

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

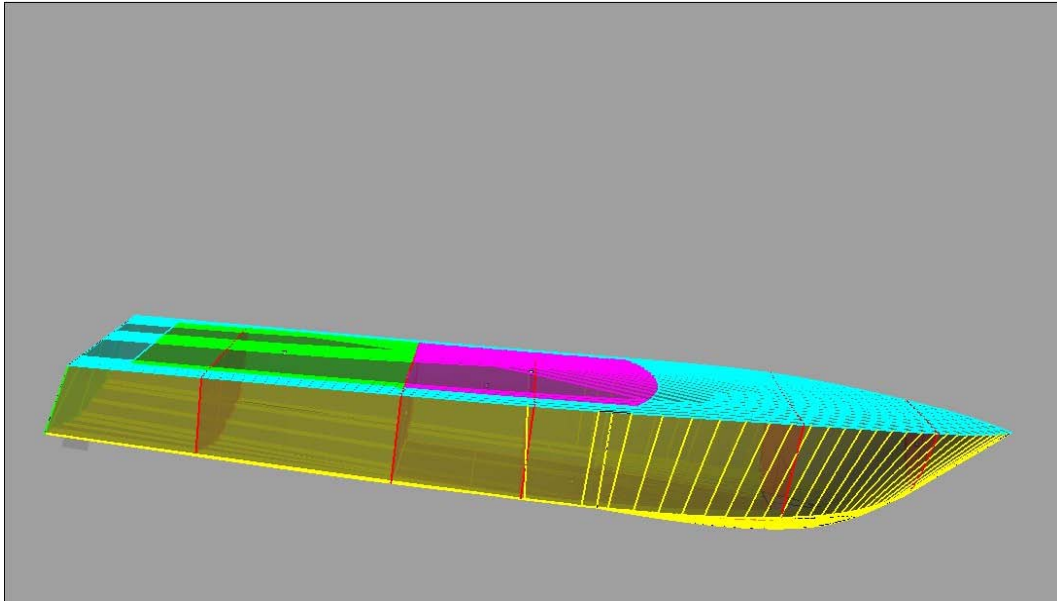
**Embarcación deportiva a motor de 15m.
de eslora y desplazamiento de 14 Tn.
apta para invidentes**

Elena CAMACHO ZABALA



Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Octubre 2007





ÍNDICE

<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	Pág.1
<u>2. ESTUDIO ESTADÍSTICO</u>	Pág.3
2.1. INTRODUCCIÓN -----	Pág.3
2.2. RELACIONES GEOMÉTRICAS -----	Pág.6
2.2.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- ESLORA -----	Pág.6
2.2.2. RELACIÓN ESLORA TOTAL- MANGA -----	Pág.7
2.2.3. RELACIÓN ESLORA TOTAL- CALADO -----	Pág.8
2.2.4. RELACIÓN MANGA- CALADO -----	Pág.9
2.2.5. RELACIÓN ESLORA TOTAL-ESLORA FLOTACIÓN -----	Pág.10
2.3. RELACIONES FUNCIONALES -----	Pág.11
2.3.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- POTENCIA -----	Pág.11
2.3.2. RELACIÓN POTENCIA- COMBUSTIBLE -----	Pág.12
2.3.3. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- AGUA DULCE -----	Pág.13
2.3.4. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- VELOCIDAD MÁXIMA -----	Pág.14
2.3.5. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- VELOCIDAD CRUCERO -----	Pág.15
2.3.6. RELACIÓN DESPL./ POTENCIA- VELOCIDAD MÁXIMA -----	Pág.16
2.3.7. RELACIÓN DESPL./ POTENCIA- VELOCIDAD CRUCERO -----	Pág.17

<u>3. DIMENSIONAMIENTO</u>	Pág.18
3.1. INTRODUCCIÓN -----	Pág.18
3.2. RELACIONES GEOMÉTRICAS -----	Pág.19
3.2.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- ESLORA TOTAL -----	Pág.19
3.2.2. RELACIÓN ESLORA TOTAL- MANGA -----	Pág.20
3.2.3. RELACIÓN ESLORA TOTAL- CALADO -----	Pág.22
3.2.4. RELACIÓN MANGA- CALADO -----	Pág.23
3.2.5. RELACIÓN ESLORA T.- ESLORA EN FLOTACIÓN -----	Pág.24
3.3. RELACIONES FUNCIONALES -----	Pág.26
3.3.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- POTENCIA -----	Pág.26
3.4. CUADRO RESUMEN -----	Pág.27
<u>4. DISEÑO Y PLANO DE FORMAS</u>	Pág.28
4.1. INTRODUCCIÓN -----	Pág.28
4.2. FORMAS DE PLANEADO -----	Pág.28
4.3. RESISTENCIAS -----	Pág.29
4.4. FORMAS DE LAS CUADERNAS -----	Pág.31
4.5. ASTILLA MUERTA -----	Pág.32
4.6. FORMAS DEL CASCO -----	Pág.33
4.7. SPRAY RAILS -----	Pág.35
4.8. RESUMEN -----	Pág.36
4.9. DISEÑO CASCO MEDIANTE PROGRAMA MAXSURF PRO -----	Pág.36
4.10. ESTRUCTURA RESISTENTE DEL CASCO -----	Pág.37
<u>5. ESPECIFICACIONES Y NORMAS A APLICAR</u>	Pág.38
5.1. INTRODUCCIÓN -----	Pág.38
5.2. CATEGORIAS Y ZONAS DE NAVEGACIÓN -----	Pág.40
5.3. EQUIPOS Y ELEMENTOS -----	Pág.44
5.3.1. EQUIPOS DE SALVAMENTO -----	Pág.44
5.3.2. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN -----	Pág.44
5.3.3. ARMAMENTO DIVERSO -----	Pág.44
5.3.4. EXTINCIÓN .ACHIQUE Y CONTRA INCENDIO -----	Pág.44
5.3.5. RADIOCOMUNICACIONES -----	Pág.45
5.4. PREVENCIÓN DE VERTIDOS AL MAR -----	Pág.47

<u>6. DISPOSICIÓN GENERAL</u>	Pág.48
6.1. INTRODUCCIÓN -----	Pág.48
6.2. DISEÑO DE LA CUBIERTA -----	Pág.48
6.2.1. BAÑERA -----	Pág.49
6.2.2. PUESTO DE GOBIERNO-----	Pág.49
6.2.3. PASILLOS LATERALES-----	Pág.50
6.2.4. CUBIERTA DE PROA -----	Pág.50
6.3. DISEÑO DE INTERIORES -----	Pág.50
6.3.1. SALÓN- COMEDOR-----	Pág.51
6.3.2. COCINA -----	Pág.51
6.3.3. CUARTO DE ASEO PARA PERRO LAZARILLO-----	Pág.51
6.3.4. CUARTO DE ASEO -----	Pág.52
6.3.5. CAMAROTE DE PROA -----	Pág.52
6.3.6. CAMAROTE DE POPA -----	Pág.52
6.4. CROQUIS -----	Pág.52
6.5. DISPOSICIÓN DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES -----	Pág.54
<u>7. ESCANTILLONADO</u>	Pág.56
7.1. INTRODUCCIÓN -----	Pág.56
7.2. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN -----	Pág.56
7.3. PROCESO CONSTRUCTIVO-----	Pág.59
7.4. SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN.	
LLOYD´S REGISTER OF SHIPPING -----	Pag.61
7.4.1. CARACTERÍSTICAS MACÁNICAS DEL MATERIAL -----	Pág.61
7.4.2. IMPOSIBILIDAD DE APLICAR EL REGLAMENTO	
DE LA LLOYD´S REGISTER OF SHIPPING-----	Pág.62
7.5. APLICACIÓN DE LAS REGLAS DE	
LLOYD´S REGISTER OF SHIPPING -----	Pag.62
7.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA EMBARCACIÓN-----	Pág.62
7.5.2. RESTRICCIONES NORMATIVAS -----	Pág.62
7.5.3. ESPESOR DEL LAMINADO -----	Pág.63
7.5.4. LAMINADO DEL CASCO-----	Pág.64
7.6. CÁLCULO DE LOS REFUERZOS DEL CASCO -----	Pág.68
7.6.1. LAMINADO DE LOS REFUERZOS TRANSVERSALES	
(Varengas y Cuadernas) -----	Pág.68
7.6.2. LAMINADO DE LOS REFUERZOS LONGITUDINALES-----	Pág.73
7.6.3. LAMINADO DE CUBIERTA -----	Pág.79

**8. CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO
Y CENTRO DE GRAVEDAD** Pág.86

8.1. PESO DEL CASCO ----- Pág.86

8.2. PESO DE LA CUBIERTA ----- Pág.87

8.3. PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES ----- Pág.88

8.4. PESO DE LOS REFUERZOS----- Pág.89

8.5. TABLA DE PESOS Y CENTROS DE
GRAVEDAD DE LA EMBARCACIÓN----- Pág.93

9. PREDICCIÓN DE POTENCIA Pág.98

9.1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA EN PLANE0
MEDIANTE EL MÉTODO DE SAVITSKY ----- Pág.98

9.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE SAVITSKY
POR HADLER AL DISEÑO DE LA EMBARCACIÓN ----- Pág.101

9.3. AUTONOMÍA ----- Pág.101

10. ESTABILIDAD Pág.111

10.1. INTRODUCCIÓN----- Pág.111

10.2. FRANCOBORDO ----- Pág.111

10.3. CRITERIOS DE ESTABILIDAD A CUMPLIR
SEGÚN CIRCULAR 12/90 DE LA DIRECCIÓN GENERAL
DE LA MARINA MERCANTE ----- Pág.112

10.3.1. CONDICIONES DE CARGA ----- Pág.112

10.3.2 CRITERIOS DE ESTABILIDAD----- Pág.112

10.3.3. COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO
DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD ----- Pág.113

10.4. CONCLUSIÓN ----- Pág.118

11. PRESUPUESTO Pág.129

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO-PLANOS

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto que comenzamos es una embarcación de recreo adaptada a un cliente invidente.

Se trata de una embarcación de mediano porte, preparada para unas vacaciones en el mar, equipado con todas las comodidades de una vivienda flotante y todas las facilidades para su manejo.

Después de informarnos de las necesidades que podría tener una persona no vidente en una embarcación de estas características, no encontramos ninguna que nos haga modificar mucho el diseño normal de un tipo de barco con las características del nuestro, tan solo en algunos detalles sin mucha importancia.

Navegación

La zona de Navegación prevista se desarrolla entre la costa Mediterránea, costa Atlántica de la Península Ibérica y el norte de África, esta amplitud geográfica podrá concretarse en función de la distancia entre los posibles puertos de destino.

La categoría de navegación asignada según la Circular N° 7/ 1995 de la Dirección General de la Marina Mercante es la Categoría B, que implica que la zona de navegación está comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas. Para gobernar la embarcación es necesario obtener el título de patrón de yate, que posibilita gobernar embarcaciones con una eslora menor de veinte metros y una zona de navegación de 60 millas.

Para que durante las vacaciones se puedan hacer rutas entre los distintos puertos previstos, será necesario contar con la suficiente autonomía, por lo tanto conceder un amplio margen de seguridad, en previsión de cualquier problema durante la navegación. Consideraremos un valor de cuatro veces la distancia máxima entre puertos, el margen mas seguro.

Se proporcionarán con especial cuidado, tanques de combustible suficientes para las rutas establecidas, tanques de agua dulce con capacidad suficiente para consumo humano, servicios de aseo personal y otros propios del barco y espacio para almacenaje.

Seguridad

Entendemos por estabilidad la propiedad mediante la cual, un buque recupera la condición de equilibrio después de ser perturbado por la acción de fuerzas externas al mismo.

Después de esta definición esta claro que nuestra embarcación tendrá que cumplir esta propiedad en cualquier condición de navegación, al igual que los movimientos longitudinales y transversales del barco durante ésta serán suaves y con un recorrido lo mas corto posible.

Se instalaran equipos de ayuda a la navegación, sistemas de posicionamiento terrestre vía satélite, una brújula táctil, así como otros sistemas que garanticen la seguridad de la tripulación en caso de accidente. Será importante que los equipamientos sean de fácil manejo, utilización y que el aprendizaje de su manejo sea rápido y sencillo.

Todos los accesos a maquinas y demás servicios deben ser lo mas fácil posible y cómodo, para disminuir el tiempo de mantenimiento y reparación.

Habilitación

Contará con dos camaratos, de los cuales uno con cama de matrimonio y el otro con dos camas individuales, por lo tanto se ha diseñado para albergar a 4 personas.

Como ya hemos mencionado anteriormente la embarcación será adaptada a personas o persona invidente, que como suele ser habitual siempre va acompañada de su perro lazarillo, por eso y pensando en ello hemos instalado un aseo para el invitado canino.

Se dispondrá de servicios de fonda y hotel como: cocina, un baño con cabina de hidromasaje, y salón-comedor y por otro lado espacio suficiente para almacenaje de equipaje, alimentación, útiles, etc.

El diseño de la cubierta Open ofrecerá la posibilidad de disfrutar con mas amplitud del sol y del mar en la cubierta principal.

Será una vivienda flotante que ofrezca las comodidades de estar en casa, disfrutando de la navegación sin el tráfico del asfalto.

Dimensiones Principales

Consideramos estas dimensiones como una idea general para comenzar con el diseño, podrán cambiar a lo largo de éste.

La elección ha sido en función de las exigencias del cliente y para poder cumplir todos los requerimientos visto en los apartados anteriores.

- **ESLORA TOTAL: 15.16 m.**
- **MANGA MÁXIMA: 4.60m.**
- **VELOCIDAD MÁXIMA: 27 nudos**
- **VELOCIDAD DE CRUCERO: 25 nudos**
- **Nº MÁXIMO DE PERSONAS: 4**
- **CATEGORÍA DE NAVEGACIÓN: B**
- **AUTONOMÍA: mínimo será de 100 millas.**

2. ESTUDIO ESTADISTICO

2.1. INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo el diseño de nuestra embarcación, será muy útil realizar tal estudio estadístico, que consistirá en buscar un número de embarcaciones que ya han sido diseñadas con anterioridad y que se encuentran dentro de un margen de esloras alrededor de la de nuestra embarcación, e ir analizando las relaciones existentes entre sus dimensiones.

Con la realización de este estudio podemos lograr una ligera idea, tanto de las dimensiones como de la geometría del casco, que serán de gran ayuda para el progreso y desarrollo del proyecto.

Se han utilizado 18 embarcaciones, cuyas esloras varían entre 12 metros y 18 metros, de cada una se han recogido las características hidrodinámicas del flotador y los datos relativos a la navegación, como son los que listamos a continuación:

- Dimensiones principales: eslora total, eslora en la flotación, manga máxima, calado.
- El desplazamiento total de la embarcación, así como las capacidades de los tanques de combustible y de agua.
- La potencia requerida para alcanzar al velocidad requerida.
- La velocidad máxima y la de crucero.

A partir de estos datos, se conseguirán tablas y gráficas que relacionen unos parámetros con otros; dividiremos el estudio estadístico en:

- Relaciones Geométricas
- Relaciones Funcionales

El objetivo del estudio será en esencia, averiguar para que valores de estas relaciones, la embarcación es capaz de producir un óptimo rendimiento, siempre teniendo en cuenta que solo son valores estadísticos lo que obtendremos y que no serán aptos para cualquier embarcación, sino solo para la de nuestro proyecto o similares.

La siguiente tabla (tabla 2.1), recoge todos los datos mencionados anteriormente, con los que se llevará a cabo tal estudio estadístico.

Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta para invidentes.

L.o.a. (metros)	L.casco (metros)	L.w.l (metros)	B.max. (metros)	Calado (metros)	Desplazamiento (toneladas)	Material de Construcción	Capacidad Combustible (litros)	Capacidad Agua Dulce (litros)	Motorización	Potencia (hp)	Velocidad max.	Velocidad Crucero
12,130		11,610	3,650	1,500	7,687	PRFV	520	296	2x310 hp	620	32	
12,350			4,220	0,820	13,200	VTH & Fibra de Carbono	1000	500	2x380 hp	760	31	27
12,800		12,040	2,890	1,010	4,581	PRFV	870		2x375 hp	750	30	25
13,300		13,110	4,340	1,200	17,600	PRFV	1440	680	2x480 hp	960	30	27
13,400		13,060	4,150	1,060	11,000	PRFV	1900	1350	2x435 hp	870	39	33
13,780			4,050	0,950	12,500	PRFV	1200	400	2x540 hp	1080	32	28
14,180			3,650	0,940	8,200	PRFV	1350	220	2x440 hp	880	55	40
14,350		14,150	4,340	1,300	19,200	PRFV	1440	680	2x575 hp	1150	33	30,5
14,480			4,450	1,270	14,200	PRFV	514	454	2x480 hp	960	30	26
15,160			4,600	1,210	18,000	PRFV	1950	670	2x715 hp	1430	32	27
15,540			4,720	1,210	21,900	PRFV	2220	500	2x670 hp	1340	32	29
15,650		15,350	4,600	1,470	22,400	PRFV	1820	680	2x730 hp	1460	33	30,5
16,100		14,150	7,100	1,200	22,000	PRFV	4000	800	2x285 hp	570	20	14
16,200			5,620	1,450	27,000	PRFV	3000	1000	2x1000 hp	2000	30	25
16,800		16,300	4,700	1,450	24,800	PRFV	2400	760	2x710 hp	1420	31,5	28
17,100		16,400	5,160	1,570	34,200	PRFV	5500	948	2x1420 hp	2840	32	28
17,370		16,920	4,930	1,500	28,800	PRFV	3100	620	2x900 hp	1800	34	30
17,700			4,550	0,900	18,000	PRFV	3200	900	2x1300 hp	2600	54	48

Tabla 2.1.

2.2. RELACIONES GEOMÉTRICAS

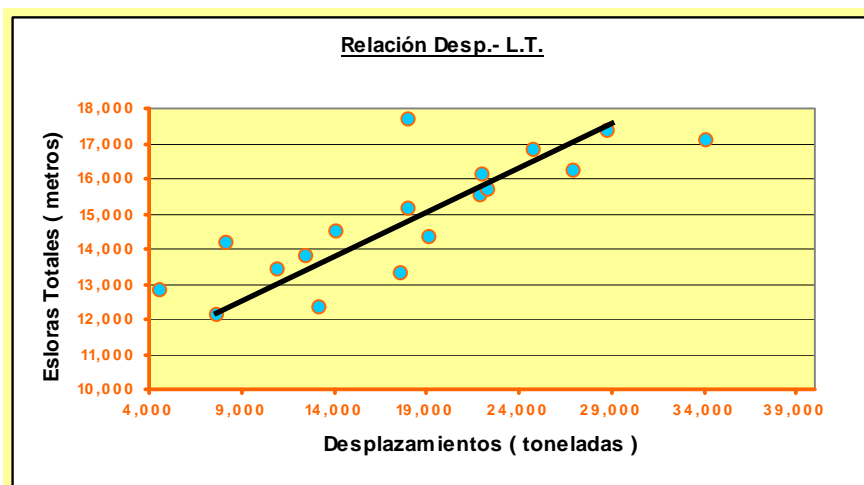
Las tablas y gráficas de este apartado, servirán para conocer las formas del casco a través de las relaciones entre las magnitudes de las embarcaciones listadas, la finalidad será establecer cuales son los valores que proporcionan un comportamiento mas óptimo del casco. Las relaciones son:

- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO - ESLORA
- RELACIÓN ESLORA TOTAL - MANGA
- RELACIÓN ESLORA TOTAL - CALADO
- RELACIÓN MANGA - CALADO
- RELACIÓN ESLORA TOTAL - ESLORA FLOTACIÓN

2.2.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- ESLORA.

DESPLAZAMIENTO	ESLORAL TOTAL	DESP./ L.T.
7,687	12,130	0,63372
13,200	12,350	1,06883
4,581	12,800	0,35789
17,600	13,300	1,32331
11,000	13,400	0,8209
12,500	13,780	0,90711
8,200	14,180	0,57828
19,200	14,350	1,33798
14,200	14,480	0,98066
18,000	15,160	1,18734
21,900	15,540	1,40927
22,400	15,650	1,43131
22,000	16,100	1,36646
27,000	16,200	1,66667
24,800	16,800	1,47619
34,200	17,100	2
28,800	17,370	1,65803
18,000	17,700	1,01695
	MEDIA	0,98757

(Tabla 2.2.1.)

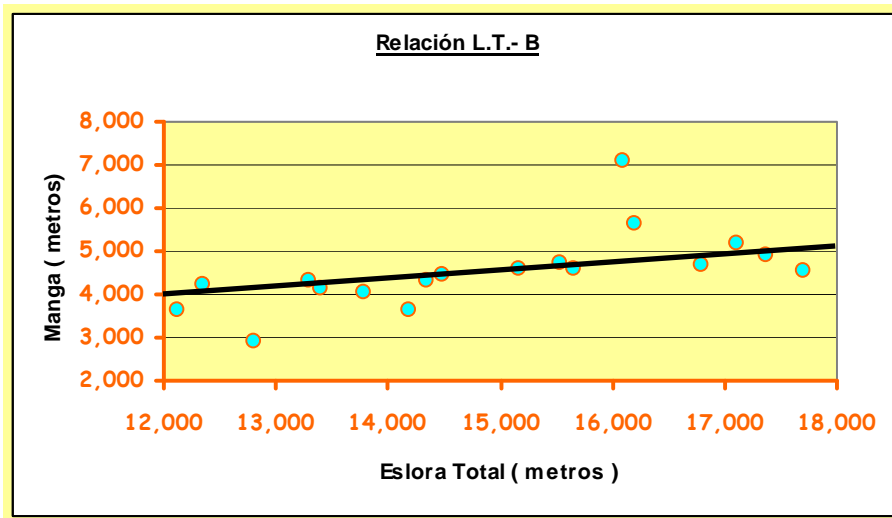


(Gráfica 2.2.1.)

