,00	476,98	353,554,518,5	1.086,076,19	15.153,160,36	3.577,915,31	1.981,715,19	21.798.867,05
98,01	108,90	26,30	9,35	3,86	38,00	29.851,00	484,37	356,833,467,7	1.102,915,59	15.158,834,30	3.633,386,51	1.989,513,64	21.884.650,03

Se obtienen entonces los siguientes resultados tras la selección de alternativas:

B(m)	26,3
Lpp (m)	83,16
Loa (m)	92,4
Bcasco (m)	5,5
T (m)	4
D (m)	7,65
BHP (Kw)	30.111
CB	0,57
CM	0,94
CP	0,7
Δ (t)	2257
Fn	0,66

Estimación preliminar de pesos y cálculo del desplazamiento:

- **Pesos estructural:**

Para el cálculo del peso estructural se siguen las pautas del libro “Proyecto Básico del Buque Mercante” de Alvareño, Azpíroz y Meizoso.

Primero se supondrá que el buque está construido en acero y luego se hará la conversión que el propio libro indica para buques de aluminio.

El peso del acero estructural se calcula con la expresión:

$$WST = K * E^{1,36} * (1 + 0,5 * (CB80D - 0,7))$$

Con un valor de $K=0,031$ de acuerdo con el “Practical Ship Design” de D.G.M. Watson para buques “RoRo Ferries”.

Y con E:

$$E = Lpp * (B + D) + 0,85 * Lpp * (D - T) + 0,85 * 1,45 * Lpp - 11$$

Por lo tanto: $E=3172,7806$

Y CB80D:

$$CB80D = CB + \frac{(1-CB)*(0,80*D-T)}{3*T}$$

Calculando sale que $CB80D=0,64597$

Se calcula el peso del aluminio:

$$PST=1743$$

El libro nos dice que para este cálculo 1t de aluminio= 2,9t de acero:

$$PAL=WST/2,9$$

$$\underline{PAL=601t}$$

- **Peso de la maquinaria:**

Este apartado se calculará según lo dispuesto en el libro “Proyecto de buques y artefactos”, de Fernando Junco Ocampo:

$$PM = p * BHP$$

El libro nos dice que $p(t/kw)$ para motores de altas RPM es de 0,009

Mientras que los BHP del motor son 29851Kw

$$PM= 268T$$

- **Peso de equipo y habilitación:**

Mediante el libro “Proyecto de buques y artefactos” de Fernando Junco Ocampo:

$$PE = 277 + 0,115 \cdot L \cdot B$$

Dando un resultado de $PE=528,5t$.

Dado que esta cifra es muy elevada para el buque que se está proyectando, calculará mediante otro procedimiento definido en el mismo libro, usando para ello el buque base:

$$PE = K * (L * B)$$

Se calcula K con los datos del buque base:

$$PE \text{ (Bentago Express)}= 249t$$

$$Lpp \text{ (Bentago Express)}= 86t$$

$$B \text{ (Bentago Express)}= 26,3t$$

De forma que:

$$K = \frac{249}{86 * 26,3}$$

Siendo $K=0,11$

Que al aplicarla a la fórmula para el buque a proyectar se obtiene:

$$PE=239t$$

Como el buque proyecto no posee camarotes (ya que la habilitación para el pasaje está formada por butacas) se calculará el peso de esta parte suponiendo los datos de pasillos, comedores y salones.

El libro "Proyecto de buques y artefactos" indica que para pasillos el peso por unidad de área es de 80Kg/m², mientras que para salones es de 120Kg/m². Se supone un valor intermedio total para toda la habilitación de 100kg/m²

$$\text{Area} = 1817 + 623 \text{m}^2 = 2440 \text{m}^2$$

$$PA = 2440 * 100 = 244000 = 244t$$

- **Peso en rosca:**

$$LW = PAL + PM + PE + PA$$

$$LW = 601 + 268 + 239 + 244$$

$$LW = 1352t$$

- **Peso muerto:**

$$\Delta = DWT + LW$$

$$DWT = \Delta - LW$$

$$DWT = 2257 - 1352 = 905t$$

- **Comprobación del peso muerto:**

Se estimará, mediante los datos de la base de datos reunidos en los anexos, y mediante cálculos sencillos, el valor del peso muerto necesario para el buque:

- Peso de los vehículos:

Se estima una media de 1,5 toneladas por vehículo, por lo tanto:

$$Pv = 1,5 * 250 = 375t.$$

- Peso de los pasajeros:

Se estima una media de 0,15 toneladas por pasajero y su equipaje:

$$Pps = 150 * 950 = 142,5 t.$$

- Peso de combustible:

Los datos de combustible se estiman mediante los datos de las fichas adjuntas a los anexos del buque Francisco, que también lleva propulsión tipo dual:

Volumen de diésel: 140.000 litros.

Volumen de LNG: 80.000 litros.

$$Pd + Plng = 140.000 * 0,832 + 80.000 * 0,45 = 152,48 t.$$

Con estos valores se estima la siguiente autonomía:

Los motores seleccionados tienen un consumo de diésel de 184g/KWh y entregan 27.000kw para navegar a la velocidad de servicio de 38Kn.

Por lo tanto:

$$184 * 27000 = 5 \text{ t/h de consumo de diésel.}$$

$$140.000 * 0,832 = 119,28t \text{ de combustible.}$$

$$119,28 / 5 = 23,8 \text{ horas de autonomía a la velocidad de servicio.}$$

$$23,8 * 38 = \underline{900 \text{ millas de autonomía con diésel.}}$$

Mientras que para el uso de gas natural, el motor tiene un consumo de 7475KJ/KWh. El gas licuado tiene un poder calorífico de 50Mj/Kg:

$$7475 * 27000 = 0,2 * 10E9 \text{ Kj/h}$$

$$80.000 * 0,45 * 50.000 = 1,8 * 10E9 \text{ Kj}$$

$$1,8/0,2 = 9\text{h de autonomía.}$$

$$9 * 38 = \underline{342 \text{ millas de autonomía con LNG.}}$$

Autonomía total: 342+900= 1242 millas de autonomía total.

Dado que el buque está pensado para hacer recorridos de aproximadamente 60 millas, 4 veces por día y 5 días a la semana, el consumo dará para una semana de servicio del buque.

○ Peso de aceite:

Se estima en un 3% del peso del combustible.

$$Pa = 152,48T * 3\% = 4,57t.$$

○ Peso de agua dulce:

El buque cargará 5.000 litros de agua dulce.

$$Pad = 5t.$$

○ Víveres:

Se establece que 0,015 toneladas por persona:

$$Pv = 0,015 * 950 = 14,25t.$$

○ Peso de la tripulación y pertrechos:

Se establece en 0,2t por tripulante:

$$Ptp = 0,2 * 30 = 6t.$$

○ Peso total sin lastre:

$$Pv + Pps + Pd + Plng + Pa + Pad + Pv + Ptp = \mathbf{700t.}$$

Como el buque lleva lastre, y la diferencia entre el valor del peso muerto obtenido por uno y otro método son 205 toneladas. Podemos suponer que el lastre que carga el buque para navegar en condiciones de diseño es de 205 toneladas.

Por lo tanto el valor del peso muerto final del buque es de 787,88 toneladas

Cálculo de la potencia

- **Cálculo de la potencia con NavCad:**

En este apartado se usará el programa NavCad 2012 para calcular la potencia estimada (EHP) y la potencia al freno (BHP) total del buque.

Primero, dentro del módulo de resistencia, se introducen los datos del buque y se definen los parámetros para calcular la resistencia al avance de la forma siguiente:

Vessel drag		Calc	ITTC-78 (CT)
Technique:			Prediction
Prediction:			Holtrop
Reference ship:			
Model LWL:	[m]		
Viscous			
Expansion:			Custom
Friction line:			ITTC-57
Hull form factor:	On		1,077
Speed corr:	Off		
Spray drag corr:	Off		
Corr allowance:			0,000372
Roughness [mm]:	On		0
Catamaran			
Interference:	On		
Added drag			
Appendage:	Off		
Wind:	Off		
Seas:	Off		
Shallow/channel:	Off		
Margin:	Off		

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

Project		
Project ID:	Catamaran	
Description:	Recalculado	
Summary		
Scope:	ITTC-78 (CT)	
Configuration:	Catamaran	
Chine type:	Round/multiple	
Length on WL:	83,160	m
Displacement:	1069,94	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]	15,00	kt
Speed [02]	20,00	kt
Speed [03]	22,50	kt
Speed [04]	25,00	kt
Speed [05]	30,00	kt
Speed [06]	35,00	kt
Speed [07]	37,00	kt
Speed [08]	38,00	kt
Speed [09]	39,00	kt
Speed [10]	40,00	kt
Design condition		
Design speed:	38,00	kt

Vessel drag		Calc	ITTC-78 (CT)
Technique:			Prediction
Prediction:			Holtrop
Reference ship:			
Model LWL:	[m]		
Viscous			
Expansion:			Custom
Friction line:			ITTC-57
Hull form factor:	On		1,077
Speed corr:	Off		
Spray drag corr:	Off		
Corr allowance:			0,000372
Roughness [mm]:	On		0
Catamaran			
Interference:	On		
Added drag			
Appendage:	Off		
Wind:	Off		
Seas:	Off		
Shallow/channel:	Off		
Margin:	Off		

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

Hull		(per demi-hull)
Configuration:		Catamaran
Chine type:		Round/multiple
General		(per demi-hull)
Length on WL:	83,160	m
Max beam on WL:	5,500	m
Max molded draft:	4,000	m
Displacement:	1069,94	t
Wetted surface:	593,3	m ²
Demi-hull spacing:	20,800	m
ITTC-78 (CT)		(per demi-hull)
LCB fwd TR:	39,917	m
LCF fwd TR:	43,243	m
Max section area:	20,9	m ²
Waterplane area:	343,4	m ²
Bulb section area:	0,0	m ²
Bulb ctr below WL:	0,000	m
Bulb nose fwd TR:	0,000	m
Transom area:	0,0	m ²
Transom beam WL:	0,000	m
Transom immersion:	0,000	m
Half entrance angle:	6,00	deg
Bow shape factor:	0,0	[AVG flow]
Stern shape factor:	1,0	[WL flow]
Planing		(per demi-hull)
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

Al indicar que es catamarán, los datos requeridos son valores por semicasco, por lo tanto se introducen dichos valores en lugar de los totales del buque. El desplazamiento total del buque se divide por dos y se introduce el valor obtenido, ya que sería el valor de desplazamiento de cada carena.

Se dejan en 0 los datos del bulbo, dado que todavía se desconoce si este buque va a llevar o no bulbo. Lo mismo ocurre con los datos del espejo.

El semiángulo de entrada se calcula mediante autocad usando para ello los planos de referencia del buque base.

Una vez indicados se imprime la siguiente tabla, en la que se entra con el valor de la velocidad de servicio para obtener el valor de la potencia estimada a dicha velocidad:

Prediction results									
SPEED [kt]	SPEED COEFS		ITTC-78 COEFS						
	FN	FV	RN	CF	[CV/CF]	CR	dCF	CA	CT
15,00	0,270	0,774	5,40e8	0,001655	1,152	0,001131	0,000000	0,000372	0,003410
20,00	0,360	1,032	7,19e8	0,001595	1,152	0,002912	0,000000	0,000372	0,005122
22,50	0,405	1,161	8,09e8	0,001572	1,152	0,004139	0,000000	0,000372	0,006322
25,00	0,450	1,290	8,99e8	0,001551	1,152	0,003263	0,000000	0,000372	0,005422
30,00	0,540	1,548	1,08e9	0,001516	1,152	0,002666	0,000000	0,000372	0,004785
35,00	0,631	1,806	1,26e9	0,001488	1,152	0,002336	0,000000	0,000372	0,004422
37,00	0,667	1,909	1,33e9	0,001478	1,152	0,002190	0,000000	0,000372	0,004265
+ 38,00 +	0,685	1,960	1,37e9	0,001473	1,152	0,002125	0,000000	0,000372	0,004194
39,00	0,703	2,012	1,40e9	0,001468	1,152	0,002066	0,000000	0,000372	0,004130
40,00	0,721	2,063	1,44e9	0,001464	1,152	0,002013	0,000000	0,000372	0,004072
RESISTANCE AND EFFECTIVE POWER									
SPEED [kn]	RBARE [kN]	RAPP [kN]	RWIND [kN]	RSEAS [kN]	RCHAN [kN]	RMARGIN [kN]	RTOTAL [kN]	PEBARE [kW]	PETOTAL [kW]
15,00	123,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,62	953,9	953,9
20,00	330,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	330,09	3396,2	3396,2
22,50	515,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	515,63	5968,4	5968,4
25,00	545,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	545,96	7021,7	7021,7
30,00	693,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	693,83	10708,1	10708,1
35,00	872,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	872,68	15713,0	15713,0
37,00	940,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	940,53	17902,5	17902,5
+ 38,00 +	975,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	975,64	19072,7	19072,7
39,00	1011,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1011,94	20302,9	20302,9
40,00	1049,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1049,61	21598,7	21598,7
OTHER									
SPEED [kt]	CTLR	CTLT							
15,00	0,02676	0,08068							
20,00	0,06889	0,12118							
22,50	0,09792	0,14956							
25,00	0,07719	0,12827							
30,00	0,06307	0,11320							
35,00	0,05525	0,10461							
37,00	0,05180	0,10088							
+ 38,00 +	0,05026	0,09921							
39,00	0,04887	0,09770							
40,00	0,04763	0,09633							

Report: 1020140219-1402

HydroComp NavCad 2012 12.02.2012 5:10:22.533

Por lo tanto EHP a 38kn es 19.072Kw.

A continuación ello se entra en el módulo de propulsión y se introducen los siguientes datos requeridos:

Hull-propulsor		Calc	
Technique:		Prediction	
Prediction:		Holtrop	...
Reference ship:			
Max prop diam:	[mm]	2750,0	
Corrections			
Viscous scale corr:	On	Custom	
Rudder location:		Behind propeller	
Friction line:		ITTC-57	
Hull form factor:		1,077	...
Corr allowance:		0,000372	...
Roughness [mm]:	On	0	...
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 multiplier:			
RPM constraint:			
Limit [RPM/s]:			

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

Propulsor		(per demi-hull)
Count:	2	
Propulsor type:	Propeller series	
Propeller type:	FPP	
Propeller series:	B Series	
Propeller sizing:	By thrust	
Reference prop:		
Blade count:	7	
Expanded area ratio:	1,0500	
Propeller diameter:	2750,0	mm
Propeller mean pitch:	4105,0	mm
Hub immersion:	2,5	mm
Engine/gear		
Engine data:	None defined	
Rated RPM:		RPM
Rated power:		kW
Gear efficiency:	0,97	...
Gear ratio:	2,428	
Shaft efficiency:	0,98	...
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 L/D:	Standard	

Como no se dispone de datos de los waterjets se hará el cálculo suponiendo que el buque lleva 2 hélices de 7 palas de paso fijo y de serie B por cada patín.