2.2.2. RELACIÓN ESLORA TOTAL – MANGA.

ESLORA TOTAL	MANGA	L.T./B
12,130	3,650	3,32328767
12,350	4,220	2,92654028
12,800	2,890	4,42906574
13,300	4,340	3,06451613
13,400	4,150	3,22891566
13,780	4,050	3,40246914
14,180	3,650	3,88493151
14,350	4,340	3,30645161
14,480	4,450	3,25393258
15,160	4,600	3,29565217
15,540	4,720	3,29237288
15,650	4,600	3,40217391
16,100	7,100	2,26760563
16,200	5,620	2,88256228
16,800	4,700	3,57446809
17,100	5,160	3,31395349
17,370	4,930	3,52332657
17,700	4,550	3,89010989
	MEDIA	3,2865458

(Tabla 2.2.2.)

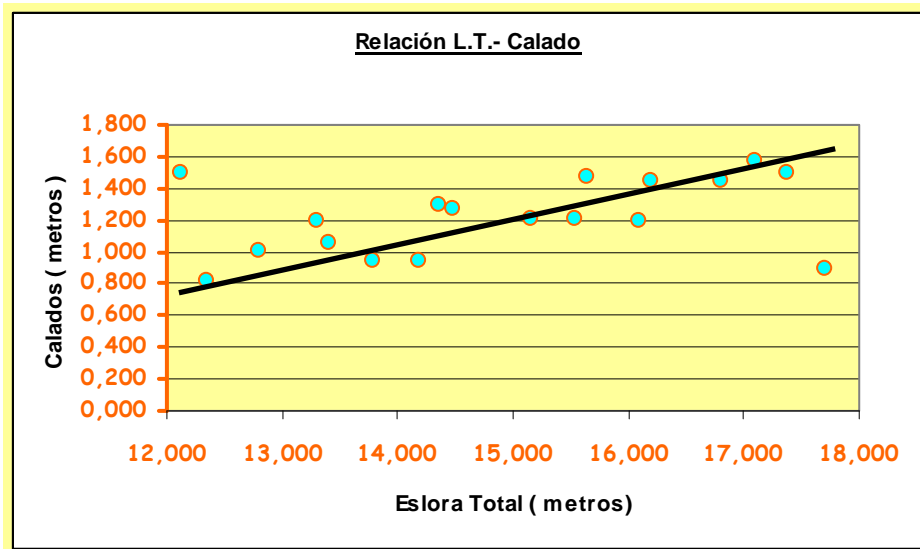


(Gráfica 2.2.2.)

2.2.3. RELACIÓN ESLORA TOTAL – CALADO.

ESLORA TOTAL	CALADO	L.T./T.
12,130	1,500	8,0867
12,350	0,820	15,061
12,800	1,010	12,673
13,300	1,200	11,083
13,400	1,060	12,642
13,780	0,950	14,505
14,180	0,940	15,085
14,350	1,300	11,038
14,480	1,270	11,402
15,160	1,210	12,529
15,540	1,210	12,843
15,650	1,470	10,646
16,100	1,200	13,417
16,200	1,450	11,172
16,800	1,450	11,586
17,100	1,570	10,892
17,370	1,500	11,58
17,700	0,900	19,667
	MEDIA	12,005

(Tabla 2.2.3.)

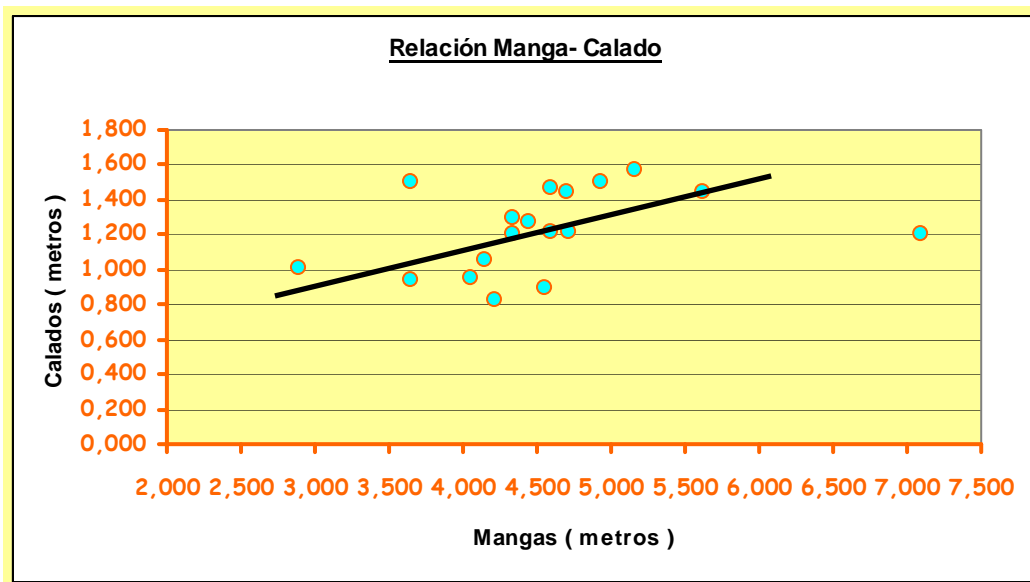


(Gráfica 2.2.3.)

2.2.4. RELACIÓN MANGA – CALADO.

MANGA	CALADO	B./T.
3,650	1,500	2,4333333
4,220	0,820	5,1463415
2,890	1,010	2,8613861
4,340	1,200	3,6166667
4,150	1,060	3,9150943
4,050	0,950	4,2631579
3,650	0,940	3,8829787
4,340	1,300	3,3384615
4,450	1,270	3,503937
4,600	1,210	3,8016529
4,720	1,210	3,9008264
4,600	1,470	3,1292517
7,100	1,200	5,9166667
5,620	1,450	3,8758621
4,700	1,450	3,2413793
5,160	1,570	3,2866242
4,930	1,500	3,2866667
4,550	0,900	5,0555556
MEDIA		3,652274

(Tabla 2.2.4.)

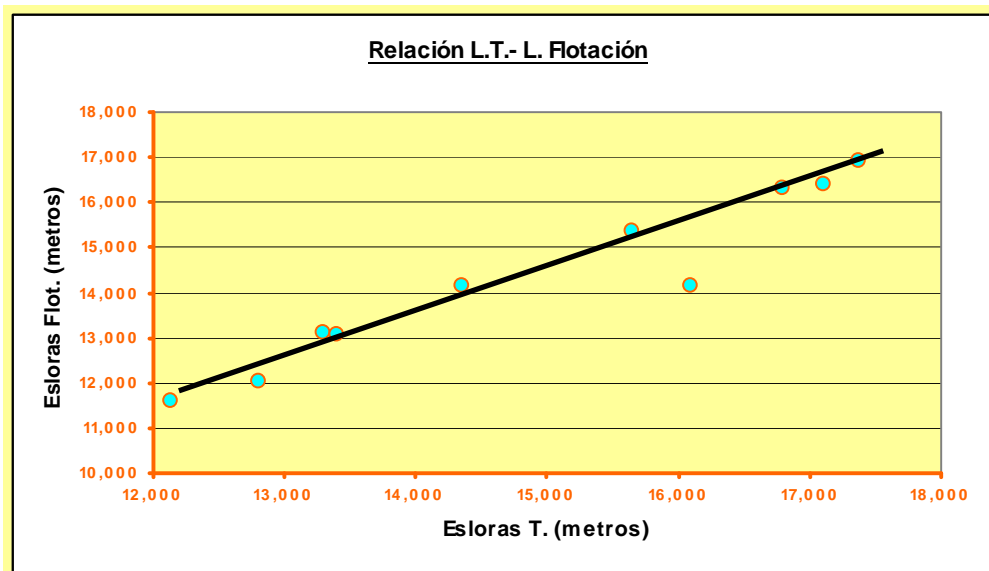


(Gráfica 2.2.4.)

2.2.5. RELACIÓN ESLORA TOTAL – ESLORA FLOTACIÓN.

ESLORA TOTAL	ESLORA FLOT.	L.T./L.W.L
12,130	11,610	1,04478898
12,350		
12,800	12,040	1,06312292
13,300	13,110	1,01449275
13,400	13,060	1,02603369
13,780		
14,180		
14,350	14,150	1,01413428
14,480		
15,160		
15,540		
15,650	15,350	1,01954397
16,100	14,150	1,13780919
16,200		
16,800	16,300	1,03067485
17,100	16,400	1,04268293
17,370	16,920	1,02659574
17,700		
	MEDIA	1,04308237

(Tabla 2.2.5.)



(Gráfica 2.2.5.)

2.3. RELACIONES FUNCIONALES

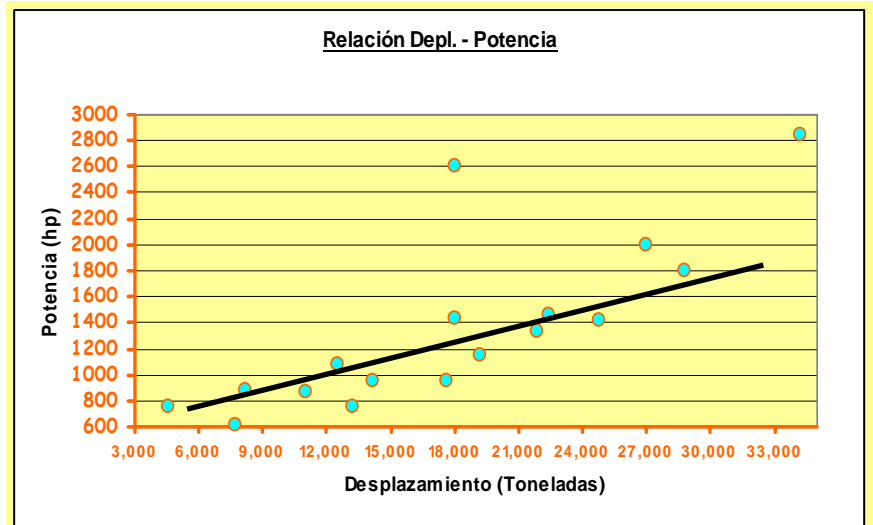
Las relaciones que tendremos en cuenta serán:

- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – POTENCIA
- RELACIÓN POTENCIA – COMBUSTIBLE
- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – AGUA DULCE
- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – VELOCIDAD MÁXIMA
- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – VELOCIDAD CRUCERO
- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/ POTENCIA – VEL. MAX.
- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/ POTENCIA – VEL. CRUCERO

2.3.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – POTENCIA.

DESPLAZAMIENTO	POTENCIA	DESP./ POT.
7,687	620	0,012398387
13,200	760	0,017368421
4,581	750	0,006108
17,600	960	0,018333333
11,000	870	0,012643678
12,500	1080	0,011574074
8,200	880	0,009318182
19,200	1150	0,016695652
14,200	960	0,014791667
18,000	1430	0,012587413
21,900	1340	0,016343284
22,400	1460	0,015342466
22,000	570	0,038596491
27,000	2000	0,0135
24,800	1420	0,017464789
34,200	2840	0,012042254
28,800	1800	0,016
18,000	2600	0,006923077
	MEDIA	0,013756

(Tabla 2.3.1.)

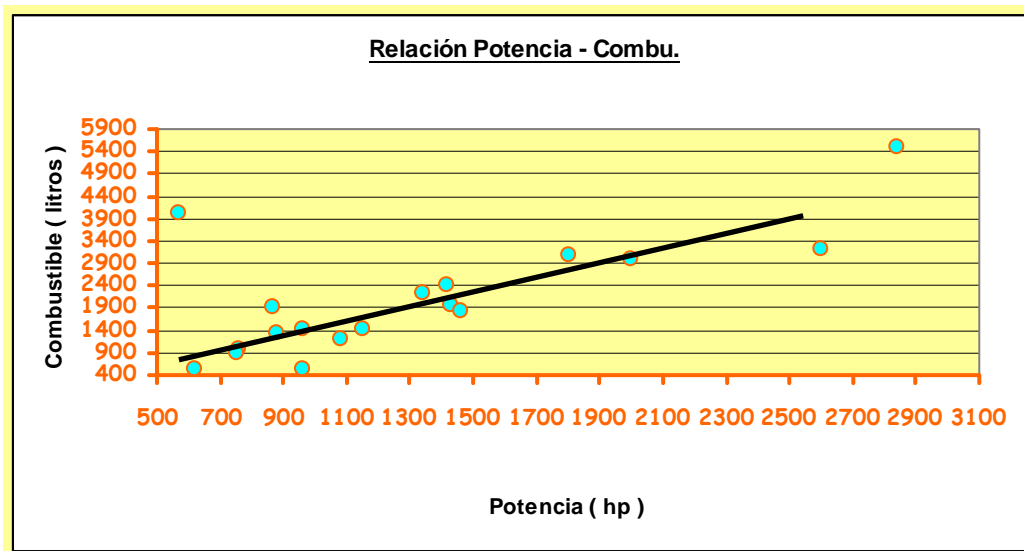


(Gráfica 2.3.1.)

2.3.2. RELACIÓN POTENCIA- COMBUSTIBLE.

POTENCIA	COMBUSTIBLE	POT./ COMBUST.
620	520	1,192307692
760	1000	0,76
750	870	0,862068966
960	1440	0,666666667
870	1900	0,457894737
1080	1200	0,9
880	1350	0,651851852
1150	1440	0,798611111
960	514	1,86770428
1430	1950	0,733333333
1340	2220	0,603603604
1460	1820	0,802197802
570	4000	0,1425
2000	3000	0,666666667
1420	2400	0,591666667
2840	5500	0,516363636
1800	3100	0,580645161
2600	3200	0,8125
	MEDIA	0,674843768

(Tabla 2.3.2.)

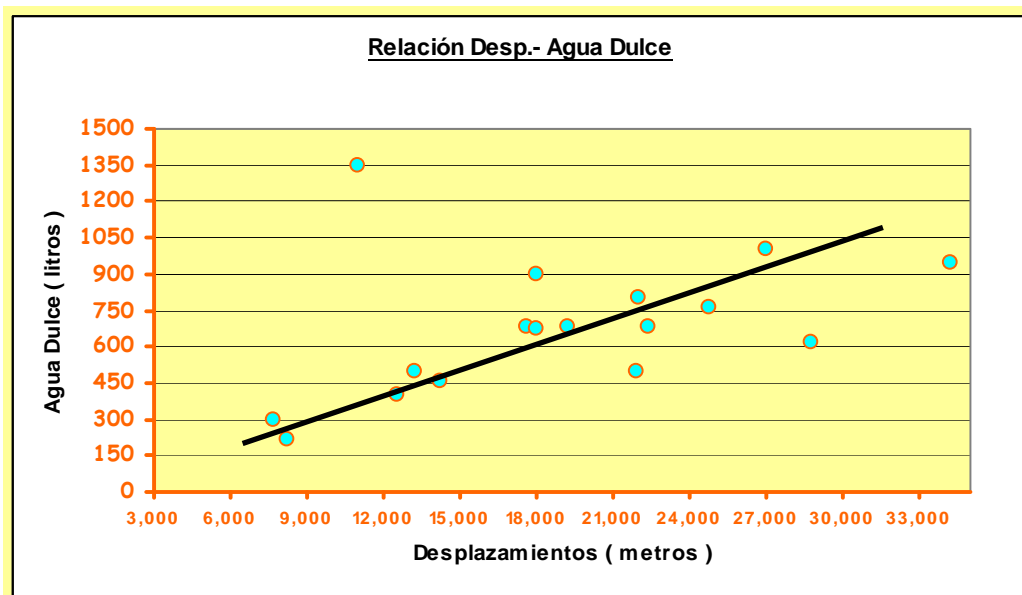


(Gráfica 2.3.2.)

2.3.3. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- AGUA DULCE.

DESPLAZAMIENTO	AGUA DULCE	DESP/ A.DULCE
7,687	296	0,025969595
13,200	500	0,0264
4,581		
17,600	680	0,025882353
11,000	1350	0,008148148
12,500	400	0,03125
8,200	220	0,037272727
19,200	680	0,028235294
14,200	454	0,031277533
18,000	670	0,026865672
21,900	500	0,0438
22,400	680	0,032941176
22,000	800	0,0275
27,000	1000	0,027
24,800	760	0,032631579
34,200	948	0,036075949
28,800	620	0,046451613
18,000	900	0,02
	MEDIA	0,0282618

(Tabla 2.3.3.)

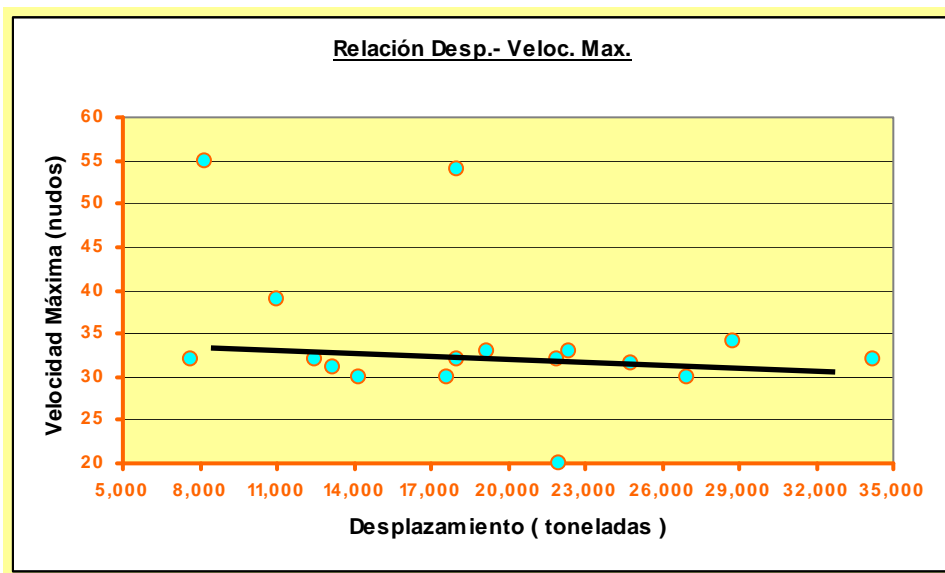


(Gráfica 2.3.3.)

2.3.4. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- VELOCIDAD MÁXIMA.

DESPLAZAMIENTO	VELOC. MAX.	DESP./ VEL. MAX.
7,687	32	0,24021875
13,200	31	0,425806452
4,581	30	0,1527
17,600	30	0,586666667
11,000	39	0,282051282
12,500	32	0,390625
8,200	55	0,149090909
19,200	33	0,581818182
14,200	30	0,473333333
18,000	32	0,5625
21,900	32	0,684375
22,400	33	0,678787879
22,000	20	1,1
27,000	30	0,9
24,800	31,5	0,787301587
34,200	32	1,06875
28,800	34	0,847058824
18,000	54	0,333333333
	MEDIA	0,488911137

(Tabla 2.3.4.)

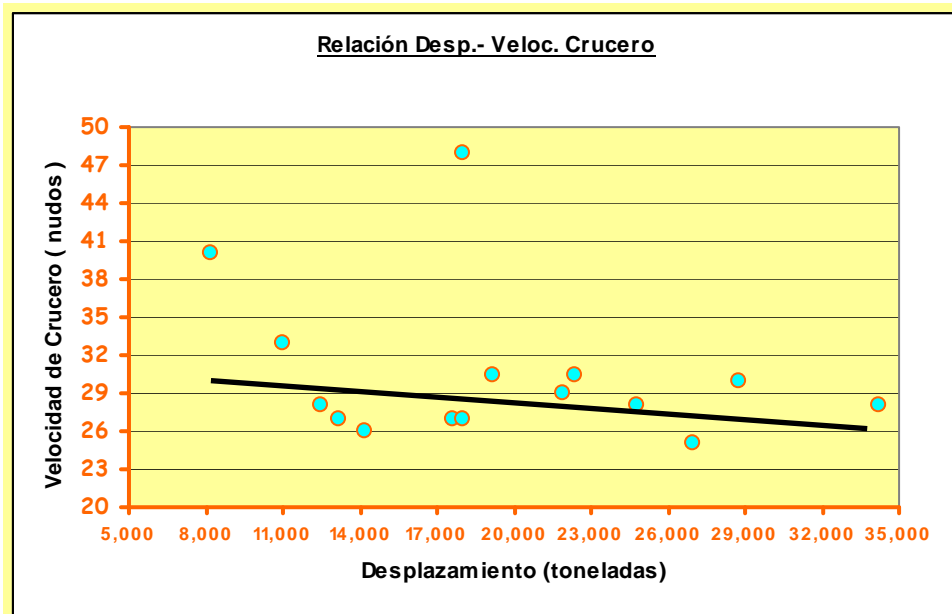


(Gráfica 2.3.4.)

2.3.5. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- VELOCIDAD DE CRUCERO.

DESPLAZAMIENTO	VELOC. CRUCERO	DESP./ VEL. CRC.
7,687		
13,200	27	0,488888889
4,581	25	0,18324
17,600	27	0,651851852
11,000	33	0,333333333
12,500	28	0,446428571
8,200	40	0,205
19,200	30,5	0,629508197
14,200	26	0,546153846
18,000	27	0,666666667
21,900	29	0,755172414
22,400	30,5	0,73442623
22,000	14	1,571428571
27,000	25	1,08
24,800	28	0,885714286
34,200	28	1,221428571
28,800	30	0,96
18,000	48	0,375
	MEDIA	0,5956755

(Tabla 2.3.5.)

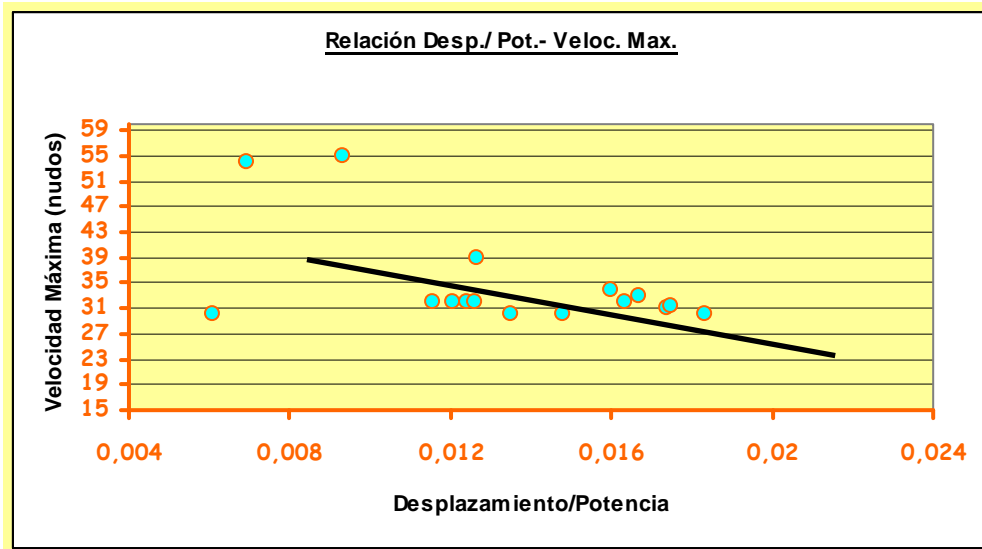


(Gráfica 2.3.5.)

2.3.6. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/ POTENCIA- VELOCIDAD MÁXIMA.

DESP./ POT.	VELOCIDAD MAX.	(DESP./ POT.) / VEL. MAX.
0,012398387	32	0,00038745
0,017368421	31	0,000560272
0,006108	30	0,0002036
0,018333333	30	0,000611111
0,012643678	39	0,000324197
0,011574074	32	0,00036169
0,009318182	55	0,000169421
0,016695652	33	0,000505929
0,014791667	30	0,000493056
0,012587413	32	0,000393357
0,016343284	32	0,000510728
0,015342466		
0,038596491	20	0,001929825
0,0135	30	0,00045
0,017464789	31,5	0,000554438
0,012042254	32	0,00037632
0,016	34	0,000470588
0,006923077	54	0,000128205
	MEDIA	0,000444143

(Tabla 2.3.6.)

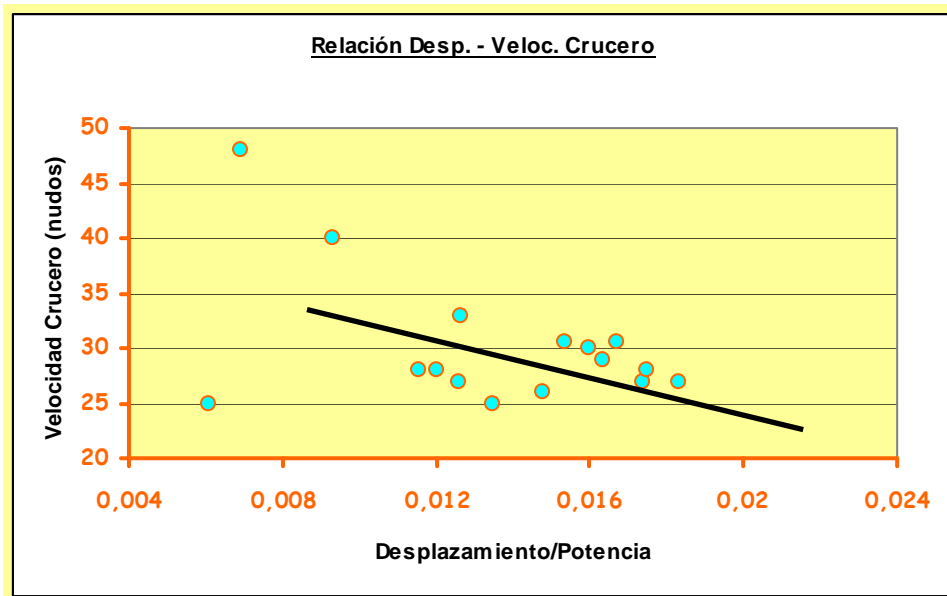


(Gráfica 2.3.6.)

2.3.7. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/ POTENCIA- VELOCIDAD DE CRUCERO.

DESP./ POT.	VELOC. CRUCERO	(DESP./ POT.) / VEL. CRUC.
0,012398387		
0,017368421	27	0,000643275
0,006108	25	0,00024432
0,018333333	27	0,000679012
0,012643678	33	0,000383142
0,011574074	28	0,00041336
0,009318182	40	0,000232955
0,016695652	30,5	0,000547398
0,014791667	26	0,00056891
0,012587413	27	0,0004662
0,016343284	29	0,000563562
0,015342466	30,5	0,000503032
0,038596491	14	0,002756892
0,0135	25	0,00054
0,017464789	28	0,000623742
0,012042254	28	0,00043008
0,016	30	0,000533333
0,006923077	48	0,000144231
	MEDIA	0,000487599

(Tabla 2.3.7.)



(Gráfica 2.3.7.)

3. DIMENSIONAMIENTO

3.1. INTRODUCCIÓN

La finalidad del dimensionamiento, es tener una primera idea, que podría variar a medida que avance el proyecto de la embarcación, sobre las dimensiones principales como son: eslora de flotación, manga, calado del casco y también parámetros como: desplazamiento, litros de combustible, litros de agua, potencia, etc, en general todos los parámetros que hemos utilizado para el apartado anterior, Estudio Estadístico.

A partir de este Estudio Estadístico, con ayuda de las tablas, gráficas, relaciones funcionales y relaciones geométricas, serán la base para el dimensionamiento.

Siempre que se produce una variación en una de las dimensiones principales de una embarcación, las otras sufren una cierta variación, que puede dar lugar a una situación positiva o negativa para el óptimo diseño.

Veremos a continuación un pequeño resumen de los efectos que produce la modificación de una dimensión en las demás.

En el caso de la Eslora, cuando se produce un incremento de la misma, aumenta la superficie mojada y por lo tanto a su vez la Resistencia Viscosa, pero por otro lado, disminuye la formación de olas, que se traduce en una disminución de la Resistencia Total.

Una relación entre Eslora y Desplazamiento alta, proporciona un mayor peso y una alta rigidez.

Y una relación entre Eslora y Manga baja, empeora el gobierno a velocidades bajas o moderadas.

Cuando la Manga sufre un aumento, puede pasar o bien que el peso estructural disminuya, o que la Resistencia Total al avance aumente.

Si la relación Eslora/ Manga es baja, da lugar a una peor maniobrabilidad.

Si la relación Manga/ desplazamiento es baja, origina una baja estabilidad inicial de la embarcación.

Si es el Calado el que sufre un aumento, disminuirá el peso estructural, aunque no es conveniente un aumento demasiado grande para evitar verse limitado en accesos a algunos puertos cuya profundidad de aguas sea menor que el calado de la embarcación.

Sí la relación Manga/ Calado es alta, tiende a aumentar la Resistencia Total de la embarcación y si la relación es baja, disminuye esta misma.

Por último un aumento del puntal, da lugar a una disminución del peso estructural.

Una relación entre Manga y desplazamiento baja, representa un empeoramiento de la estabilidad, y por otro lado una relación Eslora/ Desplazamiento alta, produce un aumento de peso en la embarcación.

Después de este pequeño resumen, pasaremos a determinar esas dimensiones principales que nos proporcionará una idea aproximada de nuestra embarcación.

3.2. RELACIONES GEOMÉTRICAS

3.2.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- ESLORA TOTAL.

En la relación Desplazamiento/ Eslora total es obvio que cuando la longitud de la embarcación es mayor, el peso también lo será.

Relación Desplazamiento/ Eslora aumenta:

- Barcos más pesados y lentos.
- Aumento del volumen de carena para contrarrestar el aumento de peso.
- Embarcaciones con grandes calados y formas llenas que puedan producir el empuje necesario.
- Gran estabilidad de pesos → Correcto comportamiento en navegación.
- Instalación de grandes potencias en la propulsión → alcanzar la velocidad óptima.

Relación Desplazamiento/ Eslora disminuye:

- Barcos más ligeros.
- Menor volumen de carena para flotar.
- Disminución de calados.
- Transformación de las formas “U” en formas “V”.
- Un incremento en la potencia da lugar a un incremento de la velocidad.

Para obtener ese valor inicial del Desplazamiento, utilizaremos tanto la tabla, como la gráfica del apartado 2.2.1. Relación Desplazamiento-Eslora (Estudio Estadístico).

El método a seguir consiste en lo siguiente, elegiremos 3 valores de la tabla del apartado mencionado anteriormente, el primer valor será de la zona baja de la tabla, pero sin llegar al extremo (valor 1), el segundo valor será de la zona alta de la tabla, pero igual que antes sin llegar al extremo superior (valor 2), y por último un valor medio del rango de la tabla (valor 3).

Datos:

- Valor 1: 1.99
- Valor 2: 1.06883
- Valor 3: 1.43131

A continuación determinamos la Eslora Total que vamos a considerar que tiene la embarcación del proyecto en si, va a ser 15.16 metros, con este valor obtendremos los siguientes valores del desplazamiento:

$$\text{Desp./ L.T.} = 1.99 \quad \text{Desplazamiento } (\Delta 1) = 15.16 * 1.99 = 30.1684$$

Este valor $\Delta 1$ indica que la embarcación será bastante pesada, se sale de los márgenes de los márgenes.

$$\text{Desp./ L.T.} = 1.06883 \quad \text{Desplazamiento } (\Delta 2) = 15.16 * 1.06883 = 16.2034$$

$$\text{Desp./ L.T.} = 1.43131 \quad \text{Desplazamiento } (\Delta 3) = 15.16 * 1.43131 = 21.6986$$

Para conseguir el parámetro mas adecuado, veremos el desplazamiento que conseguimos con el valor media de la tabla que es 0.9875, ya que los valores anteriores no se aproximan al fijado como requisito de la embarcación.

$$\text{Media Desp. / L.T.} = 0.98757$$

$$\text{Desplazamiento } (\Delta) = 15.16 * 0.9875 = 14.9705 \text{ Tn.}$$

Desplazamiento válido para nuestra embarcación (podría sufrir modificaciones a lo largo del diseño)

3.2.2. RELACIÓN ESLORA TOTAL – MANGA.

Lo primero que a tener en cuenta para definir el valor que tomará la Manga de la embarcación serán dos cosas:

- Un aumento de la manga, supone un aumento de la Resistencia al avance.
- Debe haber espacio suficiente para la habilitación.

Relación Eslora Total – Manga aumenta:

- Casco mas largo y estrecho.
- Cortará mejor el volumen de agua por donde navega.
- Menor resistencia al avance.

Relación Eslora Total – Manga disminuye:

- Casco mas ancho y corto.
- Mayor estabilidad transversal.
- Ofrece mayor resistencia al avance → será un barco mas lento.

Será muy importante llegar a un acuerdo entre estabilidad y velocidad.

En este caso el método a seguir, fijará su base en la tabla y gráfica del apartado

2.2.2. Relación Eslora total – Manga del Estudio Estadístico.

Se elegirá el valor mayor y el menor de la relación L.T. / B, que serán:

- Valor 1 : 2.2676
- Valor 2 : 4.4290

$$L.T. / B = 2.2676 \quad B1 = 15.16 / 2.2676 = 6.6855 \text{ metros}$$

Valor demasiado alto, pues ofrece una alta resistencia al avance.

$$L.T. / B = 4.4290 \quad B2 = 15.16 / 4.4290 = 3.4229 \text{ metros}$$

Este valor nos indica que la embarcación será estrecha en Función al volumen de habitación.

Ahora haremos lo mismo pero que con valor Media de la tabla.

$$L.T. / B = 3.2865 \quad B3 = 15.16 / 3.2865 = 4.6128 \text{ metros}$$

Por último si entramos en la gráfica del apartado 2.2.2. del Estudio Estadístico, se obtiene un valor de B= 4.600 m., que proporciona una relación L.T. / B = 3.2956, que es muy próximo al valor medio 3.2865.

El valor inicial de la B es de **B= 4.600 metros.**

3.2.3. RELACIÓN ESLORA TOTAL – CALADO

Seguiremos el mismo método que hemos usado en los dos cálculos anteriores, pero utilizando la tabla y la gráfica del apartado 2.2.3. del Estudio Estadístico, para determinar el calado aproximado, que como en los casos anteriores puede verse modificado a lo largo que avance el diseño.

Relación Eslora Total – Calado es alto (para un mismo valor de eslora y desplazamiento):

- Calado más pequeño.
- Formas mas llenas.
- Semimangas por debajo de la flotación son mas anchas → proporcionar empuje necesario.
- Embarcaciones en régimen de desplazamiento lentas.

Relación Eslora Total – Calado disminuye (para un mismo valor de eslora y desplazamiento):

- Mayor calado.
- Formas mas acentuadas en “ V”.
- Semimangas más estrechas.
- Embarcación más rápida.

Es muy importante tener en cuenta al dimensionar el calado, que un exceso de éste puede ser un inconveniente en determinados puertos debido a sus escasas profundidades, y por otro lado también puede dificultar la transición del régimen de desplazamiento al régimen de planeo.

Para determinar el calado aproximado, tomaremos tres valores de la tabla (apartado 2.2.3.; Estudio Estadístico), el valor 1 se tomará de la parte inferior de la tabla pero sin llegar al extremo, el valor 2 se tomará del extremo superior, pero también sin llegar al extremo, y en este caso el valor 3 será la media entre los ambos valores.

Los Valores serán:

- Valor 1 = 19
- Valor 2 = 9
- Valor 3 = 14

Como ya hemos fijado la eslora será 15.16 metros, los distintos calados serán:

$$L.T./ T. = 19 \qquad T = 15.16 / 19 = 0.7979 \text{ m.}$$

$$L.T./ T. = 9 \qquad T = 15.16 / 9 = 1.6845 \text{ m.}$$

$$L.T./ T. = 14 \qquad T = 15.16 / 14 = 1.0828 \text{ m.}$$

El valor que creemos que será mas apto para el diseño de la embarcación es $T = 1.0828$ metros, aunque será aconsejable ver que valor obtenemos entrando en la gráfica de la relación Eslora Total – Calado, este valor es aproximadamente 1.10 metros.

Lo más adecuado será escoger un calado que se encuentre entre estas dos cantidades, con lo cual consideraremos que el **Calado (T.) = 1.09 metros**.

3.2.4. RELACIÓN MANGA – CALADO.

Podemos considerarla como una de las mas importante, pues expresa el área sumergida de las distintas secciones transversales verticales.

Cuanto mayor es el valor de la relación, aumentará la estabilidad del casco.

La relación Manga- Calado y la relación Eslora Total- Calado, proporcionan una buena aproximación de las dimensiones de la embarcación, confiando en que el volumen de carena producirá el empuje necesario para la flotabilidad del casco.

La relación B/T variará a lo largo de la eslora. Como por ejemplo en embarcaciones de planeo, donde:

- Zona de popa → relación alta :

- Formas llenas y planas.
- Favorece el planeo.

- Zona de proa → relación mas baja :

- Formas en “V”, que facilitan la navegación.
- Favorece que alcance grandes velocidades.

Habrà que tener en cuenta que la relación no sea excesivamente baja, hasta tal punto que no quede suficiente espacio para la habitación.

Del mismo modo que en los apartados anteriores vamos a tomar tres valores, el primero será el valor mínimo, y segundo el máximo y el tercero el valor media, en este caso haremos uso de la tabla y gráfica del apartado 2.2.4. del Estudio Estadístico.

Los valores serán:

- Valor 1 = 2.4333
- Valor 2 = 5.9167
- Valor 3 = 3.6523

Aplicando estos valores en la relación, obtendremos:

$$B/T = 2.4333 \qquad T = 4.600 / 2.4333 = 1.89 \text{ m.}$$

$$B/T = 5.9167 \qquad T = 4.600 / 5.9167 = 0.7775 \text{ m.}$$

$$B/T = 3.6523 \qquad T = 4.600 / 3.6523 = 1.259 \text{ m.}$$

Si entramos en la gráfica Relación Manga – Calado, con el valor $B = 4.600$, obtenemos un valor $T = 1.20\text{m.}$ aproximadamente, puesto que anteriormente hemos determinado que $T = 1.09\text{m.}$, consideraremos más óptimo este último valor, que no obstante podrá variar a lo largo del diseño de la embarcación.

3.2.5. RELACIÓN ESLORA TOTAL – ESLORA EN FLOTACIÓN.

El valor del coeficiente eslora Total / eslora de Flotación nos proporciona dos conceptos muy importantes:

- La “estética” de la embarcación (sobre todo en la zona de proa).
- El comportamiento de la misma en la navegación.

Es muy importante conocer un valor de la eslora de flotación, aunque sea aproximado y pueda ser modificado a lo largo del diseño.

Relación Eslora total / Eslora flotación da un valor alto:

- La proa será lanzada y agresiva → Embarcaciones muy rápidas.
- Embarcaciones generalmente de planeo.

Relación Eslora total / Eslora flotación disminuye:

- Perfil de proa más vertical.
- Barcos relativamente más lentos.
- Navegación en régimen de desplazamiento.

A continuación para definir entre que valores se podía encontrar la eslora de flotación, tomaremos como referencia la tabla y gráfica del apartado 2.2.5. del Estudio Estadístico.

Consideramos como valor fijo la Eslora Total 15.16 m., y los valores serán elegidos de la misma forma que en los demás apartados, y serán:

- Valor 1 = 1.0448
- Valor 2 = 1.1378
- Valor 3 = 1.04308

El valor de la Eslora en la flotación oscilará:

$$L.T / L.F. = 1.0448 \qquad L.F. = 15.16 / 1.0448 = 14.5099 \text{ m.}$$

$$L.T./ L.F.= 1.1378 \qquad L.F.= 15.16 / 1.1378 = 13.3239 \text{ m.}$$

$$L.T./ L.F. = 1.04308 \qquad L.F.= 15.16 / 1.04308 = 14.5339 \text{ m.}$$

Para elegir el valor mas adecuado, habrá que tener en cuenta, que un valor demasiado alto nos podría producir cabeceo durante navegación en algunos momentos, y por el otro lado un valor demasiado bajo daría lugar a una proa muy lanzada con la consecuencia de una reducción del habitáculo interior.

Veremos el valor que obtenemos si tomamos la media de los dos últimos valores:

$$L.F. / L.F. =(1.1378 + 1.04308) / 2 = 1.09044$$

$$L.F. = 15.16 / 1.09044 = 13.9026 \text{ m.}$$

Consideraremos que este es el valor de la eslora de flotación, teniendo en cuenta que puede variar a lo largo del diseño.

3.3. RELACIONES FUNCIONALES

3.3.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – POTENCIA.

La potencia que necesitará la embarcación de nuestro proyecto para que alcance la velocidad requerida (fijada por el cliente o por el proyectista), dependerá totalmente del peso del barco, es decir, del desplazamiento que hemos fijado como 18.95106 Tn. en el apartado 3.2.1..

Está claro, que la potencia será mayor cuanto mayor sea la embarcación, y también si queremos que las velocidades que alcance sea mas elevadas.

Relación Desplazamiento- Potencia sea mayor:

- Barcos más pesados y lentos.
- Menor potencia en las embarcaciones.

Relación Desplazamiento – Potencia disminuye:

- Barcos mas ligeros y rápidos.

Para ver entre que valores se encontrará la potencia, utilizaremos la tabla del apartado 2.3.1. del Estudio Estadístico.

Tomaremos como valores para el cálculo, el valor mas pequeño de la tabla, el mayor y el valor medio, serán estos:

- Valor 1 = 0.00931
- Valor 2 = 0.0183
- Valor 3 = 0.013756

El valor de la potencia oscilará entre:

$$\Delta / \text{Potencia} = 0.00931 \qquad \text{Potencia} = 14.9705 / 0.00931 = 1608 \text{ H.p.}$$

$$\Delta / \text{Potencia} = 0.0183 \qquad \text{Potencia} = 14.9705 / 0.0183 = 818 \text{ H.p.}$$

$$\Delta / \text{Potencia} = 0.013756 \qquad \text{Potencia} = 14.9705 / 0.013756 = 1088.29 \text{ H.p.}$$

El primer valor obtenido de potencia 1608 H.p., lo descartaremos, ya que se sale de los objetivos del proyecto por ser demasiado elevado.

Veremos antes de predefinir un valor, el que nos proporciona la gráfica de la Relación Desp. / Pot. – Velc. Max.(apartado 2.3.6. del Estudio Estadístico).

Entraremos con el valor de $\Delta = 14.9705$ y una Vel. Max estimada como requisito inicial de 27 nudos.

Veremos como para estos datos, la relación $\Delta / \text{Pot.}$ es 0.019, así que la potencia para este valor será:

$$\Delta / \text{Potencia} = 0.019$$

$$\text{Potencia} = 14.9705 / 0.019 = 787.92 \text{ H.p.}$$

Consideraremos como primera aproximación, una potencia de 760H.p., serán dos motores con 380 H.p.

3.4. CUADRO RESUMEN

Las dimensiones principales que hemos predefinido, serán nuestra idea aproximada de la forma que irá tomando la embarcación, siempre teniendo en cuenta que estas bases pueden ser modificadas a lo largo del diseño como hemos mencionado anteriormente.

ESLORA TOTAL	15.16 m.
ESLORA EN LA FLOTACIÓN	13.90 m.
MANGA	4.60 m.
CALADO	1.09 m.
DESPLAZAMIENTO	14.9705 T.n.
POTENCIA	760 Hp.

4. DISEÑO Y PLANO DE FORMAS

4.1. INTRODUCCIÓN

Partiremos de la afirmación de que el casco es la parte mas determinante de la embarcación, puesto que está en contacto directo con el fluido sobre el que se desplaza y también por que de el dependerán el resto de propiedades como velocidad, comportamiento, consumo, confortabilidad.

Para comenzar con el diseño del casco mas apropiado para nuestro barco, tendremos que tener bien claras las dimensiones principales que se calcularon en el apartado de Dimensionamiento, aunque como ya repetimos con gran insistencia en ese mismo apartado, las dimensiones pueden sufrir modificaciones a lo largo del diseño.

En primer lugar veremos la parte teórica de cómo elegir las formas del casco mas optimas para conseguir el diseño que buscamos o que el cliente exige, y después mediante el programa informático Maxsurf, conseguiremos una visión de todo lo hemos acordado.