Se define un diámetro máximo de la hélice de como máximo 2,75 metros, debido a la manga en la carena del semicasco del buque. Debido a que los waterjets ocupan menor espacio que las hélices, estas requerirán un diámetro mucho mayor, llegando a valores límites para la manga de cada carena.

Los valores de paso, diámetro y ratio son dimensionados por el programa.

No se define ningún motor, pero se introducen las RPM de referencia del buque base, 1050 RPM para el dimensionamiento de la hélice.

Se obtienen los siguientes resultados para la velocidad de servicio (38kn):

Prediction results [System]							
SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE		
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	
15,00	953,9	0,0538	0,0747	0,9509	293	339,1	
20,00	3396,2	0,0535	0,0747	0,9509	417	1220,4	
22,50	5968,4	0,0533	0,0747	0,9509	488	2181,3	
25,00	7021,7	0,0532	0,0747	0,9509	527	2533,3	
30,00	10708,1	0,0530	0,0747	0,9509	618	3834,9	
35,00	15713,0	0,0528	0,0747	0,9509	712	5609,3	
37,00	17902,5	0,0527	0,0747	0,9509	748	6383,8	
+ 38,00 +	19072,7	0,0527	0,0747	0,9509	766	6798,2	
39,00	20302,9	0,0527	0,0747	0,9509	784	7234,1	
40,00	21598,7	0,0527	0,0747	0,9509	803	7693,7	
POWER DELIVERY							
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
15,00	121	24,27	322,4	329,0	1315,9	1356,6	59,7
20,00	172	61,35	1160,1	1183,8	4735,1	4881,5	22,1
22,50	201	93,69	2073,5	2115,9	8463,5	8725,2	13,9
25,00	217	100,82	2408,2	2457,3	9829,4	10133,4	13,3
30,00	255	130,02	3645,4	3719,8	14879,3	15339,5	10,6
35,00	293	165,17	5332,2	5441,0	21764,0	22437,1	8,4
37,00	308	178,87	6068,4	6192,3	24769,2	25535,2	7,8
+ 38,00 +	316	185,96	6462,3	6594,2	26376,9	27192,7	7,5
39,00	323	193,28	6876,8	7017,1	28068,4	28936,5	7,3
40,00	331	200,87	7313,6	7462,9	29851,5	30774,8	7,0
EFFICIENCY		THRUST					
SPEED [kt]	EFFO	EFFOA	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
15,00	0,7955	0,7249	33,40	61,81			
20,00	0,7874	0,7173	89,19	165,04			
22,50	0,7743	0,7052	139,32	257,82			
25,00	0,7844	0,7144	147,51	272,98			
30,00	0,7904	0,7197	187,47	346,91			
35,00	0,7931	0,7220	235,79	436,34			
37,00	0,7940	0,7228	254,12	470,27			
+ 38,00 +	0,7944	0,7231	263,61	487,82			
39,00	0,7947	0,7233	273,42	505,97			
40,00	0,7949	0,7235	283,60	524,81			

Obteniendo un valor de BHP de 27.192Kw.

Finalmente se obtienen unos valores de potencia correspondientes a:

- EHP: 19.072Kw.
- BHP: 27.192Kw A la velocidad de servicio, al 85% del MCR.
- BHP total: $27.192/85\% = \underline{31.990Kw}$ al 100% MCR.
- BHP de cada motor: $31.990/4 = \underline{7.997 Kw}$.

Se comprobara, mediante los datos del buque base, el Bentago Express, la distorsión que produce Navcad y se comprobará la diferencia de potencia:

Usando el mismo método con el Bentago Express se obtiene:

Prediction results [System]							
SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE		
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBPROP [kW]	
15,00	1250,9	0,0329	0,0567	0,9573	430	473,5	
20,00	3902,1	0,0326	0,0567	0,9573	600	1472,2	
22,50	6709,8	0,0325	0,0567	0,9573	700	2549,1	
25,00	6894,9	0,0323	0,0567	0,9573	738	2600,4	
30,00	10007,3	0,0321	0,0567	0,9573	861	3791,1	
35,00	15439,0	0,0320	0,0567	0,9573	1001	5857,8	
37,00	17964,0	0,0319	0,0567	0,9573	1055	6821,7	
+ 38,00 +	19312,4	0,0319	0,0567	0,9573	1083	7337,1	
39,00	20726,0	0,0319	0,0567	0,9573	1110	7877,6	
40,00	22209,6	0,0318	0,0567	0,9573	1137	8445,2	
POWER DELIVERY							
SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
15,00	132	31,26	450,1	459,3	1837,0	1893,8	35,0
20,00	184	69,67	1399,5	1428,0	5712,1	5888,7	15,0
22,50	214	103,53	2423,2	2472,6	9890,5	10196,4	9,7
25,00	226	100,15	2471,9	2522,4	10089,6	10401,6	10,6
30,00	263	125,08	3603,8	3677,3	14709,3	15164,3	8,7
35,00	306	166,36	5568,5	5682,1	22728,4	23431,4	6,6
37,00	323	183,67	6484,8	6617,1	26468,4	27287,0	6,0
+ 38,00 +	331	192,56	6974,7	7117,0	28468,0	29348,4	5,7
39,00	339	201,65	7488,5	7641,3	30565,3	31510,6	5,5
40,00	348	210,98	8028,0	8191,8	32767,3	33780,7	5,2
EFFICIENCY		THRUST					
SPEED [kt]	EFFO	EFFOA	THRPROP [kN]	DELTHR [kN]			
15,00	0,7441	0,6809	42,96	81,05			
20,00	0,7468	0,6831	100,52	189,63			
22,50	0,7417	0,6784	153,63	289,84			
25,00	0,7472	0,6834	142,08	268,05			
30,00	0,7441	0,6803	171,85	324,21			
35,00	0,7430	0,6793	227,25	428,73			
37,00	0,7425	0,6787	250,13	471,88			
+ 38,00 +	0,7421	0,6784	261,83	493,95			
39,00	0,7418	0,6781	273,79	516,51			
40,00	0,7415	0,6778	286,05	539,65			

Para el buque base (Bentago Express) se obtienen los valores:

- BHP Navcad: 29.348,4Kw a 38Kn. (La fuente de datos de este buque, incluida en los anexos, especifica que a 38 nudos se viaja al 100% de MCR con el desplazamiento definido)
- BHP base de datos: 28.800Kw a 38kn.

La potencia obtenida por NavCad es un porcentaje respecto a la real de:

$$(29.348,4/28800)*100=101\%$$

La desviación entre los datos de la base de datos y el cálculo hecho por NavCad para este buque es de un 1%, por lo que, al ser un valor tan pequeño, se considerarán como correctos los valores obtenidos para el buque proyecto. Por lo tanto, finalmente los datos son:

- EHP: 19.072Kw.
- BHP: 27.192Kw A la velocidad de servicio, al 85% del MCR.
- BHP total: $27.192/85\% =$ 31.990Kw al 100% MCR.
- BHP de cada motor: $31.990/4 =$ 7.997 Kw.

- **Elección del motor propulsor:**

Cada uno de los cuatro motores propulsores a elegir para el buque tienen que tener las siguientes características:

- Potencia al freno superior a 7.997Kw.

- Debe funcionar mediante MDO y LNG.
- Tienen que poder colocarse reuniendo los requisitos mínimos en una cámara de máquinas de 5,5 metros de manga.

El motor que cumple con todas esas características es el Rolls Royce Bergen B B34:40V16P.

Technical data for the Rolls-Royce B-engine at 750 rpm

Engine type		B32:40L6P	B32:40L8P	B32:40L9P	B32:40V12P	B32:40V16P
Number of cylinders		6	8	9	12	16
Engine speed	RPM	750	750	750	750	750
Mean piston speed	m/sec.	10	10	10	10	10
Max.cont rating	kW	3000	4000	4500	6000	8000
Max.cont rating (MCR)	BHP (metric)	4080	5440	6120	8160	10080
Mean effective pressure (BMEP)	Bar	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9
Specific fuel consumption	g/kWh	184	184	184	184	184
Specific lubricating oil consumption	g/kWh	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Cooling water temp. engine outlet	°C	90	90	90	90	90

*Los datos reflejados hacen referencia al motor funcionando con MDO.

Francobordo:

Para calcular el francobordo se ha usado la tabla de Excel facilitada por la asignatura.

En ella se introducen los datos del buque por semicasco.

Se selecciona como tipo de buque el tipo B.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Summer Freeboard	612 mm
Summer Draught	7048 mm
Tropical Freeboard	7660 mm
Winter Freeboard	759 mm
Winter N. Atlantic Freeboard	809 mm
Fresh Water	598 mm

Como vemos en los datos, el francobordo geométrico (obtenido) es siempre inferior al francobordo real, que es aproximadamente 3,65m, ya que al ser un buque de pasaje siempre el francobordo real es mayor que el francobordo geométrico.

El buque se proyecta para 4 metros de calado y 7,65 metros de puntal a la cubierta de cierre, con un valor del francobordo real de 3,65 metros, por lo que cumple de sobra con todos los requisitos del francobordo, siendo siempre la distancia superior al valor indicado.

Se adjunta en los anexos el cálculo del francobordo.

Dimensionamiento final:

B(m)	26,3
Lpp (m)	83,16
Loa (m)	92,4
Bcasco (m)	5,5
T (m)	4
D (m)	7,65
BHP (Kw)	36.213
CB	0,57
CM	0,94
CP	0,7
Δ (t)	2257
Fn	0,66
Autonomía (millas)	1200
Peso en Rosca (t)	1352

Especificación:

- **Descripción general:**

El buque proyecto se trata de un ferry de alta velocidad con casco tipo catamarán destinado a transportar pasajeros y vehículos a través de cortas distancias en intervalos de tiempo lo más reducidos posibles.

El buque está diseñado para llevar 950 pasajeros, 30 tripulantes y 250 coches.

Los pasajeros embarcarán al buque mediante pasarelas por popa. Una vez embarcados serán conducidos a través de escalas y rampas para minusválidos a las cubiertas de pasajeros, situadas dos cubiertas por encima de la zona de embarque.

El pasaje se distribuye en dos cubiertas, equipadas con 950 butacas de alta calidad divididas en varias zonas y en varias comodidades. Las salas de pasaje están equipadas con multitud de sistemas y zonas de entretenimiento para que los viajeros disfruten de una estancia en el buque lo más confortable posible.

La tripulación se distribuirá, en su mayoría, en el puente de mando, en las salas de pasaje, en los garajes y en las cámaras de máquinas. Los tripulantes disponen de salas de recreo y descanso en el interior del buque.

Los vehículos se embarcarán por popa, mediante dos rampas y accesos a los garajes del buque. El buque proyecto será diseñado para embarcar solo coches, por lo que se restringirá el acceso a camiones o vehículos de grandes dimensiones o tonelaje.

La carga rodada se distribuirá en dos áreas: la cubierta principal y el cardeck superior. El acceso al cardeck se hace mediante dos rampas situadas a popa, en el interior del garaje de la cubierta principal. Cada una de estas áreas cuenta con una zona de maniobra a proa para poder embarcar y desembarcar los vehículos en un menor espacio de tiempo.

Ambas cubiertas de coches tendrán acceso directo a las escalas y rampas principales que la conectan con la zona de pasaje.

La propulsión del buque estará garantizada por 4 propulsores del tipo waterjet que serán capaces de crear el empuje suficiente para navegar a 38 nudos de servicio al 100% de MCR y con un 10% de margen de mar.

Los motores principales entregarán una potencia al freno total cercana a los 30.000kw y serán de tipo dual, de forma que puedan alimentarse tanto por diésel como por LNG.

- **Características generales:**

Las características generales del buque proyecto son las siguientes:

B(m)	26,3
Lpp (m)	83,16
Loa (m)	92,4
Bcasco (m)	5,5
T (m)	4
D (m)	7,65
BHP (Kw)	36.213
CB	0,57
CM	0,94
CP	0,7
Δ (t)	2257
Fn	0,66
Autonomía (millas)	1200
Peso en Rosca (t)	1352

También hay que destacar los siguientes datos:

- Número de pasajeros: 950.
- Número de coches: 250.
- Número de tripulantes: 30.
- Sociedad de clasificación: Det Norske Veritas HSLC

- **Tripulación:**

La tripulación del buque estará compuesta por 30 personas, divididas en tripulantes de puente, tripulantes de máquina, tripulantes de cabina de pasaje y tripulantes de carga rodada.

Estará distribuida de forma que haya:

- Un capitán.
- Dos jefes de máquinas.
- Siete oficiales.
- Veinte marineros:
 - Encargados del embarque y distribución de los vehículos.
 - Encargados del pasaje y los servicios ofrecidos a bordo.
 - Encargados del resto de tareas del buque.

Los tripulantes no dispondrán de camarotes propios, ya que es un buque de viajes cortos, pero sí que contarán con varias salas habilitadas especialmente para descansar o pasar su tiempo libre a bordo del buque.

- **Peso muerto:**

El peso muerto del buque a un calado de 4 metros es de 905 toneladas. Se puede dividir en dos conceptos básicos:

- **Peso muerto del buque:** En él se incluyen los requisitos necesarios para la correcta operación del buque:
 - Combustible
 - Agua dulce
 - Aceite
 - Tripulación y sus efectos
 - Víveres
 - Consumos diversos
- **Peso muerto de la carga:** En él se incluye el peso de la carga, pasaje y lastre:
 - Vehículos
 - Pasaje y equipaje
 - Aguas de lastre

- **Formas y estabilidad:**

Las formas de los cascos serán diseñadas para poder reducir lo máximo posible la resistencia total del agua al avance, ya que se trata de un buque de alta velocidad. Cabe destacar que se diseñará el buque con una proa Wave Piercing, de forma que reduzca al mínimo el cabeceo del buque y la resistencia por formación de olas.

Al ser un buque catamarán cuenta con la desventaja de tener una gran superficie mojada en comparación con buques monocasco de su mismo desplazamiento, pero tendrá una relación L/B muy buena.

Cumplirá todos los criterios de estabilidad requeridos.

- **Potencia y velocidad:**

La potencia del buque será abastecida por cuatro motores duales diésel-LNG de media o alta velocidad que entreguen una potencia al freno cercana a los 35.000kw.

La propulsión vendrá por parte de 4 waterjets para buques tipo ferry catamarán, a popa, dos en cada carena.

Estos waterjets serán capaces de hacer navegar al buque a gran velocidad con gran eficiencia y sin ocupar un excesivo espacio en la carena del buque. Además permitirán ciar al buque en un corto espacio de tiempo por medio de un sistema de reversas que invierten el sentido del flujo de empuje y también permitirán virar con rapidez al buque mediante toberas móviles.

- **Clasificación, inspección y reglamentación:**

El buque será construido de acuerdo con los reglamentos y bajo la vigilancia especial de Det Norske Veritas, concretamente en su reglamento para buques de alta velocidad, el High Speed and Light Craft. (DNV HSLC).