4.2. FORMAS DE PLANEEO

Veremos el tipo de navegación según las fuerzas hidrodinámicas que intervengan. Siempre que un cuerpo se desplaza flotando sobre la superficie del agua a una determinada velocidad, sobre el actúan:

- La gravedad (hacia a bajo).
- El empuje debido al volumen sumergido del cuerpo (hacia arriba).
- El impulso producido por la máquina propulsora (en el sentido de la marcha)

Según los principios de flotabilidad, el peso de la embarcación y el empuje tienen el mismo valor pero sentido opuesto, de este modo la fuerza resultante de todas las que actúan es la originada por la máquina propulsora, produciendo así el avance del barco. Este balance de fuerzas es válido cuando la velocidad es baja, pero cuando la velocidad aumenta aparecen otras fuerzas determinantes.

Si se incrementa la velocidad del flotador, se producirá un cambio de momento en el fluido sobre el que se desliza, dando como consecuencia para que exista un equilibrio natural de fuerzas:

- Una fuerza de sustentación hacia arriba y perpendicular a la superficie del flotador en contacto con el agua.
- Fruto de la aparición de una fuerza reactiva a la anterior, se origina un impulso hacia delante del volumen de agua situada inmediatamente en contacto con la superficie, de manera que aparece un “abanico” líquido que se abre hacia delante y a los lados.

La fuerza de sustentación, produce una emersión del flotador, reduciendo así la carena respecto a situaciones normales, y a su vez disminuyendo la resistencia al avance del mismo, por lo que será posible incrementar mas la velocidad.

Por otro lado la actuación de la fuerza de sustentación, provoca el cambio del trimado del casco, debido al cambio en el equilibrio de fuerzas y momentos.

Se produce un ligero hundimiento de la popa y el levantamiento de la proa, que a veces emerge totalmente hasta la cercanía del centro de la eslora.

Para decidir el diseño o la geometría del casco, hay que tener en cuenta si interesa aprovechar esta fuerza de sustentación, de forma que podrán darse dos formas de navegación:

- Navegación en régimen de desplazamiento: No se tiene en cuenta la fuerza de sustentación por ser su valor demasiado pequeño.
- Navegación en régimen de planeo: Se aprovecha la fuerza de sustentación para lograr una disminución de la carena por la elevación del casco. Se consigue disminuir la resistencia y alcanzar mayores velocidades.

4.3. RESISTENCIAS

La Resistencia Total al avance (R_t) será el resultado de la suma de las siguientes resistencias como:

- Resistencia por formación de olas (R_w)
- Resistencia viscosa (R_v)
- Resistencia debida a apéndices (R_{ap})
- Resistencia aerodinámica (R_a)
- Resistencias menores (R_o)

$$R_t = R_w + R_v + R_{ap} + R_a + R_o$$

Resistencia por formación de olas

Se puede descomponer en:

- R_{wp} : se refiere a la energía consumida por la embarcación en la generación de los trenes libres de olas de gravedad, transversales y divergentes. Esta componente predomina para números de Froude menores de 0.80, disminuyendo su importancia a velocidades mayores.
- R_s : es la Resistencia por generación de spray, suele descomponerse en una parte de origen viscoso y otra de origen de presión. Ya que no existe un método totalmente fiable para el cálculo de esta resistencia, se tomará nula cuando se consideren embarcaciones con codillos pronunciados navegando a velocidades de desplazamiento y en régimen de planeo esta componente de resistencia se intentará reducir dotando al casco de junquillo anti-spray o Spray-rails.
- R_p : es la resistencia inducida por la componente horizontal de las fuerzas hidrodinámicas de presión que actúan normalmente en el casco. Es difícil de reducir ya que aparece cuando se genera la sustentación para entrar en régimen de planeo.

$$R_w = R_{wp} + R_s + R_p$$

Resistencia Viscosa

Está compuesta por:

- **Rf:** Resistencia tangencial debida a la fricción, se desarrolla en el casco mojado y aumenta su importancia con la velocidad. Si los números de Froude está por encima de 1.00 es la componente mayor de la resistencia total al avance de la embarcación. Esta componente es prácticamente imposible de eliminar, ya que el casco estará siempre en contacto con el agua.
- **Rpv:** Resistencia de presión de origen viscoso, se origina por la formación de torbellinos y la separación de flujo. Si el número de Froude es superior a 0.60, consideraremos esta componente nula. Al disponer la embarcación de nuestro proyecto de espejo de popa, esta resistencia le afectará en menor medida cuando navegue en régimen de planeo que cuando lo haga en régimen de desplazamiento (se producirán torbellinos y separación del flujo del casco).

$$R_v = R_f + R_{pv}$$

Resistencia debida a los apéndices

Esta resistencia cobra mas importancia en las embarcaciones rápidas. Puede alcanzar, a mas velocidad, valores de hasta un 20% de la resistencia al avance del casco desnudo, dependiendo siempre del tamaño y forma de los apéndices.

Las componentes que conforman la resistencia son: componente friccional, componente de presión, componente inducida debido a la sustentación que también genera. Existen fórmulas para estimar la resistencia de cada apéndice.

Resistencia Aerodinámica

Es debida al viento relativo, en embarcaciones rápidas puede representar hasta un 10% de la resistencia total, y sin embargo a bajas velocidades la resistencia debida al aire no tiene prácticamente valor.

Esta resistencia actuará en la embarcación de nuestro proyecto básicamente en la obra muerta del casco (debido a la cubierta "OPEN") reduciéndose considerablemente.

Resistencias menores

Son básicamente componentes menores de la resistencia al avance experimentada por una embarcación rápida.

Su naturaleza puede ser friccional o de presión, y sus causas pueden ser: válvulas de exhaustación, tomas de mar, ánodos de sacrificio, etc.

En resumen, las embarcaciones planeadoras aprovechan el empuje vertical (fuerza de sustentación) del planeo para levantar el barco fuera del agua y reducir así la superficie mojada, situación indispensable para reducir en gran medida las resistencias anteriores.

Intentaremos que en el diseño del casco de nuestro barco, se aproveche la fuerza de sustentación en la mayor medida posible, para reducir parte de las resistencias que actúan en el casco.

4.4. FORMAS DE LAS CUADERNAS

Distinguimos dos tipos de formas de cuadernas: en U y en V.

Es obvio que las cuadernas en forma de U son mas llenas que las cuadernas en V, también diremos que éstas tiene mas tendencia a producir “slamming” o pantocazos cuando se navega con mala mar de proa, con la consecuente disminución de la velocidad y aumento de esfuerzos en la estructura de proa que ello conlleva.

Para hacer un estudio de que tipo de cuadernas serán mas apropiadas disponer en las dos grandes partes diferenciadas de una embarcación: proa y popa, iremos estudiando tanto las ventajas del tipo U, como del tipo V.

Las cuadernas tipo U suelen usarse en la proa de embarcaciones grandes y lentas, pues aumentan la capacidad de carga y tiene menos problemas de comportamiento en la mar, puesto que el mal tiempo les afecta en menor medida.

Son mas llenas las formas y a su vez malas desde el punto de vista hidrodinámico si se colocan este tipo de cuaderna en popa, debido a que aumenta la resistencia de presión de origen viscoso al producir separación del flujo y grandes turbulencias.

Sin embargo en embarcaciones pequeñas y rápidas, se usarán cuadernas tipo V en proa, con el fin de que pase mejor la ola de proa y tenga por tanto un mejor comportamiento en la mar.

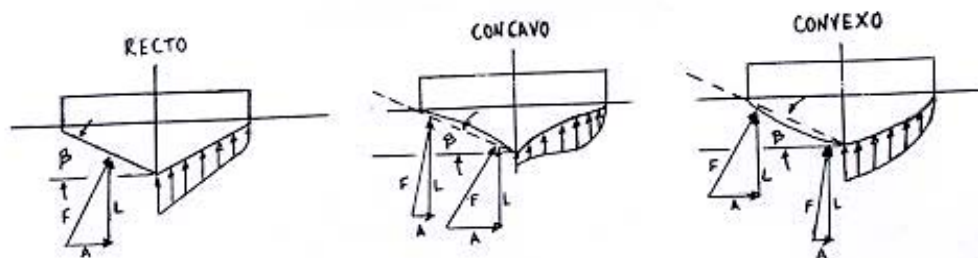
En popa, las cuadernas en V serán mejores, ya que el flujo discurre mas perpendicularmente a las cuadernas, pero por otra parte estas formas pueden dar problemas en el cambio de trimado que se produce al pasar del régimen de desplazamiento al de planeo. Puesto que se produce un trimado positivo con emersión de la zona de proa, el aprovechamiento de las fuerzas de sustentación debe realizarse en el correcto diseño de las zonas de popa.

La fuerza de sustentación es perpendicular a la superficie en contacto con el líquido, las formas que mejor aprovecharán esta fuerza serán aquellas que mas se aproximen a una placa plana, por lo que lo mejor sería que la parte del casco que queda sumergida durante el planeo adoptara esta forma, mas o menos pronunciada según el aprovechamiento de esta fuerza. Cuanto más a popa, más plano debe ser el fondo, ya que estará más sumergido e interesa controlar que el trimado no sea excesivo.

Una solución aconsejable para evitar un cambio brusco de formas de las cuadernas, es diseñar una intermedia entre las formas en V y en U, aquí aparece el termino “codillo”.

Otra división en función de las formas de las cuadernas es:

- Cuadernas cóncavas.
- Cuadernas convexas.
- Cuadernas rectas.



(Fig. 1 Tipos de cuadernas)

La diferencia principal entre ellas que vemos en los dibujos es la distribución de presiones bajo el casco.

En la distribución de la cuaderna cóncava, la distribución crece produciendo mas empuje a medida que se acerca al costado, con lo que habrá mayor empuje en la zona del codaste que debajo de la quilla, todo lo contrario ocurre en la cuaderna convexa.

Diremos que la desventaja de la cuaderna cóncava será que cuando el casco se eleva al aumentar la velocidad, se pierde empuje, además de dejar una cuña cóncava ineficaz en cuanto al planeo se refiere, mucha superficie mojada y una manga de planeo estrecha. Por el contrario estas desventaja no se dan en la cuaderna convexa, a altas velocidades muestra una significativa reducción de superficie mojada, buen empuje y mucha manga de planeo, además estas secciones convexas tienen una excelente rigidez que permite escantillonados mas ligeros.

Las cuadernas planas ofrecen unas características muy parecidas a las convexas, pero se reduce más la superficie mojada al aumentar la velocidad.

En nuestro diseño del casco adoptaremos por formas híbridas, sección transversal del fondo cóncavo en la parte de proa, para aliviar impactos y recto en popa, para lograr una adecuada superficie de planeo.

4.5. ASTILLA MUERTA

Como ya hemos mencionado en el apartado anterior, para obtener el máximo rendimiento de las fuerzas de sustentación generadas durante el planeo, se dispondrán de fondos planos, puesto que la superficie de planeo más eficiente es la placa plana.

El problema que aparece en una embarcación rápida con fondo plano, es que la capacidad de maniobra será mas pobre (difícil gobierno), y experimentará en mala mar unas aceleraciones e impactos excesivos; la solución que habría que buscar sería disponer de secciones en V, puesto que cuanto mas profunda sea la V, mas pequeñas son las aceleraciones verticales.

Sin embargo, el ángulo de astilla muerta de estas secciones en V, reduce el empuje hidrodinámico, para evitar esto se aumentará la superficie mojada y aumentar el ángulo de trimado, lo que provocará un aumento de la resistencia al avance.

Como ya hemos mencionado, cuando la astilla muerta es muy pronunciada, el empuje hidrodinámico se reduce al golpear el agua el fondo de la embarcación, y hacer que esta

agua sea desviada hacia los lados y no hacia el fondo, a diferencia de un casco plano, donde la dirección del agua que golpea el casco cambia casi 180°.

También habrá que tener en cuenta el incremento de la resistencia de fricción que provoca el spray que se produce por un fondo de astilla muerta.

Estudiando todo lo anteriormente expuesto, se diseñaran fondos de astilla muerta variable y creciente a lo largo de la eslora (de popa a proa), en popa se dispondrán pequeñas astillas muertas darán lugar a superficies de planeo efectivas, en proa se utilizarán altas astillas muertas que disminuirán las aceleraciones producidas por los impactos hidrodinámicos y mejorará la maniobrabilidad, en resumen, los valores de astilla muerta mas extendidos variarán entre 15° y 20°.

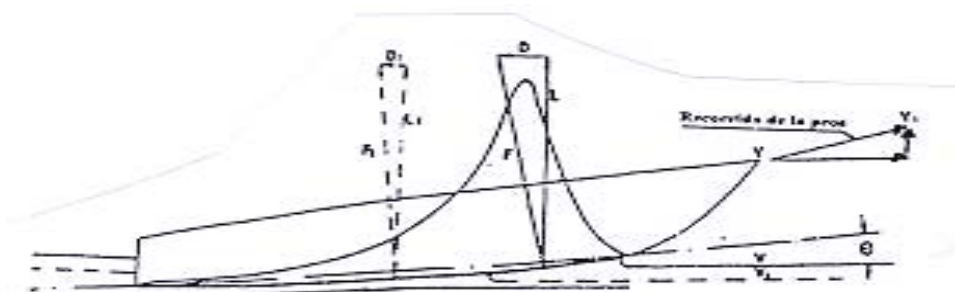
4.6. FORMAS DEL FONDO

Existen tres posibles fondos:

Fondo Convexo (rocker)

Aparece un movimiento ascendente de la proa al aumentar la velocidad y el punto de máxima presión se acerca a la proa.

Mejor rendimiento a altas velocidades.

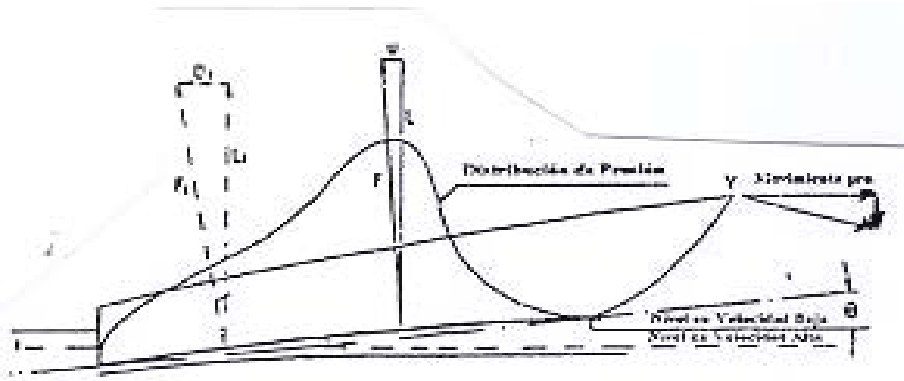


(Fig. 2 fondo convexo)

Fondo Cóncavo (hook)

La proa desciende al aumentar la velocidad y el punto de máxima presión ocupa una posición mas retrasada.

Mejor rendimiento de planeo a baja velocidad.



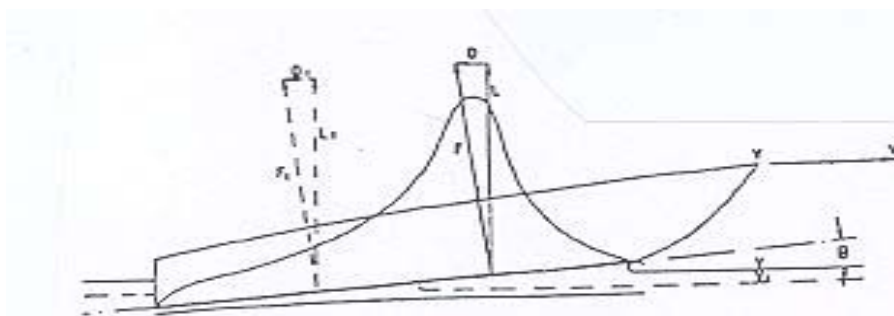
(Fig. 3 Fondo cóncavo)

Fondo Recto (straight)

La proa se mantiene con un movimiento horizontal y el punto de máxima presión se mantiene en posición centrada.

Igual rendimiento tanto a altas como a bajas velocidades.

Nuestra embarcación tendrá un fondo recto, así el punto de máxima presión se mantendrá en una posición centrada y el rendimiento será el mas igualado para altas y bajas velocidades.



(Fig. 4 Fondo recto)

4.7. SPRAY RAILS

El Spray de proa o “abanico”, se produce en embarcaciones de planeo con casco en V profunda, esto provoca:

- Incomodidades para los navegantes en proa.
- Embarque de agua por proa.
- Incremento de la resistencia al avance (al subir agua por paredes del casco).

Cuando el número de Froude es mayor de uno y cuando las velocidades son bajas, la resistencia al avance es de origen friccional, será importante controlar la superficie mojada del casco dotando a la proa de junquillos antispray que producen una separación entre el casco y el flujo de agua hacia arriba, disminuyendo la resistencia de fricción.

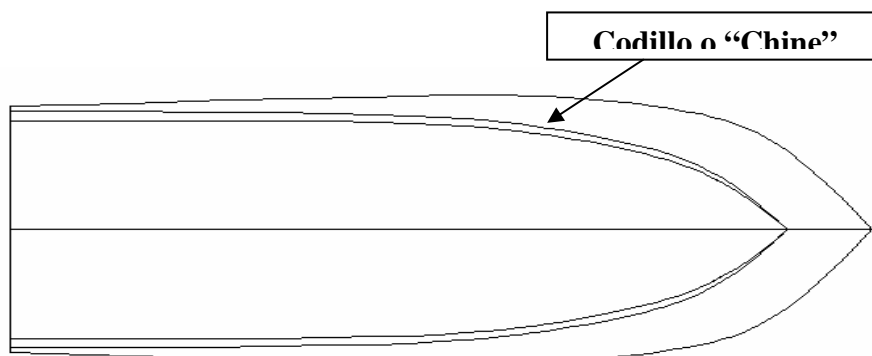
La colocación de spray- rails a lo largo del casco será una forma de mejorar el empuje, serán eficientes hasta el momento en que el flujo por debajo del casco es más o menos paralelo a la quilla, en ese momento deben ser cortados para evitar que incremente la resistencia en esa región, aunque podrían servir como dispositivos antibalances.

A veces, si existen dos spray- rails, uno interior y otro exterior, es conveniente cortar el interior y dejar el exterior, ya que si cortamos en una zona donde a ciertas velocidades el spray- rails está dentro de la superficie mojada del casco, producirá que el centro de presión se trasladará hacia popa haciendo caer la proa, produciendo de esta forma mayor resistencia e incluso problemas de gobierno.

Las funciones generales de los spray-rails serán proporcionar empuje vertical a la embarcación y la separación del flujo, reduciendo la superficie mojada y por tanto la resistencia de fricción.

Lo más apropiado para su colocación es que corran paralelos a la quilla en el cuerpo de popa, y en el cuerpo de proa aproximadamente paralelos al codillo, teniendo en cuenta la disminución de su anchura y aumento de astilla muerta al acercarse a proa.

Esto codillo o “chine”, es un detalle constructivo que recorre la línea de flotación hacia popa alrededor de un 20% de la longitud de la línea de agua medida desde el espejo de popa, proporciona al casco una sección del área de planeo constante en esta porción de eslora. Se eleva formando una curva suave hasta que se encuentra con la roda disminuyendo a su vez la anchura.



4.8. RESUMEN

- Se adoptarán cuaderna híbridas entre U-V con codillo o “chine”.
- Sección transversal de fondo cóncavo en la parte de proa, para aliviar impactos.
- Sección transversal de fondo recto en la zona de popa, para conseguir buena superficie de planeo.
- Longitudinalmente, se dispondrá de una sección de fondo recto, se obtiene un buen comportamiento tanto a bajas como altas velocidades.
- Dos spray-rails en cada banda, paralelos al codillo, para disminuir la resistencia de fricción.

4.9. DISEÑO DEL CASCO MEDIANTE PROGRAMA MAXSURF PRO

Para comenzar a diseñar con el programa informático de diseño naval Maxsurf Pro, habrá que tener en cuenta:

- Las dimensiones obtenidas en el Apartado de Dimensionamiento.
- Las consideraciones recogidas en el Resumen.

Se diseñará una carena que satisfaga los objetivos del proyecto.

Gracias a la flexibilidad del programa, podremos validar y modificar los datos hasta lograr unos resultados satisfactorios.

De esta forma se ha definido una aproximación de las formas finales del casco, que en principio serán definitivas, siempre y cuando no sufran modificaciones a lo largo del proyecto.

A la hora de diseñar con el programa Maxsurf, se han mantenido fijos los parámetros de Eslora y de Desplazamiento (datos obtenidos en el apartado 4: Dimensionamiento).

Teniendo en cuenta todo esto las características del casco serán:

ESLORA TOTAL	15.16 m
ESLORA EN FLOTACIÓN	13.169 m.
MANGA MÁXIMA	4.21 m.
MANGA ENTRE CODILLOS	3.876
CALADO	0.70 m.
DESPLAZAMIENTO	13991.6 Kg.

4.10. ESTRUCTURA RESISTENTE DEL CASCO

A continuación se procede a realizar una pequeña introducción de cual será la estructura resistente del casco, ya que aparecerá más detallada en el Apartado: 7. Escantillonado, donde se recogen espesores, dimensiones, morfología, módulo resistente, etc.

En sentido longitudinal, constará de cuatro longitudinales de fondo a cada banda del casco, con una separación entre ellos de 425 milímetros, dimensión obtenida de la normativa de la “Lloyds”. Serán paralelos y discurrirán a lo largo de toda la eslora del fondo. También en sentido longitudinal pero en los costados, contará con tres longitudinales de costado a cada banda, separados la misma distancia que los de fondo y también a lo largo de toda la eslora.

Para el reforzado de la cubierta se han trazado cuatro esloras a cada banda mas una que se ha colocado justo en línea de crujía.

En el sentido transversal el casco dispondrá de varengas, cuadernas y baos, separadas al igual que los longitudinales, 425 mm.

5. ESPECIFICACIONES Y NORMATIVA A APLICAR

5.1.INTRODUCCIÓN.

En este apartado intentaremos reunir las normas a las que estará la embarcación que nos concierne.

La ORDEN FOM 1144/2003 de 28 de Abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendio, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar las embarcaciones de recreo. Tanto las zonas de navegación y su correspondencia con las categorías de diseño, que veremos a continuación con mas detalle, estarán definidas en esta Orden.

Debido a la extensión de esta orden no la plasmaremos a continuación, sino la adjuntamos en el Anexo 1.

La CIRCULAR N° 7/95, de la Dirección General de la Marina Mercante sobre construcción y equipos de embarcaciones de recreo, con fecha de 19 de Julio de 1995, es publicada con objeto de aclarar e interpretar la normativa vigente en aquel momento y unificar criterios a la luz de la reciente Directiva europea 94/25/ CE publicada en el D.O.C.E. el 30 de junio de 1994.

El ámbito de aplicación es el mismo que el del mercado CE, es decir, embarcaciones diseñadas con fines recreativos con una eslora de casco entre 2.5 y 24 metros y las correspondientes excepciones.

La CIRCULAR N° 12/90, sobre estabilidad de carga y pasajes menores de 100 metros de eslora.

Las circulares no la plasmaremos en su totalidad, solo haremos mención en los ciertos aspectos de este apartado.

También serán de interés las normas armonizadas y no armonizadas que listaremos a continuación:

- UNE-EN 1095: 1998 → Arnés de seguridad de cubierta y amarre de arnés destinado a las embarcaciones de recreo.
- UNE-EN 24565: 1992 → Embarcaciones menores. Cadenas de ancla.
- UNE-EN 24567: 1992 → Construcción Naval. Yates. Accesorios de tuberías para aguas residuales.
- UNE-EN 28846: 1994 → Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables.
- UNE-EN ISO 28847: 1992 → Mecanismos de Gobierno. Sistemas de cable metálico y polea.
- UNE-EN 28848: 1994 → Mecanismos de gobierno a distancias.
- UNE-EN 28849: 1994 → Bombas de sentinas con motor eléctrico.
- UNE-EN ISO 4566: 1997 → Extremo de los árboles portahélices y bujes de conicidad.
- UNE-EN ISO 7840: 1996 → Mangueras resistentes al fuego para carburantes.
- UNE-EN ISO 8469: 1996 → Mangueras no resistentes al fuego para carburantes.
- UNE-EN ISO 8665: 1996 → Motores y sistemas de propulsión marinos. Medición y declaración de potencia.
- UNE-EN ISO 9093: 1998 → Grifos de fondo y pasacascos.
- UNE-EN ISO 10087: 1996 → Identificación de cascos. Sistemas de codificación.
- UNE-EN ISO 9097: 1996 → Embarcaciones menores. Ventiladores eléctricos.
- UNE-EN ISO 10087: 1996 → Embarcaciones menores. Identificación de cascos. Sistemas de codificación.
- UNE-EN ISO 10240: 1996 → Embarcaciones menores. Manual del propietario.
- UNE-EN ISO 10592: 1996 → Embarcaciones menores. Sistemas hidráulicos de gobierno.
- UNE-EN ISO 11105: 1997 → Embarcaciones menores. Ventilación de las salas de motores de gasolina y/o de los compartimentos para los depósitos de gasolina.

- UNE-EN ISO 11547: 1996 → Dispositivos de protección contra el arranque con marcha engranada.
- ISO 14945 → Chapa del constructor.
- ISO 15065 → Prevención de caídas.
- ISO 11591 → Visibilidad.
- ISO 12215-1 / ISO 6185 / RINA → Estructura.
- ISO 12217-1 / 2002 → Estabilidad y flotabilidad.
- ISO 9093 / ISO 12216 → Aberturas.
- ISO 11812 / ISO 8849 / ISO 15082 → Inundación.
- ISO 9094-1 / 2 → Evacuación en caso de incendio.
- ISO 15084 → Fondeo.
- ISO 10133 → Sistema eléctrico.
- UNE-EN ISO 8099: 2001 → Sistema de retención de desechos de instalaciones sanitarias.
- UNE-EN ISO 10088: 2002 → Sistema de combustible instalado de forma permanente y tanques fijos de combustible.
- UNE-EN ISO 12216: 2003 → Ventanas, portillos, escotillas, tapas y puertas. Requisitos de resistencia y estanqueidad.

5.2.CATEGORIAS Y ZONAS DE NAVEGACIÓN.

No debe confundirse la Zona de Navegación (asignada por la Dirección General de la Marina Mercante en función del equipo de seguridad) con la Categoría de Diseño (asignada por el fabricante según las condiciones de viento y mar para las que está proyectada la embarcación).La que figura en la placa de su embarcación es esta última.

Categorías de Diseño

El Real Decreto 297/98 traspone al Derecho Español a Directiva Europea 94/25/CE, en cuyo anexo I se clasifican las embarcaciones dependiendo de las características constructivas. Han sido agrupadas en 4 categorías en función de las condiciones de navegación (altura de olas y fuerza del viento) para las que han sido diseñadas.

CATEGORÍAS DE DISEÑO	Fuerza del viento escala Beaufort	Altura de las olas en metros	DEFINICIÓN	Zonas de Navegación Correspondientes
“A” OCEÁNICA	Mas de 8	Mas de 4	Embarcaciones diseñadas para viajes largos en los que los vientos puedan superar la fuerza 8 (escala de Beaufort) y las olas la altura significativa de 4 metros o mas , y que son embarcaciones autosuficientes en gran medida.	1,2,3,4,5,6,7
“B” ALTA MAR	Hasta 8 incluidos	Hasta 4 incluidos	Embarcaciones diseñadas para viajes en alta mar en los que pueden encontrarse vientos de hasta fuerza 8 y olas de altura significativa de hasta 4 metros.	2,3,4,5,6,7
“C” EN AGUAS COSTERAS	Hasta 6 incluidos	Hasta 2 incluidos	Embarcaciones diseñadas para viajes en aguas costeras, grandes bahías y grandes esturiones, lagos y rios, en los que pueden encontrarse vientos de hasta fuerza 6 y olas de altura significativa de hasta 2 metros.	4,5,6,7
“D” EN AGUAS PROTEGIDAS	Hasta 4 incluidos	Hasta 0.5 incluidos	Embarcaciones diseñadas para viejes en pequeños lagos, ríos y canales, en los que pueden encontrarse vientos de hasta 4 y olas de altura significativa de hasta 0.5 metros.	7

Zonas de Navegación de embarcaciones de recreo

En el momento de la expedición o renovación del Certificado de Navegabilidad, la Autoridad Marítima, teniendo en cuenta la actualización del equipo de seguridad que haya realizado la embarcación, le asignará la correspondiente Zona de navegación en función de su Categoría de diseño.

CATEGORÍAS DE DISEÑO	Zona	Límites	Navegación
“A” OCEÁNICA	1	Ilimitada	Zona de navegación ilimitada
“B” ALTA MAR	2	60’	Navegación en las zonas comprendidas entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas
	3	25’	Navegación en las zonas comprendidas entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 25 millas
“C” EN AGUAS COSTERAS	4	12’	Navegación en las zonas comprendidas entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 12 millas
	5	5’	Navegación en la cual la embarcación no se aleja más de 5 millas de un abrigo o playa accesible
	6	2’	Navegación en la cual la embarcación no se aleja más de 2 millas de un abrigo o playa accesible
“D” EN AGUAS PROTEGIDAS	7	Protegidas	Navegación en aguas protegidas, puertos, radas, rías, bahías, abrigadas y aguas protegidas en general

Relación entre Categoría de diseño, Zonas de Navegación y Títulos

La titulación requerida para el gobierno de embarcaciones está en función de la zona de navegación, eslora y potencia de sus motores.

CATEGORÍA DE DISEÑO	A- OCEÁNICA	Fuerza Beaufort mas de 8, altura de olas mas de 4 metros.						
	B- ALTA MAR	Hasta Fuerza Beaufort igual a 8 y hasta 4 metros de olas.						
	C- AGUAS COSTERAS	Hasta Fuerza Beaufort igual a 6 y hasta 2 metros de olas.						
	D- AGUAS PROTEGIDAS	Fuerza Beaufort igual a 4 y altura de olas 0.5 metros.						
ZONAS DE NAVEGACIÓN		7	6	5	4	3	2	1
MILLAS		Protegidas	2'	5'	12'	25'	60'	s/1
TÍTULOS	CAPITAN DE YATE	Sin Límites						
	PATRÓN DE YATE	$L \leq 20$ metros y 60' millas						
	PATRÓN EMBARCACIONES DEPORTIVAS (PER)	$L \leq 12$ metros y 12' millas						
	PATRÓN DE NAVEGACIÓN BÁSICA	Vela con $L \leq 8$ metros y 4' millas						
	PATRÓN DE NAVEGACIÓN BÁSICA	Motor con $L \leq 6$ metros y 4' millas						
	CERTIFICADO DE LA FEDERACIÓN	$L \leq 6$ metros y 1' millas						
	SIN TÍTULO	$L \leq 4$ metros y 1' millas						

Teniendo en cuenta tanto las zonas de navegación, la amplitud geográfica que queremos alcanzar y el carácter de recreo de nuestra embarcación, la zona de navegación será:
Zona de Navegación 2 (antes Categoría B; fue sustituida según la ORDEN FOM /1144/2003 de 28 de Abril)

A continuación describiremos los equipos o elementos de seguridad, salvamento, contra incendio, navegación y prevención de vertidos que le corresponda a una embarcación según su Zona de Navegación, en nuestro caso la Zona de Navegación 2.

5.3. EQUIPOS Y ELEMENTOS.

Zona Navegación 2:

5.3.1..EQUIPO DE SALVAMENTO	5.3.2.EQUIPO DE NAVEGACIÓN
Balsa salvavidas 100% personas (SOLAS o ISO 9650 revisión anual, con paquete de emergencia tipo B)	Un compás de gobierno con iluminación
1 Aro salvavidas con luz y rabiza	Un compás de marcaciones
Chaleco salvavidas * 100% personas, f flotabilidad mínima de 150N (revisión anual para los hinchables)	Una tablilla de desvío del compás (caducidad 5 años)
6 cohetes con luz roja y paracaídas	Una corredera (de hélice, eléctrica o de presión, se permitirá GPS)
6 bengalas de mano con luz roja	Compás de puntas
2 señales fumígenas flotantes de color naranja	Transportador
2 baldes contra incendios con rabiza (válidos para achique) serán robustos, de plástico u otro material, y de 7l. como mínimo. (3 si la eslora es superior a 20 metros)	Regla de 40 centímetros
* Se proveerán salvavidas para niños a bordo	Prismáticos
	Cartas y libros náuticos (Faros/derrota, prim. Auxilios, Regl. ,Radiocomun., código inter. De señales)
	Bocina de niebla a presión manual (si es de gas con recipiente de membrana de respeto)
	Barómetro
	Campana (para eslora > 15 m.) o medios para producir sonidos para esloras inferiores
	Pabellón nacional
	Código de Banderas (al menos C y N)
	2 linternas estancas (bombillas y pilas de repuesto)
	Espejo de señales
	Código de señales (si se montan aparatos de radiofrecuencia)
	Reflectos radar (embarcaciones no metálicas)
5.3.3.ARMAMENTO DIVERSO	5.3.4.EXTINCIÓN. ACHIQUE Y CONTRA INCENDIO
Un botiquín Tipo C (si la tripulación es contratada será el prescrito en el RD 258/1999)	Una bomba de achique accionada por el motor principal u otra fuente de energía***

Una caña de timón de emergencia (no obligatorio con motor fuera borda, transmisión en Z o varios motores)	Una bomba de achique de accionamiento manual***
2 estachas de amarre al muelle	2 baldes para achique
Un bichero	Extinción. Ver cuadro 2 adjunto
Un remo de longitud suficiente para embarcaciones menores de 8 metros.	*** La capacidad de bombeo de las bombas no debe ser menor de (a una presión de 10 KPa) : 10 litros/ min para L< 6 m 15 litros/ min para L> 6 m 30 litros/ min para L> 12m Para bombas manuales la capacidad debe alcanzarse con 45 emboladas por minuto.
Un inflador y juego de reparación de pinchazos en embarcaciones neumáticas rígidas y semirrígidas	
Fondeo. Ver cuadro 1 adjunto	
5.3.5.RADIOCOMUNICACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> • Un radioteléfono de ondas métricas (VHF) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Un radioteléfono de ondas hectométricas (MF/BLU) no obligatorio en el Mediterráneo en Cat. B 	
<ul style="list-style-type: none"> • Una radiobaliza de localización de siniestros 406 MHz. 	

LINEAS DE FONDEO. CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS: Cuadro 1				
ESLORA	ANCLA	CADENA	CADENA	ESTACHA
metros	Kg.	Diámetros (mm)	Longitud mínima	Diámetros (mm)
< 3	3.5	6	No obligatoria	10
5	6	6	No obligatoria	10
7	10	6	1 eslora	10
9	14	8	1 eslora	12
12	20	8	1 eslora	12
15	33	10	1 eslora	14
18	46	10	1 eslora	14
21	58	12	1 eslora	16
24	75	12	1 eslora	16

La longitud de fondeo (cadena + cabo) ha de ser 5 veces la eslora de la embarcación.

El peso de las anclas que aparecen en la tabla corresponde a anclas de alto poder de agarre por lo que el peso debe aumentarse en 2 tercios para otros tipos de anclas.

El peso del ancla podrá dividirse en dos anclas, siendo el peso del ancla principal no inferior al 75% del peso total.

EXTINCIÓN: Cuadro 2			
EXTINTORES PORTÁTILES OBLIGATORIOS POR POTENCIA PROPULSORA			
(Pueden sustituirse por: una instalación fija + un único extintor que cubra P/4)			
POTENCIA TOTAL	1 MOTOR	2 MOTORES	
P < 20 Kw (27.2 CV)	Si es fueraborda en zonas 6 y 7 no se les exige	Si es fueraborda en zonas 6 y 7 no se les exige	
P < 150 Kw (204 CV)	1 de eficacia 21 B	1 de eficacia 21 B	
P < 300 Kw (408 CV)	1 de eficacia 34 B	2 de eficacia 21 B	
P < 450 Kw (612 CV)	1 de eficacia 55 B	2 de eficacia 34 B	
P < 600 Kw (816 CV)	1 de eficacia 55 B + 1 de eficacia 21 B	2 de eficacia 34 B + 1 de eficacia 21 B	
POTENCIAS SUPERIORES	1 de eficacia 55 B + los correspondientes a la diferencia de potencia [P – 450 Kw]	2 de eficacia 55 B + los correspondientes a la diferencia de potencia [P – 450Kw]	
EXTINTORES PORTÁTILES OBLIGATORIOS POR ESLORA			
(Si es cabinada y no se exige por potencia llevará de todos modos 1 extintor 21 B)			
ESLORA	EXTINTOR		
L < 10	No se exige		
L < 15	1 de eficacia 21 B (2 si la embarcación es de lista 6ª)		
L < 20	2 de eficacia 21 B (3 si la embarcación es de lista 6ª)		
L < 24	3 de eficiencia 21 B (4 si la embarcación es de lista 6ª)		
INSTALACIONES FIJAS CONTRA INCENDIOS			
Instalaciones Contra Incendios a base de Agua (propulsión a motor)			
L < 15 m.	No se exige		
Esloras superiores	Colector de diámetro suficiente, bomba c.i., boca (mínimo 2 bar), manguera con boquilla de doble efecto 12mm.		
Instalaciones fijas de extinción y detección según combustible			
POTENCIA	GAS-OIL	GASOLINA	GAS-COCINA
P < 225 Kw (306 CV)	No se exige	No se exige	Detector de gas
P < 736 Kw (1000 CV)	No se exige	Extinción o Detector de incendios + extintores portátiles	Detector de gas
Potencias superiores	Extinción + Detector de incendios	Extinción + Detectores de incendio	Detector de gas

Por otro lado las luces y marcas de navegación se ajustarán al convenio sobre el Reglamento Internacional para los Abordajes. En caso de navegación diurna exclusivamente hasta 12 millas de la costa y/o en embarcaciones de menos de 7 metros de eslora se podrá prescindir de las luces de navegación, pero se deberá llevar una linterna eléctrica de luz blanca con baterías de repuesto.

5.4. PREVENCIÓN DE VERTIDOS AL MAR.

Las embarcaciones estarán construidas y/o dotadas de modo que se evite que se produzcan vertidos accidentales de aguas sucias y de contaminantes tales como aceites o combustibles, en el agua. En el caso concreto de las aguas sucias ello implica necesariamente disponer de un tanque de retención con salida a instalaciones de tierra, como opción más sencilla, o bien de otros medios alternativos.

Acatando la ORDEN FOM 1144/2003 , está prohibida toda descarga de aguas sucias desde embarcaciones de recreo en las siguientes aguas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicciones:

- Zonas portuarias.
- Aguas protegidas.
- Otras zonas como rías, bahías y similares.

Dependiendo de la zona donde nos encontremos la opción de carga será distinta, lo vemos en el siguiente cuadro:

ZONA	OPCIÓN DE DECARGA
Zonas portuarias. Aguas protegidas. Otras zonas como rías, bahías y similares.	No se permite ninguna descarga, ni siquiera con tratamientos.
Hasta 3 millas	Se permite con tratamientos. Ni sólidos ni decoloración.
Desde 3 millas hasta 12 millas	Se permite desmenuzada y desinfectada. Para descargar el tanque, la velocidad de la embarcación debe ser superior a 4 nudos.
Más de 12 millas	Se permite en cualquier condición. Para descargar el tanque, la velocidad de la embarcación debe ser superior a 4 nudos.

Diremos que contará con:

- Depósito de retención de aguas sucias
- Equipo para desmenuzar y desinfectar.
- Equipo de tratamiento.

6. DISPOSICIÓN GENERAL

6.1. INTRODUCCIÓN

Conociendo las exigencias y peticiones del cliente sobre las características de la embarcación, comenzaremos a tener la idea de cómo será el barco en su interior. En el caso de nuestro diseño, tanto los pasillos, como los espacios son mas amplio, para poder dar mas libertad de espacio a la persona invidente que vaya a bordo, al igual que las comodidades para su perro lazarillo, si es que lo acompañara.

Lo primero que haremos será un croquis, primero más general, en que se muestren las cuatro grandes partes diferenciadas: la bañera, el puente de gobierno, la habitación y el pique de popa, después otro en que se visualizaran la distribución de la cubierta, y por último el croquis de la habitación de nuestra embarcación. Obviaremos detalles como grosores de mamparos, la situación de refuerzos, tuberías, depósitos de combustibles, tanques de agua, etc.

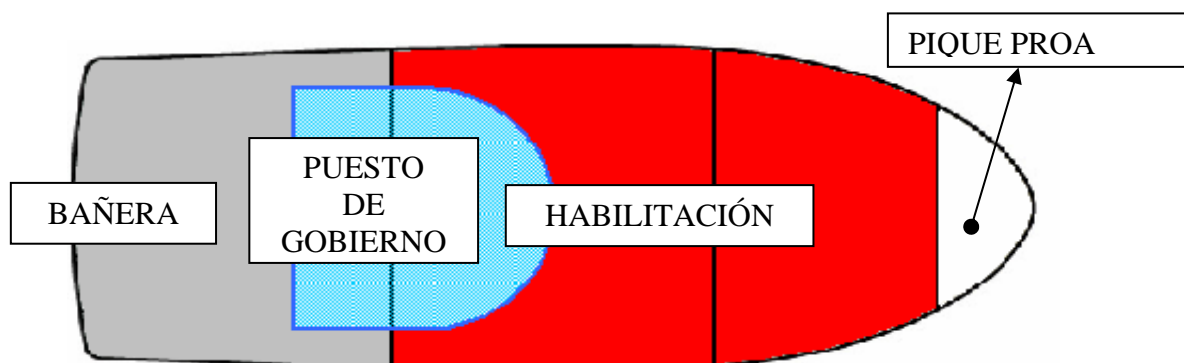
Albergará capacidad para 4 personas, que gracias a la amplitud del espacio, se encontrarán muy cómodas, pudiendo disfrutar de un diseño minimalista y muy moderno.

Tanto mobiliario, como decoración nos proporcionaran sensación de luminosidad, pues nos centraremos en el color blanco como predominante.

6.2. DISEÑO DE LA CUBIERTA

Es importantísimo lograr un espacio cómodo en cubierta, puesto que es el lugar elegido para pasar la mayor parte del día, y aun más en nuestro diseño, pues se tratará de una cubierta “open”, donde disfrutar al máximo del sol y de la brisa.

Las dimensiones de la cubierta deben de estar definidas cuando se realiza el diseño de carena, ya que es la parte superior de esta. Lo que desarrollaremos a continuación serán las diferentes partes con más exactitud. Mostraremos el croquis de distribución de estas zonas:



6.2.1. BAÑERA

La bañera es la parte de la cubierta que cuenta con una mayor dimensión, su eslora será de 5.30 m. y una manga de 3.60 m., que proporcionará una superficie aproximada de 19m².

Tanto el suelo de la bañera como el del puesto de gobierno serán de teca, que hará contraste con el blanco del mobiliario.

Si comenzamos con la descripción de popa a proa, diremos que lo primero que encontramos es una plataforma de baño, forrada de teca como ya hemos mencionado anteriormente, pegada a esta, hay cuatro colchonetas de plástico blanco para tomar el sol, las medidas de éstas son de 1.80 m. de largo y 0.80 m. de ancho.

Seguidamente se dispondrá de un dinete en forma de "U" con una eslora de 3 m. y una mesa rectangular, frente a esta se un mueble con dos puertas, una donde irá una pequeña nevera y en la otra tablas para almacenar cosas.

6.2.2. PUESTO DE GOBIERNO

El puesto de gobierno está a proa de la bañera, tendrá una eslora de 3.70 m. y una manga de 3.60m.

Esta zona está compuesta, siguiendo el mismo orden que anteriormente por:

A estribor se dispondrá de un asiento doble para el piloto y un acompañante de color blanco, volante del timón, cuadro de mando con múltiples indicadores como temperatura de motores, trimado, ángulo del timón, en resumen todos los mandos oportunos y aquellos adaptados a una persona no vidente, que veremos mas adelante. Detrás de los dos asientos se dispondrá de un porta objeto de grandes dimensiones con dos puertas.