El buque además cumplirá con los siguientes convenios:

- Convenio internacional para la seguridad de la vida en el mar.
- Convenio internacional de líneas de carga.
- Convenio internacional de arqueo.
- Convenio internacional para la prevención de la contaminación en el mar.
- Convenio internacional para prevención de abordajes.
- Convenio ILO
- Código de seguridad de naves de alta velocidad.

- **Materiales de construcción:**

El material principal usado para la construcción de la estructura del buque proyecto será el aluminio, dadas las ventajas que aporta su baja densidad al peso en rosca en comparación con el acero para este tipo de buques de alta velocidad.

El escantillón de las chapas cumplirá lo exigido por el DNV y la construcción del forro será totalmente soldada.

- **Cubiertas:**

El buque dispondrá de dos cubiertas para vehículos (la cubierta principal y un cardeck) y de dos cubiertas para pasaje. El puente de mando irá situado en la última cubierta.

Además dispondrá de una cubierta de máquinas situada sobre el doble fondo en cada patín.

- **Cubierta de máquinas:**

El buque cuenta con una cubierta de máquinas situada sobre el doble fondo. Cada una de estas cubiertas se divide en cuatro zonas principales:

- Cámara de waterjets: Donde se encuentran situadas las bombas de los waterjets. Tiene el espacio suficiente para que la zona interior del waterjet se aloje y se acople el eje al motor.
- Cámara de máquinas: En ella se encuentra la maquina principal. En cada una de las dos cámaras de máquinas se disponen dos motores propulsores de medio-alto régimen de revoluciones.

La cubierta de máquinas está conectada a dos accesos para la evacuación por sala para poder evacuar al personal fácil y rápidamente en cualquier condición.

- **Cubierta principal:**

En ella se encuentra parte del garaje. Se estima que tendrá una capacidad para 120 coches. Su acceso se realiza mediante dos rampas (una en cada banda) situadas a popa o dos pasarelas para pasaje y tripulación también situadas a popa.

Cuenta a proa con una zona de maniobra de coches para hacer más rápidas las operaciones de embarque y desembarque de vehículos.

En cada banda cuenta con zonas de escaleras, rampas y ascensores que la comunican con el resto de cubiertas accesibles al pasaje. También cuenta con accesos a los troncos de escape que bajan hasta la cámara de máquinas.

- **Cardeck:**

La segunda cubierta de coches, donde se estima que se alojan los 130 coches restantes es una cubierta intermedia. A ella los vehículos acceden por una rampa situada a popa de esta que se comunica con la cubierta principal.

También dispone de una zona de maniobras para coches a proa y está conectada de la misma forma que la cubierta principal a los accesos de rampas y escalas a las cubiertas de pasaje.

➤ **Cubierta de pasajeros 1:**

En dicha cubierta es donde irá alojado gran parte del pasaje en la en su viaje.

Cuenta con cuatro zonas de butacas con un aforo total para 720 pasajeros.

En esa cubierta, además, también se encuentran dos bares, un autoservicio, 6 aseos, una tienda, una sala de audiovisuales, una zona infantil, una sala de ocio y una zona para descanso de los tripulantes.

A esta cubierta se accede por las rampas, escalas y ascensores que provienen de la cubierta de coches.

➤ **Cubierta de pasajeros 2:**

En la cubierta de pasajeros 2 se encuentran las butacas para los 228 pasajeros restantes, divididas en dos salas de butacas y una zona de ocio.

Esta cubierta también dispone de una sala de recreativos, dos servicios, un bar y una zona para tripulantes.

En ella se encuentra el puente de mando.

A esta cubierta se accede por una escala central que la comunica con la cubierta de pasajeros 1.

• **Medios de salvamento:**

El buque cumplirá con todos los medios exigidos y recomendados por el SOLAS y el código de Internacional de seguridad para naves de alta velocidad para este tipo de buques.

• **Habilitación de alojamientos:**

El buque no dispondrá de camarotes debido al tipo de viajes cortos para los que está diseñado.

El pasaje viajará en butacas distribuidas en varias salas y contará con instalaciones para el entretenimiento: tres bares, una sala de ocio, una sala de audiovisuales, una sala infantil y dos tiendas.

La tripulación dispondrá de espacios privados para el descanso. Dos salas en las distintas cubiertas cumplen esta función.

• **Medios contraincendios:**

Se cumplirá todo lo exigido por el SOLAS y por el DNV para este tipo de buques, incluyendo la normativa del DNV para buques propulsados con LNG.

Disposición general y sección transversal:

Se adjunta en los anexos los planos de la disposición general, así como los de la sección transversal

Anexos:

- Anexo 1: cálculo del francobordo.
- Anexo 2: disposición general y sección transversal.
- Anexo 3: Base de datos.

ANEXO 1: CÁLCULO DEL FRANCOBORDO

INTERNATIONAL CONVENTION ON LOAD LINES 1966/1988

Moulded Breadth (B)	5,5 m
Least Moulded Depth	7,65 m
85% Least Moulded Depth	6,503 m
Freeboard deck thickness at side	10 mm
Freeboard Depth (D)	7,66 m
Lenght of the waterline at 6,503 m of depth	83,16 m
Lenght betw. Perp. at 6,503 m of depth	83,16 m
Freeboard Lenght (L)	83,16 m
Volume without appendages at 6,503 m of depth	1564,23 m ³
Block coefficient	0,5259
Recess in freeboard deck, side to side, of <i>Upper line of the exposed deck is the freeboard deck</i>	0 m < 1m

R-27 Types of ships	<i>Applicable</i>
----------------------------	-------------------

Type of ship (A,B,Br,B60) B

R-28 Tabular Freeboard	<i>Applicable</i>
-------------------------------	-------------------

Table	
L	freeboard
83	942
84	960

L	freeboard
83,16	945

R-28	945
-------------	-----

R-29 Correction for ships under 100 m in lenght	<i>Not Applicable</i>
--	-----------------------

Effective lenght of superstructure (E)	84,39 m
Lenght of trunks	0 m
Effective lenght of superstructure (E1)	84,39 m

R-29	
-------------	--

R-30 Correction for block coefficient	<i>Not Applicable</i>
--	-----------------------

R-28	945
R-29	
<i>freeboard</i>	945

Factor 1

R-30	
-------------	--

R-31 Correction for depth	<i>Applicable</i>
----------------------------------	-------------------

Enclosed superstructure lenght	m	<0.6*L
Height of superstructure	m	
Standard Height	1,882 m	

R	173,25	Standard Height correction	0
Correction	367		

R-31	367
-------------	-----

R-32 Correction for position of deck line	<i>Not Applicable</i>
--	-----------------------

R-32

R-32.1 Correction for recess in freeboard deck (not side to side) *Not Applicable*

Volume of the recess m³
Waterplane area at 6,503 m draft m²

R-32.1

R-33 Standard height of superstructure (in m) *Applicable*

<i>Raised quarterdeck</i>	<i>All Other superstructures</i>
1,298	1,882

R-34/35 Effective length of superstructure (in m) *Applicable*

<i>Superstructure</i>	<i>Lenght (S)</i>	<i>Sup. br. (b)</i>	<i>Ship br. (Bs)</i>	<i>Height</i>	<i>Effective Lenght (E)</i>
Forecastle					
<i>center</i>	84,390	26,300	26,300	2,300	84,390
Poop					

<i>Raised quarterdeck</i>	<i>Lenght (S)</i>	<i>Sup. br. (b)</i>	<i>Ship br. (Bs)</i>	<i>Height</i>	<i>Effective Lenght (E)</i>

R-36 Effective length of trunks (in m) *Applicable*

<i>Trunk</i>	<i>Lenght (S)</i>	<i>Sup. br. (b)</i>	<i>Ship br. (Bs)</i>	<i>Height</i>	<i>Effective Lenght (E)</i>
Centre					

R-37 Deduction for superstructures and trunks *Applicable*

Lenght of Superstructure 84,39 m
Lenght of Trunks 0 m
Effective Lenght (E) 84,39 m
Effective Lenght (E) 1,0148 *L
Deduction for 1L 844 mm

<i>E</i>	<i>%</i>
1	100
1,0148	100
1,1	#N/A

R-37 -844

R-38 Sheer	<i>Applicable</i>
-------------------	-------------------

Standard Sheer Profile			
Station	Ordinate	Factor	Product
After perpendicular	943	1	943
1/6 L from A.P.	419	3	1257
1/3 L from A.P.	106	3	318
Amidships	0	1	0
Amidships	0	1	0
1/3 L from A.P.	211	3	633
1/6 L from A.P.	837	3	2511
Forward perpendicular	1886	1	1886
			After Sheer 2518
			Forward Sheer 5030

Sheer Profile					
Station	Ordinate	Sum for Le=L	Total	Factor	Product
After perpendicular	0	0	0	1	0
1/6 L from A.P.	0	0	0	3	0
1/3 L from A.P.	0	0	0	3	0
Amidships	0	0	0	1	0
Amidships	0	0	0	1	0
1/3 L from F.P.	0	0	0	3	0
1/6 L from F.P.	0	0	0	3	0
Forward perpendicular	0	0	0	1	0
					After Sheer
					Forward Sheer

Forward and After corrections for Sheer be allowed
--

Corrected After Product Difference	-2518
Corrected Forward Product Difference	-5030

Sheer credit for poop or forecastle

	Real	Standard	Difference	s
Forecastle	2300	1882	418	70
Poop	0	1882	-1882	-314

After Sheer variation	-628
Forward Sheer variation	-559
Sheer variation	-593

Total length of enclosed superstructures (S1)	84,390 m
Extension in midships of superstructures (over L)	1 *L

Factor	0,2426 Correction	144 mm
--------	-------------------	--------

Freeboard correction	144 mm
----------------------	--------

R-38	144
-------------	------------

R-39.1 Minimum bow height	<i>Applicable</i>
----------------------------------	-------------------

Waterplane area forward of L/2 at draught d1 (Awf)	343,50 m2
--	-----------

L	83,16	d1	6,503
B	5,5	Cb	0,5259
		Cwf	1,502

Minimum bow height (Fb)	-668 mm
-------------------------	---------

Bow depth corrected for R39 13,72 m
Minimum bow height freeboard -6728 mm
Salt water freeboard 612 mm

R-39.1 0

R-39.2 Reserve of bouyancy *Applicable*

F0 945 mm
f1 1
f2 367 mm
fmin 1312 mm

Minimum projected area 28,91 m2
Actual projected area 110,45 m2
Freeboard correction 0 mm

R-39.2 0

R-40 Minimum freeboards*Applicable*

Minimum freeboard without R-32

50 mm

R-28	945 mm
R-29	mm
R-30	mm
R-31	367 mm
R-32.1	mm
R-37	-844 mm
R-38	144 mm
Sum	612 mm

Freeboard in Salt Water 612 mm

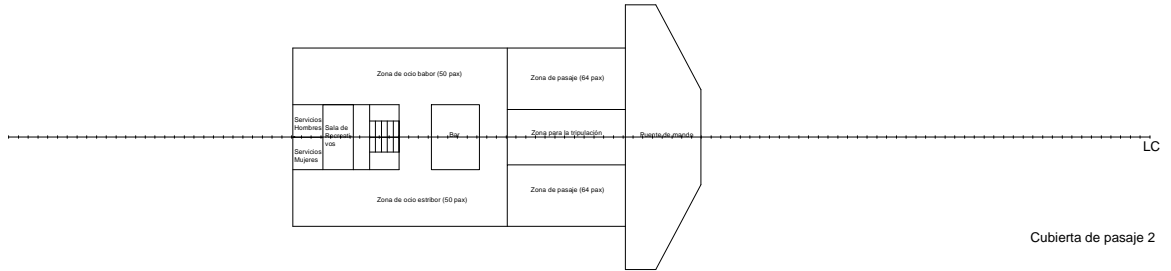
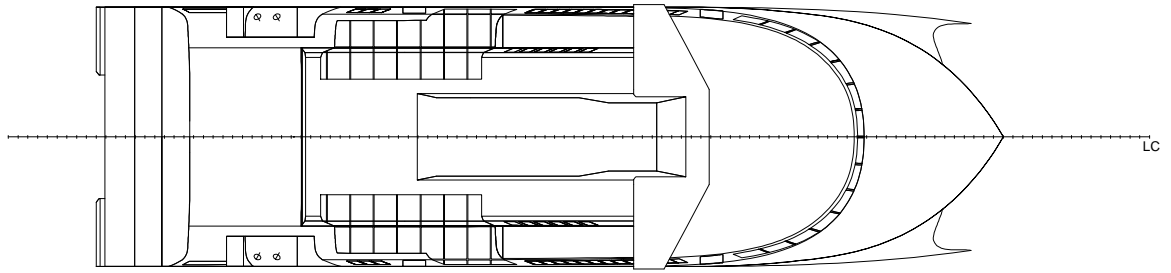
<i>Minimum Summer Freeboard</i>	<i>612 mm</i>
<i>Maximum Summer Draught</i>	<i>7048 mm</i>

R-39.1	0 mm
R-39.2	0 mm
Sum	612 mm
R-32	0 mm

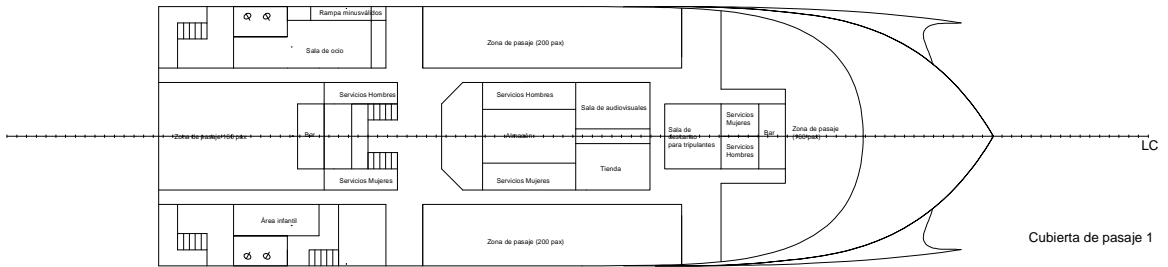
Maximum Scantling Draught	mm
Maximum Stability Draught	mm

Summer Freeboard	612 mm
Summer Draught	7048 mm
Tropical Freeboard	7660 mm
Winter Freeboard	759 mm
Winter N. Atlantic Freeboard	809 mm
Fresh Water	598 mm