A babor, un sofá en forma de "L" de 1.90 m. de eslora, y a continuación otro porta objetos.

Entre este último porta objetos mencionado y el puesto el puesto de gobierno en si (donde está en timón, etc), se encuentra el acceso a la zona de habilitación y acceso a cámara de máquina mediante piso abatible.

Todo el mobiliario será de color blanco, los porta objetos, sofá, asiento del piloto y acompañante, etc.

6.2.3. PASILLOS LATERALES

El mayor inconveniente de los pasillos es lo estrechos que son en algunas embarcaciones, sin embargo en nuestro proyecto hemos querido evitar esto, dotando a los pasillos de una manga de 0.50m., intentando así no solo que el acceso de popa a proa y viceversa sea menos arriesgado tanto para una persona vidente como no vidente .

La barandilla será de acero inoxidable que se elevará unos 50 centímetros sobre la regala y se extenderá a lo largo de toda la eslora.

6.2.4 .CUBIERTA DE PROA

Tiene una eslora de 6.16 m., es un espacio bastante amplio.

En el piso de esta se dispondrán de dos escotillas con tapas transparentes y abatibles para que entre claridad y se ventilen los interiores cuando estén abatidas. Estas escotillas se encuentran sobre el camarote de proa y salón-cocina.

El ancla y la cadena irán en el pique de proa, que tendrá una longitud del 10% de la eslora del barco, en nuestro caso 1.50m.

En el siguiente croquis se verán las situaciones de todos los espacios descritos en los anteriores apartados.

6.3. DISEÑO DE INTERIORES

Consistirá en distribuir el espacio de la habitación, siguiendo unos criterios como confort, comodidad, etc, intentando conseguir a la vez un diseño moderno y funcional.

La embarcación estará preparada para 4 tripulantes, siempre teniendo en cuenta que todo tiene que estar en la medida de lo posible adaptado a una persona no vidente, como en el requisito inicial del cliente, que las comodidades de los tripulantes sean igual para una persona vidente o no vidente.

Este espacio de la habitación se dividirá en: salón-comedor, cocina, cuarto de aseo, aseo para perro lazarillo(es muy probable que viaje con su dueño), camarote de proa, camarotes a popa.

6.3.1. SALON-COMEDOR

El acceso al interior se hace por una escalera pequeña situada en crujía entre el puesto de mando.

La escalera nos da paso al salón-comedor, que cuenta con:

A estribor, con un sofá de 2 m. de eslora, y un mueble del cual saldrá la televisión cuando se quiera ver.

Un poco mas hacia proa encontramos una rinconera de 1.80 m. de eslora con su mesa rectangular, que será lo que denominamos comedor, el hueco que queda detrás de la rinconera será un porta- objeto.

Estará muy iluminado gracias a la luz que entra por la escotilla que hay en la cubierta, y a través de dos portillos en el casco.

6.3.2. COCINA

La cocina está a babor según bajamos la escalera, tiene forma de “L” cuenta con una eslora de 1.60 m..

Es de acero inoxidable (como las cocinas industriales), cuenta con dos muebles inferiores y dos superiores, una placa de vitrocerámica en forma de elipse con 3 fuegos, fregadero con un seño y una placa para secado, un grifo con manguera extraíble tanto con agua fría como caliente, horno microondas encastrado, cajón para cubertería, frigorífico de 80 litros con apertura frontal y espacio para almacenamiento de alimentos.

La luz que recibe la cocina pasa a través de un portillo.

6.3.3 .CUARTO DE ASEO PARA PERRO LAZARILLO

Está situado a proa de la cocina, una embarcación de estas características puede navegar horas sin atracar en puerto y pasar la noche en la mar, puesto que muchas personas invidentes siempre están acompañadas por su perro lazarrillo, será de esperar que éste también disfrute de las vacaciones en el barco, por esta razón se instalará un aseo para que haga sus necesidades durante el tiempo que dure la navegación.

Lo forma una banda integrada en una pequeña tarima y conectada al depósito correspondiente, que avanza sobre rodillos, el perro depositará los excrementos en la banda, mediante un botón a modo de cisterna, el dueño lo acciona haciendo que la banda avance sobre los rodillos internos de modo que los excrementos vayan a parar a las “redes sanitarias”. Cuenta con un chorro de agua y otro de jabón interno para que la banda quede limpia. Su inventor es Félix Vallejo Romero, natural de Burgos, donde ya existen ejemplares de este invento por las calles.

6.3.4. CUARTO DE ASEO

Situado a proa del baño para perros, cuenta con una eslora de 1.50m..
Está compuesto por una ducha de hidromasaje con mampara de cristal, inodoro y un lavabo de cristal incrustado en un mueble de madera wenge.
Se equipará también con toallero, portarrollos, espejo, etc..

6.3.5. CAMAROTE DE PROA

Es el camarote principal o camarote del armador.
Situado en la proa de la embarcación (excluyendo el pique de proa), tiene una eslora 2.25 m. y está formado por una cama doble en la parte mas a proa, en el sentido longitudinal del barco, la cual puede bascular y consta de un espacio de estiba de mantas, sábanas, etc..

La cama estará sobre una especie de tarima, si bajamos de ellas por ambos lados de la cama, encontramos dos armarios para guardar la ropa, compuestos por cajonera, y perchero en la parte superior.

Tanto a estribor como a babor existe un portillo, por donde recibe la luz el camarote y pueden ser abiertos para que entre aire.

6.3.6. CAMAROTES DE POPA

Tiene una eslora de 2m., esta formado por dos camas de 0.70 m. de ancho, dispuestas en sentido longitudinal también, y separadas por una mesita de noche con dos cajones.
Las dos camas serán basculante y descubren un espacio para guardar la ropa, mantas, etc..
El portillo en la parte estribor del casco será el que suministre la luz natural y la ventilación.

6.4. CROQUIS

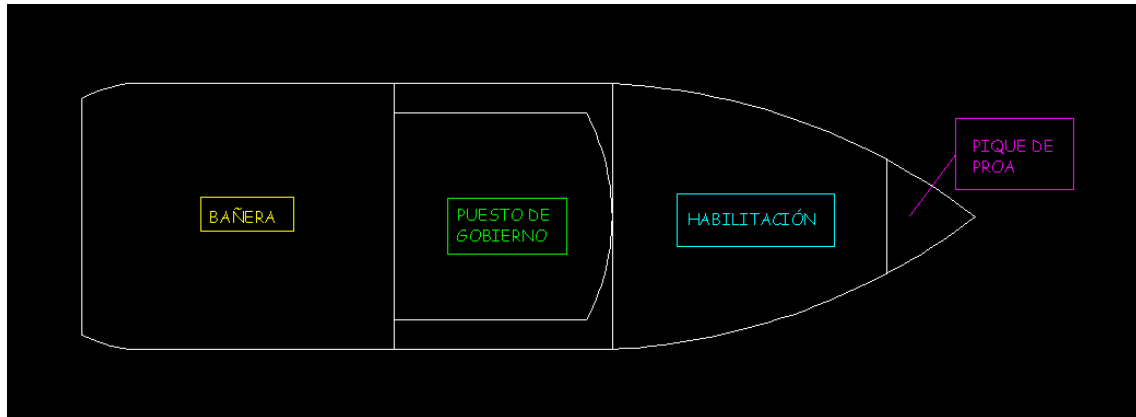
Serán esenciales para ver claramente como es la distribución del barco, se mostrarán:

Croquis 1: Distribución de las zonas principales (Bañera, Puesto de gobierno, habitación, pique de proa.

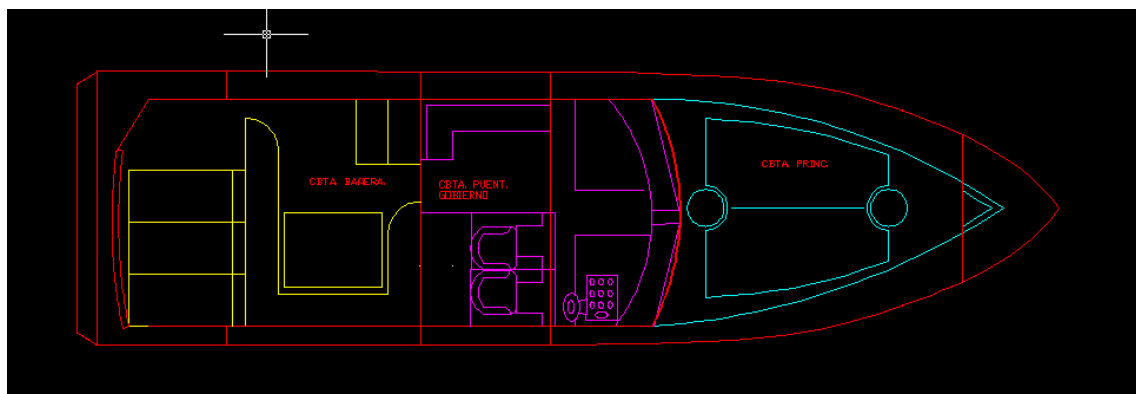
Croquis 2: Situación y distribución de los espacios de la Cubierta Principal.

Croquis 3: Distribución de espacios y elementos del Diseño de Interiores (Habitación).

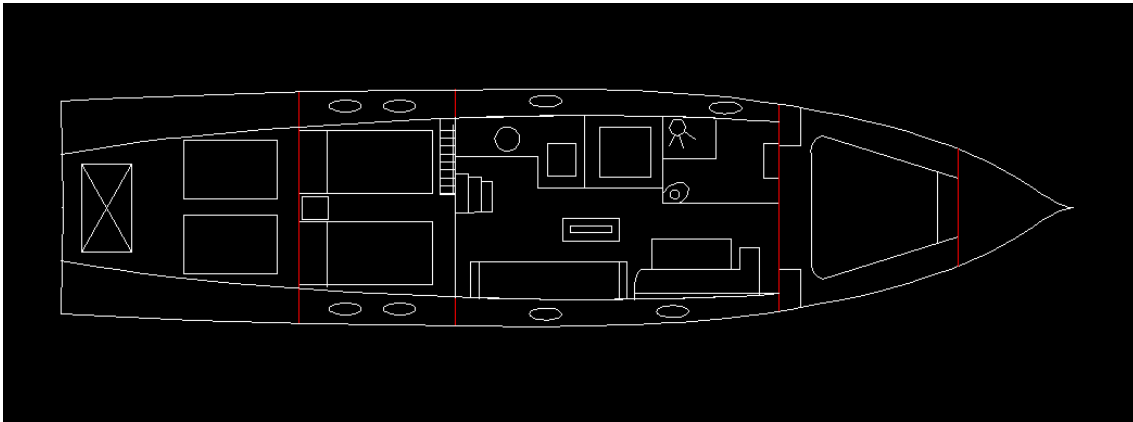
Estos croquis son orientativos en el ANEXO se mostraran los Planos de Disposición General.



(Croquis 1)



(Croquis 2)



(Croquis 3)

6.5. DISPOSICIÓN DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES

Dispondremos cinco mamparos transversales a lo largo de la eslora de la embarcación, que serán:

- Mamparo de pique de proa:

Limita el pique de proa con la zona de habitación. La posición longitudinal con respecto a la perpendicular de popa será 13.66 m..

- Mamparo divisorio camarote de proa.

Separa el camarote de proa con el resto de la habitación, posee una puerta para entrar al camarote. Su posición longitudinal será de 11.41m..

- Mamparo divisorio camarotes de popa.

Separa los camarotes de popa con el resto de la habitación, posee dos puertas para acceder a cada uno de los dos camarotes de los que disponemos a popa. Su posición longitudinal será de 7.3m..

- Mamparo a proa de cámara de máquinas.

Este mamparo a su vez es el mamparo de popa de los camarotes de popa y su función es asilar ala cámara de máquinas de la zona de habitación. Será totalmente estanco, y su posición longitudinal será de 5.3 m..

- Mamparo a popa de cámara de máquinas.

Limita la zona de cámara de máquinas a popa, será totalmente estanco y su posición longitudinal será de 2.3 m..

Se fabricarán en PRFV “tipo sándwich”, con 20 mm. de espesor (2+16+2), es decir, 16mm. de núcleo + 4 de laminado (dos por cada cara). El escantillonado se verá en otro apartado del proyecto.

7. ESCANTILLONADO

7.1. INTRODUCCIÓN

La elección de nuestro proyecto ha sido una embarcación de recreo de un material compuesto como es la fibra de vidrio (PRFV), tanto en la construcción del casco, como en los refuerzos, cubierta y mobiliario exterior.

Actualmente y después de muchos estudios y experiencias, las construcciones en PRFV son las más adecuadas para embarcaciones deportivas y de recreo, desbancando a otros materiales como el acero, aluminio o madera, por no tener las propiedades más fiables.

A continuación listaremos aquellas ventajas del uso de la fibra de vidrio, como son:

- Construcciones ligeras (buena relación resistencia/ peso).
- Menor rigidez de la estructura.
- Trabaja bien a fatiga.
- Excelente comportamiento frente a la corrosión por el efecto del oxígeno del aire y la corrosión eléctrica.
- Gastos de mantenimiento mínimos.
- Gastos más bajos si se construyen varias unidades (se realiza un modelo y un molde para hacer muchas unidades).
- Buena confortabilidad.

7.2. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales compuestos se forman básicamente con la combinación de resinas sintéticas y materiales reforzantes, en nuestro caso fibra de vidrio.

En el mercado se pueden encontrar distintos tipos tanto de resinas como de fibras de vidrio, para tener una idea general vamos a ver un esquema de las diferentes clases:

Material Reforzante- Fibra de vidrio

CLASES DE FIBRAS	DE ORIGEN MINERAL	FIBRAS CERÁMICAS(Carburo de silicio, Alumina)	
		FIBRAS METÁLICAS	
	FIBRAS INORGÁNICAS(Carbono, Vidrio, Boro)	<p>Generalidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Basadas en óxido de silicio, con adicción de óxidos de Ca,B,Na,Fe,Al. - Vidrios amorfos. - Resistencia y rigidez. - Propiedades isotrópicas. - Tratamiento superficial:protege,une, lubrica,antiestático,unión matriz. 	<p>Propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta adherencia fibra-matriz. - Resistencia mecánica. - Características eléctricas. - Incombustibilidad. - Estabilidad dimensional. - Compatibilidad con las materias orgánicas. - Imputrescibilidad. - Débil conductividad térmica. - Excesiva flexibilidad. - Bajo coste.
DE ORIGEN ORGÁNICO	FIBRAS ORGÁNICAS(Algodón)		

FIBRAS DE VIDRIO	TIPO "A"	
	TIPO "C"	
	TIPO "E"	
	TIPO "R"	
	TIPO "S"	
FORMAS DE PRESENTARSE	Tejido de filamentos perfectamente entrecruzados (WR= Woven rovings)	
	Masa de mechas de filamentos colocados aleatoriamente (CSM= Chopped Stran Mat o MAT)	
	Para reforzar zonas concretas se utilizan mechas de fibras continuas.	
CARACTERÍSTICAS SOLIDIFICADA	<ul style="list-style-type: none"> - Baja densidad. - Peso reducido. - Gran resistencia mecánica y eléctrica. - Baja reactividad química con el agua salada. 	

Resinas

La más apropiada en nuestro proyecto será la resina termoestable, se caracteriza porque no cambia sus propiedades al variar la temperatura.

Veremos un cuadro de los tipos de resinas termoestables en función de la temperatura a la que vaya ser usada:

BAJA TEMPERATURA	POLIESTER (Son polímeros lineales de condensación que resulta de la reacción de ácidos carboxílicos o anhídrido de ácido con glicoles, denominándose esta reacción “esterificación”)	ISOFTÁLICA → Resistente al desgaste y a agentes químicos. ORTOFTÁLICA → Resina de utilización general. ÁCIDO CALIENTE → Se utiliza como retardador de llama.
MEDIA TEMPERATURA	VINILESTER	
	EPOXI (Incluye en su composición dos grupos epóxidos)	Propiedades: - Buena resistencia mecánica y química. - Buena resistencia a la abrasión. - Buenas cualidades eléctricas.
MEDIA-ALTA TEMPERATURA	FENÓLICA	
ALTA TEMPERATURA	BISMALEIMIDA POLIMIDA ESTERES CIANATO POLIETERAMIDA	

En nuestro proyecto nos hemos decidido por la utilización de la resina de poliéster isoftálica.

Para que se produzca el endurecimiento o curado de la resina en un tiempo relativamente corto que salga rentable su uso, se añadirán dos productos que son:

Catalizador

Produce radicales libres que provocan la iniciación de la reacción de polimerización.

Activador o acelerador

Refuerza la acción del catalizador y permite polimerizar a temperaturas menos elevadas.

Variando las proporciones de estos productos se puede conseguir un curado mas o menos rápido según interese.

Es muy importante saber que nunca se debe mezclar el catalizador y el activador o acelerador directamente, pues se provocará una violenta explosión. El activador se añade a la resina antes.

Existe la posibilidad de añadir a la resina una cierta cantidad de material colorante para lograr distintos acabados traslúcidos u opacos, hay varios tipos en el mercado dependiendo de la clase de acabado que se desee.

Resumen: Se utilizará la resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio.

7.3. PROCESO CONSTRUCTIVO

El elemento primario para la realización de una pieza de plástico reforzado es el modelo. Este útil básico puede realizarse en madera, metal, barro, escayola, cemento, cera, vidrio, piezas de poliéster ensambladas, etc.

Cuando el diseño de la pieza corresponde a un diseño original es necesario proceder al estudio de un modelo.

En algunos casos el modelo se utiliza directamente para la obtención de la pieza o piezas en plástico reforzada, pero lo más normal es que sea usado para la realización del molde.

Para distinguir consideraremos molde, como el elemento en que se conforma la pieza de plástico reforzado, siendo el modelo el elemento del cual se obtiene el molde. A veces se llama molde patrón al modelo y molde de producción al otro tipo de molde.

Existe la posibilidad de realizar dos clases de moldes:

- **Molde Macho** → Es aquel que adopta la forma del interior del casco de la embarcación. Una vez realizado el laminado y finalizado el proceso de fraguado, al separar el casco del molde, el exterior presenta una superficie áspera e irregular. Requiere mas trabajo de pulido y terminación de la superficie.
- **Molde Hembra** → Es aquel que adopta la forma exterior del casco. Una vez desmoldado, la superficie exterior de la embarcación está prácticamente lisa y terminada, solo faltaría corregir las pequeñas imperfecciones. También permite un control total de las dimensiones de la pieza. El riesgo que si presenta es la posible aparición de bolsas de aire entre el molde y la superficie de la pieza, que puede producir graves deformaciones en la misma.

Por otro lado, hay que distinguir también entre los moldes válidos para varias laminaciones o moldes de usar y tirar, la elección de uno u otro dependerá de los recursos económicos y de la inversión de tiempo.

Si lo que se desea es construir una serie de cascos iguales, pues se utilizará un molde multiuso, sin embargo para lo construcción de un solo casco conviene realizar un molde de usar y tirar.

Para la realización de nuestra embarcación se usará *un molde “hembra”(paneles de madera contrachapada) de usar y tirar*, la decisión ha sido tomada por las ventajas que ofrecen ambos recursos.

Ya construido el molde de laminación, se prepara para que su interior presente una superficie perfectamente lisa y limpia.

La resina cuenta con una fuerte adherencia a la superficies, para facilitar la separación de la pieza del molde, antes de comenzar la aplicación de las capas de resina y fibra se le aplica a la superficie del molde un agente desmoldeante. Pude ser basado en distintos productos como: cera brillante, acetato de celulosa disuelto en acetona, alcohol de polivinilo, algún tipo de láminas de separación, pero el mas común con diferencia es un desmoldeante que tiene como base la cera, porque es mas fácil su aplicación y tiene excelentes propiedades.

A continuación se pasará a la aplicación del “gel-coat”. Es la primera capa de resina en contacto con el exterior y forma la barrera del desgaste de la pieza terminada.

Las funciones de esta primera capa de resina son:

- Proporcionar una capa de resina que proteja la fibra de las influencias externas.
- Ocultar la fibra y presentar una superficie más suave y atractiva.
- Proporcionar las propiedades de superficie requeridas: color, resistencia, abrasión, etc.

Por otro lado, es posible que aparezcan defectos creados por el “gel-coat”, como:

- La formación de un laminado desequilibrado.
- La capa esta de resina esté casi sin soportar, esto puede originar grietas.

Se puede aplicar con una brocha ancha y suave dando largas pinceladas continuas, con una pistola, en aplicación en spray, o con un rodillo de lana. En cualquier caso el objetivo es conseguir una capa de un espesor de 0.2 a 0.5 milímetros. Para lograr este espesor se aplicarán las capas necesarias, esperando que se solidifique cada una antes de aplicar la siguiente.

Cuando ya está seca la capa de “gel-coat”, se comienza con la aplicación de las sucesivas capas de resina y de fibra de vidrio necesarias para lograr el escantillonado calculado. Este proceso se puede efectuar tanto de forma artesanal, como de forma mecánica.

Durante el proceso habrá que poner especial atención en:

- Evitar la aparición de burbujas de aire, pues una vez endurecido el casco, estas burbujas provocarían puntos débiles.
- En el empalme de las distintas piezas de tejido, realizando un solape que garantice suficientemente la unión.

Las capas de resina y de fibra se aplican de forma consecutiva, no es imprescindible esperar a que se endurezcan las anteriores, pero si es aconsejable con espesores muy gruesos, debido al efecto exotérmico que se produce durante el curado.

Este efecto puede afectar tanto al molde como al gel-coat. Lo mas adecuado será detener la laminación cuando se alcanza un espesor de 2 kilogramos de laminado por metro cuadrado.

Una vez laminado el molde teniendo en cuenta los datos de escantillonado, se introducirán en los lugares previstos y calculados los refuerzos (cortados en las medidas establecidas) y se procede a su laminado.