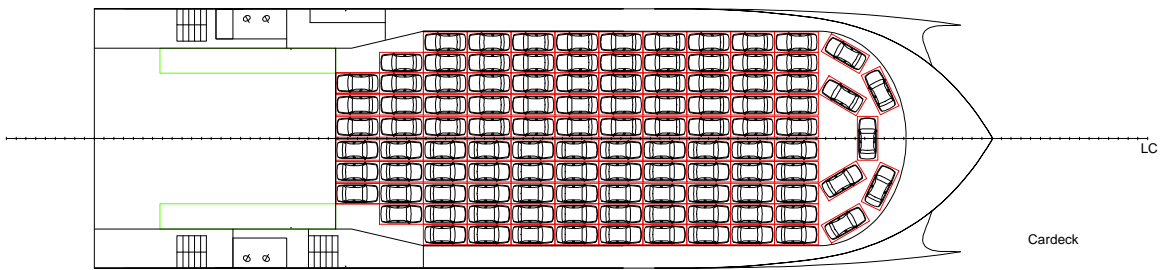
ANEXO 2: DISPOSICIÓN GENERAL Y SECCIÓN TRANSVERSAL



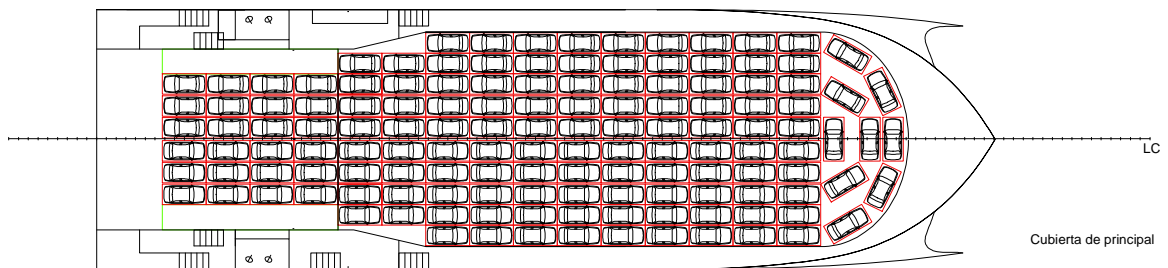
Cubierta de pasaje 2



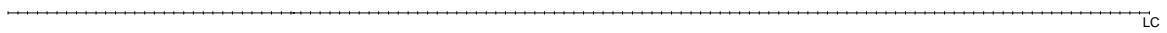
Cubierta de pasaje 1



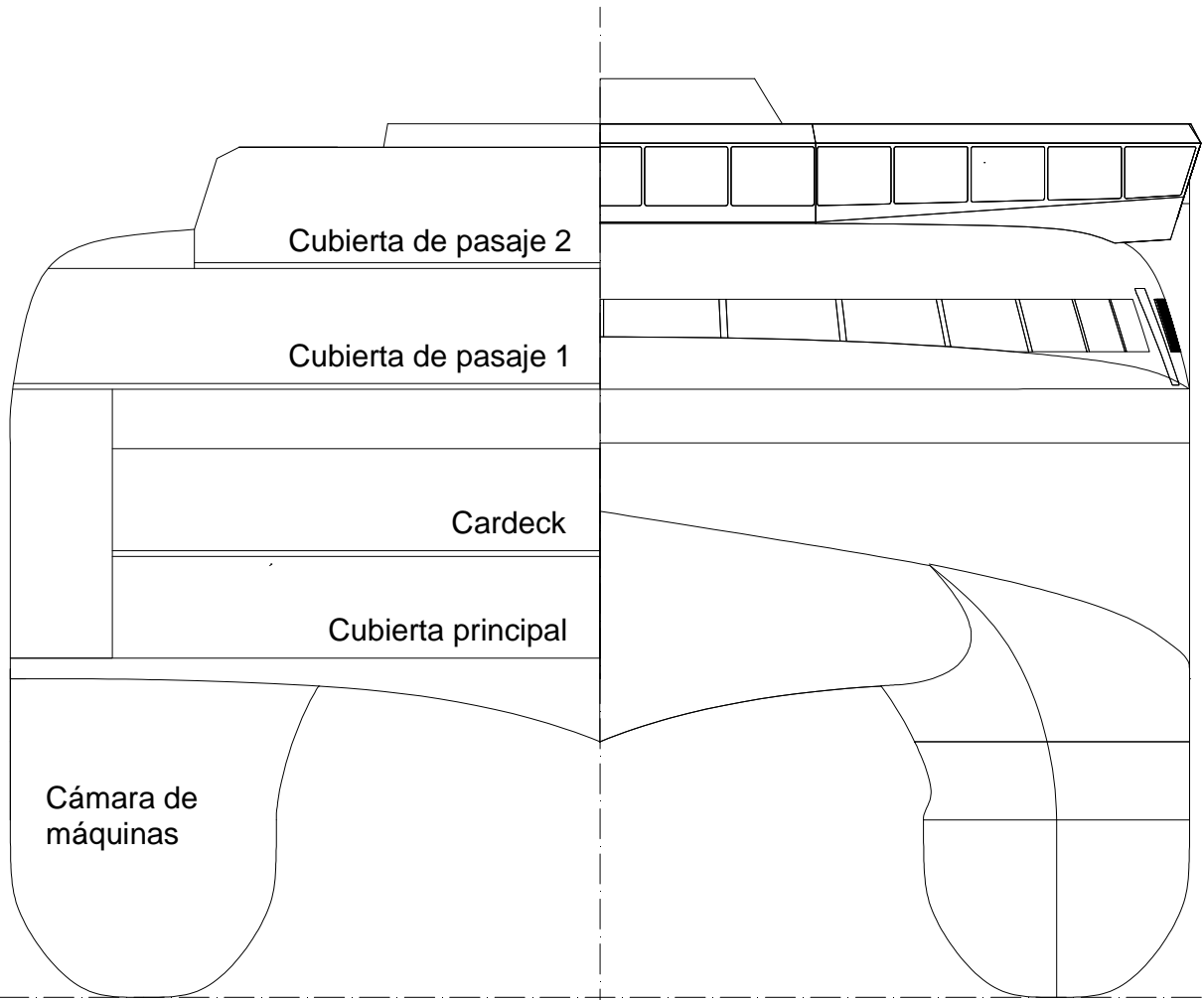
Cardeck



Cubierta de principal



Cubierta de máquinas



Cubierta de pasaje 2

Cubierta de pasaje 1

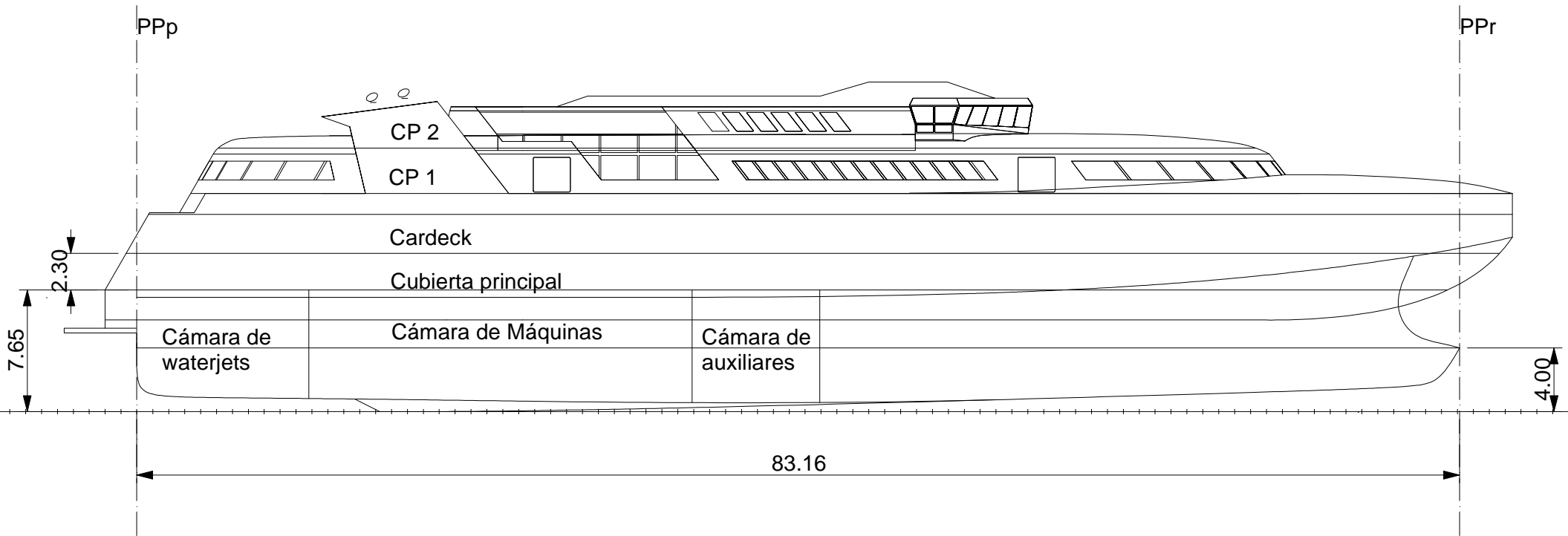
Cardeck

Cubierta principal

Cámara de
máquinas

LC

LB



ANEXO 3: BASE DE DATOS

Nombre del buque	DWT(t)	Desplazami	Loa(m)	Lpp(m)	B(m)	B hull (m)	T(m)	D (m)	Pasajeros	Coches	Truck Lane V (Kn)	Potencia (kw)	Referencia	Año	Nº Carriles		
Adnan Menderes	755		86,6	73,2	24	7,35	3,29	7,3	800		215	42	26.000	GrossTonn	1998		
Avemar Dos	340		82,3	70,49	23	6,7	2,86	6,7	900		175	41	26.000	GrossTonn	1997		
Bentago Express	708	1700,22	95,47	86	26,6	4,5	4,01	7,65	941		260	330	38	28.800	Incat (Hull)	1999	8
Bonanza Express	802		95,47	86	26,6	4,5	4,03		717		230	330	38	28.320	Incat (Hull)	1999	8
Condor Rapide	415	1250	86,62	75,41	26	4,5	3,5		900		200		48	28.320	Incat (Hull)	1997	8
Fjord Cat	510		91,3	81,3	26	4,5	3,73	6,82	900		220		48	28.320	Incat (Hull)	1998	8
Francisco	450	1516	99	90,54	26,94	4,9	2,98		1024		150		51,8	44.000	Incat (Hull)	2013	8
Highspeed4	470	1590	92,5	77,73	24		3,86	7,8	1045		188		40	28.800	GrossTonn	2000	
Highspeed5	470		85	76,4	21,2		3,1		810		154		39	28.800	Significant	2005	6
Jean De La Valette	850		106,5	92,4	23,8		3,85	9,4	800		230		39	36.400	GrossTonn	2010	
Jonathan Swift	395		86,6	75,72	24	7,3	3,39	7,3	800		200		37	28.800	GrossTonn	1999	
KatExpress 2	1407		112	105	30,5	5,8	4,18		1000		415	567	42,1	36.000	Incat (Hull)	2013	10
Leonora Christina	1000		112,6	100,38	26,1		4,85	8,5	1400		357		37,6	36.000	Significant	2011	8
Millenium III	725		97,22	92	26,62	4,5	3,4		900		267	380	40	28.800	Incat (Hull)	2006	8
Natchan Rera	1380		112,6	105,6	30,5	5,8	3,93		800		355	450	40	36.000	Significant	2007	
Osman Gazi-1	470		87,85	77,3	24		3,62		1200		225		37,4	28.800	Significant	2007	7
Puerto Rico	936		106,3	92,4	23,8		3,65	9,4	866		282		37,3	32.800	GrossTonn	2007	
RPA									950		250	0	38				
Villum Clausen	485		86,6	74,1	24	7,3	3,2	7,3	1037		186		49,5	36.000	GrossTonn	2000	
Virgen de Comoroto	491		86,6	74,15	23,75	7,6	3,23	7,6	774		238		42	32.800	GrossTonn	2004	
Virgen del Valle II	766		101,4	88,7	26,65		4,3	9,4	951		96		38	28.800	GrossTonn	2001	

Nombre del buque	RAIZ(V)	L^3	Lpp*B	Lpp/B	D/B	T/D	D/L	T/L	T/B	Metros lineales cor	B/NºCarril	L*B cascos	Fn	Cb	Columna1	Lpp/B2	Lpp*V
Adnan Menderes	6,48	392223,2	1756,80	3,05	0,304	0,451	0,100	0,045	0,137	967,5		538,0	0,806		0,304167	11,86301	3074,4
Avenir Dos	6,40	350253,5	1621,27	3,06	0,291	0,427	0,095	0,041	0,124	787,5		472,3	0,802		0,291304	12,28358	2890,09
Bentago Express	6,16	636056	2287,60	3,23	0,288	0,524	0,089	0,047	0,151	1170	3,33	387,0	0,673	0,55	0,287594	12,47974	3268
Bonanza Express	6,16	636056	2287,60	3,23				0,047	0,152	1035	3,33	387,0	0,673		0		3268
Condor Rapide	6,93	428831,6	1960,66	2,90				0,046	0,135	900	3,25		0,908	0,53	0		3619,68
Fjord Cat	6,93	537367,8	2113,80	3,13				0,046	0,143	990	3,25	365,9	0,874		0,262308	13,3871	3902,4
Francisco	7,20	742200,9	2439,15	3,36				0,033	0,111	675	3,37		0,894	0,57	0		4689,972
Highspeed4	6,32	469641	1865,52	3,24	0,325	0,495	0,100	0,050	0,161	846			0,745		0,325	11,85897	3109,2
Highspeed5	6,24	445943,7	1619,68	3,60				0,041	0,146	693	3,53		0,733		0		2979,6
Jean De La Valette	6,24	788889	2199,12	3,88	0,395	0,410	0,102	0,042	0,162	1035			0,666		0,394958	11,32979	3603,6
Jonathan Swift	6,08	434142	1817,28	3,16				0,045	0,141	900		552,8	0,698		0,304167	11,86301	2801,64
KatExpress 2	6,49	1157625	3202,50	3,44				0,040	0,137	1867,5	3,05	609,0	0,675		0		4420,5
Leonora Christina	6,13	1011443	2619,92	3,85				0,048	0,186	1606,5	3,26		0,616		0,32567	13,24706	3774,288
Millenium III	6,32	778688	2449,04	3,46				0,037	0,128	1201,5	3,33	414,0	0,685		0		3680
Natchan Rera	6,32	1177584	3220,80	3,46				0,037	0,129	1597,5		612,5	0,639		0		4224
Osman Gazi-1	6,12	461889,9	1855,20	3,22				0,047	0,151	1012,5	3,43		0,699		0		2891,02
Puerto Rico	6,11	788889	2199,12	3,88	0,395	0,388	0,102	0,040	0,153	1269			0,637		0,394958	11,30851	3446,52
RPA										1125		0					0
Villum Clausen	7,04	406869	1778,40	3,09	0,304	0,438	0,099	0,043	0,133	837		540,9	0,944		0,304167	11,86301	3667,95
Virgen de Comoroto	6,48	407693,2	1761,06	3,12				0,044	0,136	1071		563,5	0,801		0,32	11,39474	3114,3
Virgen del Valle II	6,16	697864,1	2363,86	3,33	0,353	0,457	0,106	0,048	0,161	432			0,663		0,35272	10,78723	3370,6