La terminación interior del casco, dependerá mucho de los detalles estéticos (decoración) de la embarcación, tales como pintados o aplicación de resinas de terminación.

Ya finalizada la laminación, y el tiempo de curado de la pieza, se realizará la separación de la misma del molde.

No es fácil, existen varios métodos como:

- Dando la vuelta al molde, de manera que la pieza se separe por efecto del propio peso. Será usado con cascos pequeños.
- Introduciendo aire comprimido o agua entre la superficie interior del molde y la exterior del casco.

A continuación se coloca el casco sobre una “cama” de construcción con sus formas para proceder a la terminación superficial y montaje del resto de los elementos (cubierta, elementos internos y externos del casco), que hemos ido laminando aprovechando los tiempos muertos, que se crean mientras esperamos que la laminación del casco se vaya secando.

7.4. SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN. LLOYD`S REGISTER OF SHIPPING

El cálculo del escantillonado de las estructura de una embarcación puede desarrollarse aplicando las normativas de las diferentes Sociedades de Clasificación.

En nuestro caso hemos elegido la normativa de la Lloyd`s Register of Shipping correspondiente al año 1978.

En este apartado iremos viendo desde las características mecánicas del material, como las restricciones que se establecen, como el cálculo en si del escantillonado, etc.

7.4.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL MATERIAL

En el punto 4.2. de esta normativa, se establecen las características mecánicas del material conseguido tras la laminación y sobre las cuales se han elaborado el conjunto de reglas que la forman. La recogemos en la siguiente tabla:

	N/mm ²	Kgf/mm ²
ESFUERZO MÁXIMO DE TENSIÓN	85.00	8.66
MÓDULO DE TENSIÓN	6350.00	647.00
ESFUERZO MÁXIMO DE FLEXIÓN	152.00	15.50
MÓDULO DE FLEXIÓN	5206.00	531.00
ESFUERZO MÁXIMO DE COMPRESIÓN	117.20	11.90
MÓDULO DE COMPRESIÓN	6000.00	612.00
ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO	62.00	6.32
MÓDULO DEL ESFUERZO CORTANTE	2750.00	280.00
ESFUERZO CORTANTE INTERLAMINAR	17.25	1.76
ESPESOR NOMINAL DE PLACA POR PESO DE REFUERZO	0.7 mm por cada 300 g/m ²	

7.4.2. IMPOSIBILIDAD DE APLICAR EL REGLEMENTO DE LA LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

En el apartado 4.1.2. de la normativa, se presentan una serie de puntos que de cumplirse no se podrá aplicar esta normativa, y son:

- La velocidad exceda de 35 nudos.
- El coeficiente (V/\sqrt{Lwl}) exceda de 10.8.
- El desplazamiento de una embarcación cuyo coeficiente (V/\sqrt{Lwl}) de 3.6 o mayor, exceda de 0.094 ($L^2 - 15.8$) toneladas.
- La eslora de escantillonado exceda de 30 metros.
[L escantillonado = (Lwl + Loa)/ 2]

7.5. APLICACIÓN DE LAS REGLAS DE LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

7.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA EMBARCACIÓN

Listaremos aquellas dimensiones principales que vamos a necesitar para le cálculo del escantillonado.

- **Eslora total (Loa) = 15.16 m.**
- **Eslora en la Flotación (Lwl) = 13.169 m.**
- **Manga (B) = 4.60 m.**
- **Desplazamiento (Δ) = 13.991 T.**
- **Velocidad Máxima = 27 nudos.**

7.5.2. RESTRICCIONES NORMATIVAS

Ya hemos visto en el apartado anterior las restricciones, ahora lo que haremos será aplicarlas a nuestro proyecto en particular.

- *Velocidad máxima menor de 35 nudos.*

La embarcación de nuestro proyecto alcanzará una velocidad máxima de 27 nudos **Cumple** la restricción.

- *El coeficiente V/\sqrt{Lwl} no exceda de 10.8.*

V= velocidad máxima (27 nudos)

Lwl= eslora en la flotación (13.169 m.)

$$V/\sqrt{Lwl} = 27/\sqrt{13.169} = 7.44 < 10.8 \text{ Por lo tanto se } \mathbf{Cumple}.$$

- *El desplazamiento de una embarcación cuyo coeficiente (V/\sqrt{Lwl}) de 3.6 o mayor, exceda de 0.094 ($L^2 - 15.8$) toneladas.*

El coeficiente de esta embarcación es 7.44 y el Desplazamiento aproximado es 13.991 T.

$$0.094 (L^2 - 15.8) = 0.094 (14.164^2 - 15.8) = 17.37 \text{ T.} > 14.97 \text{ T. Se } \mathbf{Cumple}.$$

$$L \text{ escantillonado}(L) = (Lwl + Loa) / 2 = (13.169 + 15.16) / 2 = 14.164 \text{ m.}$$

- *Eslora de escantillonado menor de 30 metros.*

$L \text{ escantillonado}(L) = (Lwl + Loa) / 2 = (13.169 + 15.16) / 2 = 14.164 \text{ m.} < 30 \text{ m.}$
Se **Cumple**.

7.5.3. ESPESOR DEL LAMINADO

Se aplicará lo recogido en los puntos 4.2.2. y 4.2.3. de la normativa, el espesor de una determinada capa de laminado depende de la cantidad de resina que absorbe la fibra empleada:

$$\text{Espesor de una capa de fibra } t = (w / 3072) * [(2.56 / Gc) - 1.36] \text{ (mm)}$$

Donde: **w** es el peso de la capa de refuerzo.
Gc es la fibra contenida en la capa

Este proyecto se realizará alterando tejido chopped stram mat (CDM) y woven roving (WR) los cuales tiene un contenido de fibra en una capa de laminado de:

0.34 % para chopped stram mat.
0.50% para woven roving.

Estos tejidos se presentan en múltiples formatos, dependiendo del peso de refuerzos por metro cuadrado. En este proyecto se usará los que aparecen en la siguiente tabla, a los cuales se les a calculado el espesor según la normativa aplicable.

TIPO F.V.	W (gr/mm ²)	Gc	ESPEORES (mm)
MAT 300	300	0.34	0.60
MAT 450	450	0.34	0.90
MAT 500	500	0.34	1.00
MAT 600	600	0.34	1.20
TEJIDO 450	450	0.50	0.55
TEJIDO 500	500	0.50	0.61
TEJIDO 600	600	0.50	0.75
TEJIDO 800	800	0.50	1.00

7.5.4. LAMINADO DEL CASCO

El laminado del casco tiene que ser una moldura simple o inicialmente moldeado como dos mitades unidas.

La parte exterior del casco tiene que tener una capa de gel- coat.

Donde los cambios de la forma del casco ocurren, como los del límite del espejo de popa o pantoque, el refuerzo será llevado durante y después de la articulación.

El casco será localmente incrementado en grosor para la colocación de la mecha del timón, soporte de hélice, etc.

El incremento del peso del laminado tiene que ser gradualmente reducido al peso normal del laminado y los filos expuestos a cualquier abertura en el laminado del casco, será sellado con resina.

En el cálculo del laminado del casco, se distinguirán tres partes principales que se diferencian por su espesor, estas son:

- Costado o “side” → Comprende la superficie delimitada por la línea de unión costado-cubierta y por una línea paralela a la flotación trazada 15 mm sobre la misma.
- Quilla o “keel” → Se extiende en mayor o menor magnitud a ambos lados de la línea de crujía sobre el fondo de la embarcación.
- Fondo o “botton” → Superficie comprendida entre las dos anteriores.

El peso del casco laminado para embarcaciones de motor, se obtendrá de la tabla 2.5.1. de la normativa Lloyd`s.

La tabla esta en función de las divisiones mencionadas anteriormente y de los valores L escantillonado = 14.164 m., y $V/\sqrt{Lwl} = 7.44$, interpolando tendremos los datos correspondiente a nuestro diseño.

Solo se mostrará la parte de la tabla 2.5.1. de la normativa que nos interesa a nosotros.

PESO DEL LAMINADO DEL CASCO (gr / m²)						
ESLORA (L)	V/\sqrt{Lwl} = 7.2		V/\sqrt{Lwl} = 7.44		V/\sqrt{Lwl} = 9.0	
	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO
14 m.	5450	3550	5510	3576	5900	3750
14.164 m.			5551	3600		
16 m.	5950	3850	6010	3876	6400	4050

Resumiendo:

PESO DEL LAMINADO EN FONDO = 5551 gr / m²

PESO DEL LAMINADO DEL COSTADO = 3600 gr / m²

Laminado del FONDO o BOTTON

El peso mínimo del laminado en esta zona, lo hemos calculado anteriormente y es de 5656 gr/m², el cual podemos conseguir con el siguiente estratificado:

LAMINADO DEL FONDO			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPESOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	450	0.34	0.55
TEJIDO	300	0.5	0.60
MAT	450	0.34	0.55
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	300	0.34	0.60
Nº CAPAS		15	
PESO LAMINADO		7900	
ESPESOR TOTAL		12	

Este peso, al igual que el resto de los pesos para las demás zonas del casco, hay que corregirlo según el punto 4.3.4. de la normativa, siendo Kw lo que llamamos Factor de Corrección y que se calcula de la siguiente manera:

$$Kw = (2.8 * Gc) + 0.16$$

Donde:

Gc = Contenido de fibra en el conjunto del laminado y se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Gc = 2.56 / (3072 * T/W) + 1.36 = 2.56 / (3072 * 12/7900) + 1.36 = 0.4248$$

Siendo:

T = espesor total del laminado.

W = peso total del laminado.

Gc (laminado)	0.4248
Kw	1.3494
PESO INICIAL	5551
PESO LAMINADO CORREGIDO	7490.52 gr/m²

Se obtiene un peso de laminación de **7900 gr/m²** que supera el peso corregido que es **7490.52 gr/m²**, con lo que diremos que el laminado es **acceptable** para satisfacer el peso del laminado corregido exigido por la normativa aplicable en la tabla 2.5.1.

Laminado del COSTADO o SIDE

El peso mínimo calculado con anterioridad gracias a la tabla 2.5.1., es de 3600 gr/m². Realizaremos igual que en el caso del fondo la estratificación de mat y tejido que sea necesaria.

LAMINADO DEL COSTADO			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPESOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	450	0.34	0.55
TEJIDO	300	0.5	0.60
MAT	450	0.34	0.55
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	300	0.34	0.60
Nº CAPAS		11	
PESO LAMINADO		5300	
ESPESOR TOTAL		8	

Aplicando la corrección como en le caso anterior obtenemos:

Gc (laminado)	0.4269
Kw	1.3553
PESO INICIAL	3600
PESO LAMINADO CORREGIDO	4879.08 gr/m²

Con este laminado se obtiene un peso de laminado de **5300 gr/m²** que supera el peso corregido que es **4879.08 gr/m²**, con lo que este laminado es **aceptable** según la normativa aplicable en la tabla 2.5.1.

Laminado de la QUILLA o KEEL

La obtención del peso del laminado de esta zona se realiza según lo recogido en el apartado 5.2.3. de la normativa Lloyd's.

En este apartado se especifica que el peso por metro cuadrado se obtiene incrementando un 50% el peso correspondiente a la zona del fondo correspondiente a una embarcación cuyo V/\sqrt{Lwl} es menor o igual que 3.6. Además, la zona de quilla tendrá una anchura de $25 * L + 300$ mm., siendo L, la eslora de escantillado.

ESLORA (L)	$V/\sqrt{Lwl} \leq 3.6$
	FONDO
14 m.	4250
14.164 m.	4283
16 m.	4650

Interpolando, obtenemos el valor 4283 gr/m², al cual habrá que incrementar un 50%.

- Peso mínimo de la zona de quilla: $4283 * 1.5 = 6424.5$ gr/m²
- Anchura de la zona de quilla: $(25 * 14.164) + 300 = 654$ mm.

También se establece en el punto 5.2.4. que el peso real laminado propuesto no será corregido según 4.3.4., aunque este paso nunca será inferior al corregido de la zona de fondo.

El peso requerido en la zona de quilla es de **6424 gr/m²** y el del fondo es de 7900 gr/m², por lo que, al ser el peso de la quilla inferior al peso del fondo, no se tendrá que realizar un laminado de zona de quilla. Laminando el fondo superponiendo capas en la zona de crujía con un solape igual a la anchura de la zona de quilla, según normativa aplicable, se obtiene un sobre espesor suficiente para esta zona del casco.

7.6. CÁLCULO DE LOS REFUERZOS DEL CASCO

Para el cálculo de refuerzos del casco, la normativa Lloyd's, establece unas reglas generales en cuanto al módulo resistente final que debe tener el mismo. Sin embargo, detalles tales como la morfología del mismo quedan a disposición del criterio del proyectista.

7.6.1. LAMINADO DE LOS REFUERZOS TRANSVERSALES (Varengas y cuadernas)

Hay que tener en cuenta que en el reparto de los refuerzos en la embarcación, tiene que hacerse de forma que no obstaculice la disposición del interior.

Atendiendo a las recomendaciones establecidas en el punto 2.6.2. de la normativa Lloyd's, establecemos el módulo mínimo del refuerzo transversal.

MÓDULO RESISTENTE DE VARENGAS Y CUADERNAS						
(cm³)						
ESPACIADO BÁSICO (mm)	V/\sqrt{Lwl} = 7.2		V/\sqrt{Lwl} = 7.44		V/\sqrt{Lwl} = 9.0	
	VARENGA CENTRO	CUADERNA COSTADO	VARENGA CENTRO	CUADERNA COSTADO	VARENGA CENTRO	CUADERNA COSTADO
425	395	115	403	117	460	130

MÓDULO RESISTENTE DE CENTRO = 403 cm³

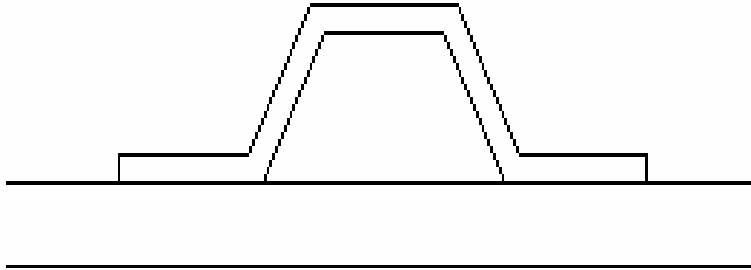
MÓDULO RESISTENTE DE COSTADO = 117 cm³

El módulo obtenido en la tabla 2.6.2. ha de ser corregido según el punto 4.3.5. sección (b) de la normativa, multiplicando por el factor de corrección Kz.

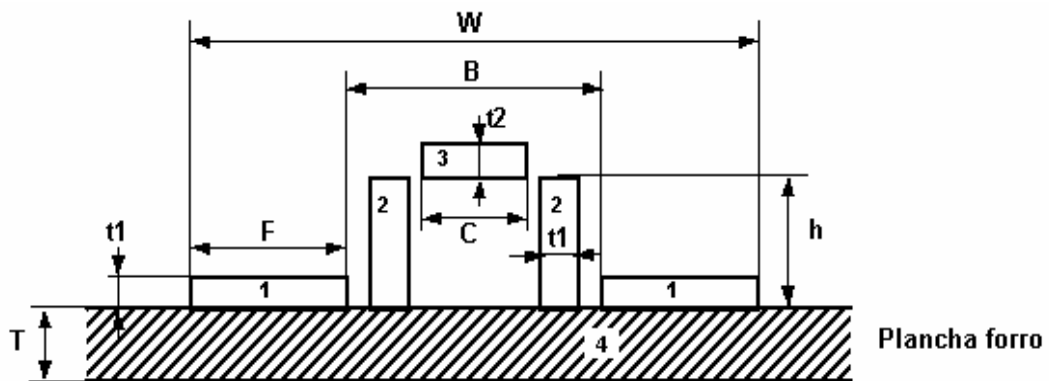
$$Kz = 1 / (15 * Gc^2 - (6 * Gc) + 1.45)$$

La figura del refuerzo es del tipo “sombrero de copa”, que descomponemos en paralelogramos para obtener un modulo resistente apto, con ayuda de una hoja de cálculo.

Refuerzo tipo “Sombrero de Copa” (Figura 7.6.1.1.)



Descomposición en paralelogramos del refuerzo (Figura 7.6.1.2.)



Las dimensiones que veremos en los cálculos que realizaremos a continuación son los que vemos en esta figura 7.6.1.2..

Varengas

DIMENSIONES	
T	12
t1	11
t2	11
C	130
h	130
W	300
F	180

AREA (mm²)	Yg (mm)	A * Yg (mm³)	Ip (mm^L)	Yg²	A*Yg²	I (mm^L)
3960	10,5	41580	39930	110,25	436590	476520
2860	70	200200	4027833,33	4900	14014000	18041833,3
1430	140,5	200915	14419,1667	19740,3	28228558	28242976,7
3600	6	21600	43200	36	129600	172800
11850		464295				46934130

Yg neutra	39,18101266
Y máxima	113,8189873
In. Línea Neutra	28742581,73
Módulo Resistente Real	252528.8829
Gc	0,4021
Kz	0,6165
MÓDULO CORREGIDO	248449,5

Como podemos comprobar el Módulo Corregido es menor que el Módulo Resistente real establecido por la normativa, por lo tanto consideraremos el refuerzo **aceptable**.

Cuadernas

El proceso de cálculo es el mismo que el realizado para la varenga, únicamente varía el Modulo mínimo necesario, que es este caso es 118 cm³.

DIMENSIONES	
T	8
t1	7
t2	7
C	100
h	80
W	210
F	121

AREA (mm ²)	Yg (mm)	A * Yg (mm ³)	Ip (mm ^L)	Yg ²	A*Yg ²	I (mm ^L)
1694	8,5	14399	6917,16667	72,25	122391,5	129308,667
1120	45	50400	597333,333	2025	2268000	2865333,33
700	88,5	61950	2858,33333	7832,25	5482575	5485433,33
1680	4	6720	8960	16	26880	35840
5194		133469				8515915,33

Yg neutra	25,6967655
Y máxima	69,3032345
In. Línea Neutra	5086193,739
Módulo Resistente Real	73390,42363
Gc	0,4021
Kz	0,6165
MÓDULO CORREGIDO	72130,5

Igual que en el caso de la varenga el Módulo Corregido es menor que el Módulo Resistente, por lo tanto podemos afirmar que es **acceptable**.

A continuación se muestra un laminado para el refuerzo transversal de centro y de costado, el primero tiene un espesor de 11 mm. y el segundo un espesor de 7 mm.

LAMINADO VARENGA (CENTRO)			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPESOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	300	0.34	0.60
Nº CAPAS		15	
PESO LAMINADO		7100	
ESPESOR TOTAL		11.5	

LAMINADO CUADERNA (COSTADO)			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPESOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	0.61
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	300	0.34	0.60
Nº CAPAS		11	
PESO LAMINADO		5200	
ESPESOR TOTAL		8.01	

ESPESOR LAMINADO DE VARENGAS = 12 mm.

ESPESOR LAMINADO DE CUADERNAS = 8 mm.

7.6.2. LAMINADO DE LOS REFUERZOS LONGITUDINALES

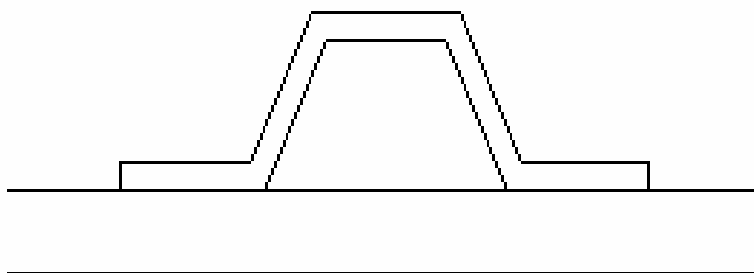
Para realizar estos cálculos tendremos que centrarnos en la tabla 2.6.3. de la normativa, en la cual aparece el módulo resistente para los longitudinales en función de la eslora y el coeficiente V/\sqrt{Lwl} .

MÓDULO DE LONGITUDINALES (cm³)						
ESLORA (L)	$V/\sqrt{Lwl} = 7.2$		$V/\sqrt{Lwl} = 7.44$		$V/\sqrt{Lwl} = 9.0$	
	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO
14 m.	170	135	174	138	200	155
14.164 m.			176	139		
16 m.	195	150	199	153	225	175

Interpolando hemos calculado que:

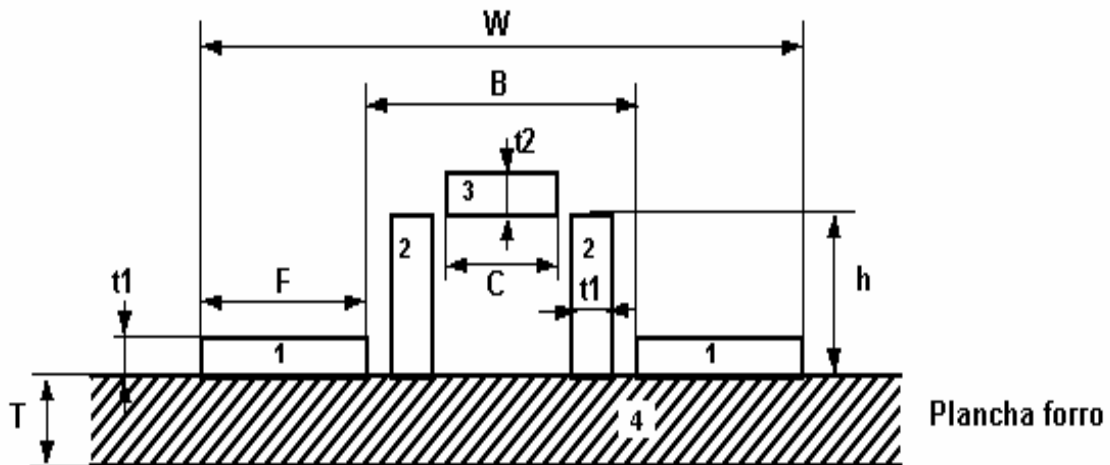
MÓDULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE FONDO = 176 cm³

MÓDULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE COSTADO = 139 cm³



(figura 7.6.2.1.)

Si consideramos que el refuerzo tiene la geometría que vemos en la figura (igual que los refuerzos transversales), podríamos calcular su módulo resistente descomponiéndolo en paralelogramos, y así comprobar si alcanza el módulo requerido en la normativa. La descomposición se realizará del siguiente modo:



(figura 7.6.2.2.)

Haciendo uso de una hoja de cálculo, se puede obtener el módulo resistente para estos refuerzos.

Los datos de partida serán:

- Módulo resistente obtenido en la tabla 2.6.3.
- Dimensiones iniciales.
- Gc laminado de la zona a reforzar.
- Espesor de la zona a reforzar.

El módulo obtenido en la tabla 2.6.3. ha de ser corregido según el punto 4.3.5. sección (b) de la normativa aplicada, multiplicado por el factor de corrección Kz.

$$Kz = 1 / (15 * Gc^2 - (6 * Gc) + 1.45)$$

Donde Gc es el contenido de fibra de vidrio determinado de acuerdo al punto 4.3.4. (b).

Longitudinales del Fondo

DIMENSIONES	
T	12
t1	10
t2	10
C	120
h	80
W	300
F	120

AREA (mm ²)	Yg (mm)	A * Yg (mm ³)	Ip (mm ⁴)	Yg ²	A*Yg ²	I (mm ⁴)
2400	10	24000	20000	100	240000	260000
1600	45	72000	853333,333	2025	3240000	4093333,33
1200	90	108000	10000	8100	9720000	9730000
3600	6	21600	43200	36	129600	172800
8800		225600				14256133,3

Yg neutra	25,63636364
Y máxima	76,36363636
In. Línea Neutra	8472569,697
Módulo Resistente Real	110950,3175
Gc	0,4021
Kz	0,6165
MÓDULO CORREGIDO	108504

Con las condiciones establecidas anteriormente se obtiene un módulo resistente de 110950.317 mm³ que al ser mayor que el módulo corregido (108504 mm³) se aceptan las medidas establecidas para el refuerzo longitudinal del fondo, ya que proporciona un módulo resistente superior al módulo resistente corregido. Por tanto, un refuerzo con estas dimensiones es **acceptable**.

También habrá que tener en cuenta lo fijado en el punto 6.1.4. de la normativa, que establece la necesidad de dejar un sobrante a los lados del núcleo a la hora de laminar,

que nos garantizará una correcta adhesión al laminado del forro. El ancho de este sobrante o solape tiene un valor de 25 mm + 12 mm por cada 600 gr/ m².

$F = 25 + 12 (7900/600) = 183$ mm. En cualquier caso nunca será menor de 50 mm.

Longitudinales de Costado

DIMENSIONES	
T	8
t1	8
t2	8
C	120
h	80
W	300
F	120

AREA (mm ²)	Yg (mm)	A * Yg (mm ³)	Ip (mm ⁴)	Yg ²	A*Yg ²	I (mm ⁴)
1920	9	17280	10240	81	155520	165760
1280	45	57600	682666,667	2025	2592000	3274666,67
960	89	85440	5120	7921	7604160	7609280
2400	4	9600	12800	16	38400	51200
6560		169920				11100906,7

Yg neutra	25,90243902
Y máxima	70,09756098
In. Linea Neutra	6699564,228
Módulo Resistente Real	95574,85502
Gc	0,4021
Kz	0,6165
MÓDULO CORREGIDO	88159,5

Esta claro que el módulo resistente (95574.85 mm³) es mayor que el módulo corregido (88159.5 mm³), por lo tanto cumple lo establecido, diremos que el refuerzo es **acceptable**.

Se debe tener en cuenta la separación entre refuerzos, que se puede establecer según el criterio del proyectista o utilizando la tabla 2.6.3. de la normativa, que da una idea de la separación o “clara” entre refuerzos.

ESLORA (m)	ESPACIADO BÁSICO (mm)
14	420
14.164	420
16	430

En nuestro proyecto hemos decidido teniendo en cuenta este dato que hemos conseguido extrapolando en función de la eslora de escantillonado, que la separación entre refuerzos sea de 225.

ESPACIADO BÁSICO ENTRE REFUERZOS = 425 mm

Por último, mostraremos el laminado apto para el refuerzo longitudinal de fondo y de costado, el primero tiene un espesor de 10 mm. y el segundo de 8 mm.

LAMINADO REFUERZO LONGITUDINAL FONDO			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPESOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	300	0.34	0.60
Nº CAPAS		15	
PESO LAMINADO		6700	
ESPESOR TOTAL		10.7	

LAMINADO REFUERZO LONGITUDINAL COSTADO			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPEJOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	500	0.5	0.61
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	0.61
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	500	0.5	0.61
MAT	300	0.34	0.60
N° CAPAS		11	
PESO LAMINADO		5300	
ESPEJOR TOTAL		8.13	

ESPEJOR LAMINADO LONGITUDINAL DE FONDO = 11 mm.

ESPEJOR LAMINADO LONGITUDINAL DE COSTADO = 9 mm.

7.6.3. LAMINADO DE CUBIERTA

Normalmente la cubierta de este tipo de embarcaciones tiene una construcción tipo “sándwich”, sin embargo en nuestro proyecto se procederá al escantillonado para la construcción en laminado monolítico.

Seguiremos el mismo método que hemos usado en los cálculos anteriores.

El peso por metro cuadrado del laminado necesario viene recogido en la tabla 2.7.1. de la normativa que será calculado a continuación:

ESLORA (m)	ESPACIADO BÁSICO DEL BAO (m)	PESO DE LA CUBIERTA (gr/m ²)
14	420	2250
14.164	425	2300
16	430	2350

El peso del Laminado en Cubierta es: 2300 gr/m²

Este peso, como en el resto, tiene que ser corregido, multiplicándolo por el factor de corrección Kw, según el punto de la normativa 4.3.4. sección (b), donde:

$$K_w = (2.8 * G_c) + 0.16$$

$$G_c = 2.56 / [(3072 T / W) + 1.36]$$

En la siguiente tabla se recoge un posible laminado para conseguir un peso de laminado igual o mayor que el hallado en la tabla 2.7.1. de la normativa Lloyd's.

LAMINADO DE LA CUBIERTA			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m ²)	G _c	ESPESOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	500	0.5	0.61
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	500	0.5	0.61
MAT	300	0.34	0.60
Nº CAPAS		7	
PESO LAMINADO		3050	
ESPESOR TOTAL		4.97	

G _c (laminado)	0.4021
K _w	1.2860
PESO INICIAL	2300
PESO LAMINADO CORREGIDO	2957.8

Espesor del laminado en Cubierta: 5 mm

Puesto que el peso laminado (3050 gr/m²) supera el peso corregido (2957.8 gr/m²), consideramos el laminado en cubierta **aceptable**.

Laminado de refuerzos Longitudinales de Cubierta. Esloras

Para dotar de mayor resistencia a la cubierta y por extensión al resto del casco, se dispondrán de una serie de refuerzos longitudinales en cubierta, denominados esloras. El módulo mínimo necesario de estos refuerzos se recoge en la tabla 2.7.3. de la normativa.

MÓDULO DE LA ESLORA POR METRO DE MANGA DE LA CUBIERTA APOYADA (cm ³)	
ESLORA (m)	LONGITUDINAL DE LA ESLORA 1.8 m. MÓDULO (cm³)
14	79
14.164	79.2
16	82

MÓDULO RESISTENTE DE ESLORA = 79 cm³

El módulo obtenido será corregido según el punto 4.3.5., sección (b) de la normativa, multiplicándolo por el factor de corrección Kz, donde Gc es el contenido de fibra de vidrio determinado de acuerdo con 4.3.4. (b).

$$Kz = 1 / (15 * Gc^2 - (6 * Gc) + 1.45)$$

Utilizando la hoja de cálculo como en los cálculos anteriores, obtendremos el refuerzo longitudinal para la cubierta

DIMENSIONES	
T	5
t1	9
t2	9
C	100
h	80
W	210
F	100

AREA (mm ²)	Yg (mm)	A * Yg (mm ³)	Ip (mm ^L)	Yg ²	A*Yg ²	I (mm ^L)
1800	9,5	17100	12150	90,25	162450	174600
1440	45	64800	768000	2025	2916000	3684000
900	89,5	80550	6075	8010,25	7209225	7215300
1050	2,5	2625	2187,5	6,25	6562,5	8750
5190		165075				11082650

Yg neutra	31,80635838
Y máxima	62,19364162
In. Linea Neutra	5832215,39
Módulo Resistente Real	93775,10688
Gc	0,4021
Kz	0,6165
MÓDULO CORREGIDO	48703,5

Las dimensiones establecidas proporcionan un módulo resistente de 93775.106 mm³, el cual es superior al módulo corregido por la normativa que tiene un valor de 48703.5 mm³, por lo tanto consideramos la morfología el refuerzo **aceptable**.

Laminado de refuerzos Transversales de Cubierta. Baos

El escantillonado de los baos de cubierta está establecido en la tabla 2.7.2. de la normativa, en función de la longitud máxima de panel no soportado en la zona de cubierta.

Habrà que tener en cuenta la posición de las esloras de cubierta, y a partir de ahì poder decidir que la longitud de panel sin soporte serà un metro.

A continuaci3n veremos los càlculos como en los escantillonados anteriores.

ESLORA (m)	M3DULO DEL BAO (cm ³)		
	LONGITUD DEL BAO (m)		
	0.9 y menores	1	1.2
14	8	10.33	15
14.164	8.265	10.412	15.265
16	9	11.33	16

M3DULO RESISTENTE DEL BAO = 10.4 cm³

Este m3dulo habrà que corregirlo segùn el punto 4.3.5. secci3n (b) de la normativa, multiplicàndolo por el factor de correcci3n Kz.

$$Kz = 1 / (15 * Gc^2 - (6* Gc) + 1.45)$$

Utilizando la hoja de càlculo obtenemos el siguiente refuerzo transversal para la cubierta:

DIMENSIONES	
T	5
t1	3
t2	3
C	50
h	50
W	300
F	100

ELEMENTO	AREA (mm ²)	Yg (mm)	A * Yg (mm ³)	Ip (mm ⁴)	Yg ²	A*Yg ²	I (mm ⁴)
1	600	6,5	3900	450	42,25	25350	25800
2	300	30	9000	62500	900	270000	332500
3	150	56,5	8475	112,5	3192,25	478837,5	478950
4	1500	2,5	3750	3125	6,25	9375	12500
TOTAL	2550		25125				849750

Yg neutra	9,85
Y máxima	48,15
In. Linea Neutra	602194,85
Módulo Resistente Real	12507,40684
Gc	0,4021
Kz	0,6837
MÓDULO CORREGIDO	6411.6

Las dimensiones que hemos utilizado en el refuerzo proporcionan un módulo resistente de 12507.41 mm³, el cual es superior al módulo corregido, por tanto se considera la morfología del refuerzo como **acceptable**.

Las siguientes tablas mostrarán el posible laminado para ambos refuerzos:

LAMINADO REFUERZO LONGITUDINAL DE CUBIERTA			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPELOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	500	0.5	0.61
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	0.61
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	500	0.5	0.61
MAT	300	0.34	0.60
N° CAPAS		11	
PESO LAMINADO		6000	
ESPELOR TOTAL		9.03	

LAMINADO DE BAOS			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPESOR (mm)
MAT	300	0.34	0.60
TEJIDO	500	0.5	0.61
MAT	500	0.34	1.00
TEJIDO	450	0.5	0.55
MAT	500	0.34	1.00
Nº CAPAS		5	
PESO LAMINADO		2250	
ESPESOR TOTAL		3.76	

ESPESOR LAMINADO DE LAS ESLORAS = 9 mm

ESPESOR LAMINADO DE LOS BAOS = 4 mm

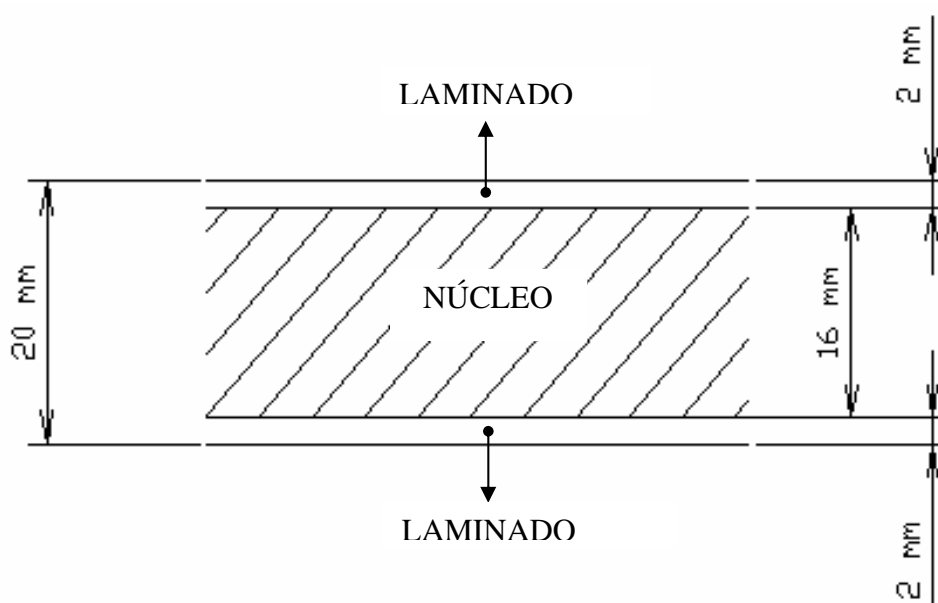
7.6.4. LAMINADO DE MAMPAROS TRANSVERSALES

Los mamparos transversales se fabrican con un laminado tipo “sándwich”, que consta de dos laminados monolíticos y un núcleo intermedio. El núcleo puede ser de varios materiales como: madera marina, madera de balsa, Money corn o panel de abeja, PVC (policloruro de vinilo), etc...

En este caso se utilizará para el núcleo el PVC que proporciona un módulo resistente apto y también un peso bajo; la densidad de este será de 96 Kg/ m³.

El espesor de los mamparos será de 20 mm, 16 mm para el núcleo y 2 + 2 mm para el laminado monolítico (fig. 7.6.4.1.).

(figura 7.6.4.1.)



La siguiente tabla muestra el laminado apto para la fabricación de las capas de laminado que constituyen el “sándwich”:

LAMINADO SANDWICH			
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	Gc	ESPEJOR (mm)
MAT	800	0.34	1.00
TEJIDO	800	0.5	1.00
MAT	300	0.34	0.60
N° CAPAS			3
PESO LAMINADO			1900
ESPEJOR TOTAL			2.6

ESPEJOR DEL LAMINADO SANDWICH = 3 mm.

8. CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD.

8.1. PESO DEL CASCO

Antes del estudio de pesos que realizaremos para comprobar la estabilidad de la embarcación, tendremos que conocer el peso y la posición del centro de gravedad del casco sin ningún tipo de equipamiento, motores, mobiliario, ect.

Nos apoyaremos en los datos obtenidos en el apartado 7: Escantillonado.

Mediante el programa Maxsurf , que se utilizó para el diseño del casco, extraeremos las superficies y c.d.g. de cada zona del casco:

SUPERFICIES	ÁREA (m²)	LCG (m)	KCG (m)
Costados	47.573	8.013	1.441
Fondo	46.541	6.142	0.384
Codillo	4.780	6.262	0.600
Total	98.894	7.048	0.903

Conociendo el peso necesario por metro cuadrado de cada zona (Apartado 7: Escantillonado) y también la superficie real de cada zona (extraído de maxsurf), podemos averiguar el peso.

Por otro lado también es necesario conocer la posición del centro de gravedad de cada zona.

Debemos de tener en cuenta, que el fondo comprende, desde la línea de crujía hasta una línea trazada paralela a la flotación 150 milímetros sobre la misma.

Con lo cuál, el codillo se encuentra dentro de la superficie del fondo y por ese motivo, los datos anteriores varían de la manera siguiente:

SUPERFICIES	ÁREA (m²)	LCG (m)	KCG (m)
Costados	47.573	8.013	1.441
Fondo +Codillo	51.321	6.153	0.404
TOTAL	98.894	7.048	0.903

También tendremos que contabilizar la zona de la quilla y la roda, que como se ha visto en el capítulo de Escantillonado, se lamina alternando capas que conforman el fondo en la zona de crujía consiguiendo así un sobre-espesor que hace las funciones de quilla. Conociendo la anchura transversal de este sobre espesor que es de 663.25 mm (definida también en el capítulo anterior) y multiplicándolo por la eslora de quilla ,obtendremos la superficie de quilla más roda.

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Quilla/Roda	9.63	5.981	0.405

Una vez calculados estos datos, conociendo el peso del laminado por metro cuadrado y multiplicando por la superficie, obtendremos el peso de cada una de las zonas y por tanto el peso total del casco vacío. Habrá que tener en cuenta el peso de la resina que absorbe la fibra durante el curado, el cual viene dada por el coeficiente G_c.

Cuadro Resumen de los Datos

PESO DEL CASCO "DESNUDO" (sin estructura resistente)								
Zona	Superficie (m ²)	Peso laminado (Kgr/m ²)	G _c	Peso total (Kgr)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Costados	47.573	5.300	0.4169	604.790	8.013	4846.182	1.441	871.502
Fondo/Codillo	51.321	7.900	0.4248	954.416	6.153	5872.522	0.404	385.584
Quilla/Roda	9.63	6.534	0.4248	148.122	5.981	885.917	0.405	59.989
TOTAL				1707.328	6.796		0.771	

8.2. PESO DE LA CUBIERTA

Para efectuar este cálculo se va ha descomponer la cubierta en zonas:

- Cubierta Principal
- Pasillos laterales
- Cubierta de la Bañera
- Cubierta puesto de gobierno
- Cubierta de Habilitación

Para realizar los cálculos de las cubiertas se ha utilizado el programa Rhinoceros, obteniendo así sus áreas y sus centros de gravedad.

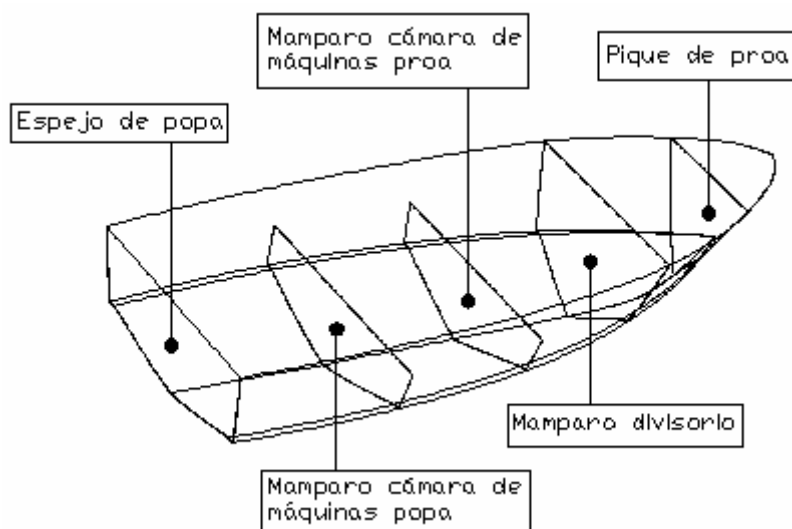
Cuadro Resumen de los Datos

PESO DE LA CUBIERTA								
Zona	Superficie (m²)	Peso laminado (Kgr/m²)	Gc	Peso total (Kgr)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Cubierta principal+Pasillos	26.910	3.050	0.4021	204.12	8.837	1803,783	2.108	430,279
Cubierta bañera	14.768	3.050	0.4021	112.02	2.207	247,223	1.825	204,432
Cubierta p. Gobierno	13.570	3.050	0.4021	102.93	7.237	744,910	2.071	213,169
Cubierta habitación	12.990	3.050	0.4021	98.53	8.150	803,031	0.400	39,412
TOTAL				517,60	6,953		1,714	

8.3. PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES

La superficie en metros cuadrados de los distintos mamparos transversales se han realizado con la ayuda del programa Rhiniceros, al igual que su posición.

Según lo estipulado en el Apartado 7: Escantillonado, los mamparos se fabricarán con un laminado tipo “sándwich” de 16 mm de espesor, para en núcleo de PVC (densidad: 96 kg/m³) y 2 + 2 mm para las capas monolíticas.



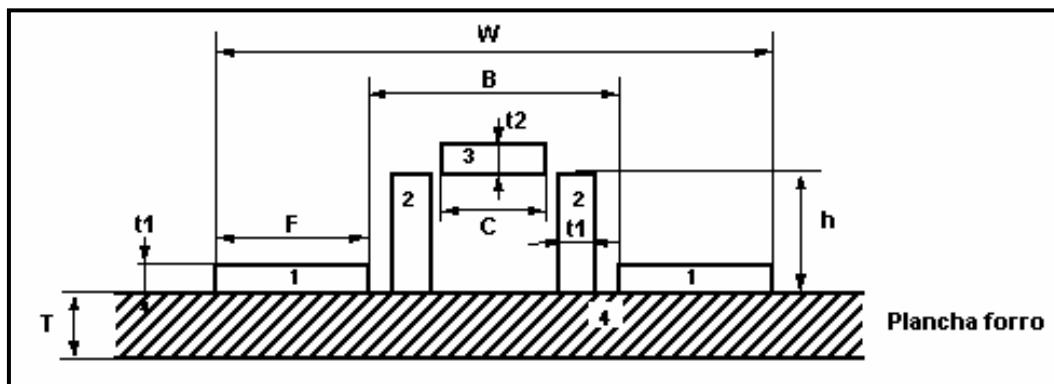
Cuadro Resumen de los Datos

PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES											
MAMPARO	Superficie (m ²)	Espesor PVC (m)	Densidad PVC (Kg/m ³)	Peso PVC (Kg)	Peso laminado (Kg/m ²)	Gc	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Pique de proa	1,680	0,016	96,000	2,580	1,900	0,402	10,521	1,366	14,371	1,810	19,043
Cam. proa	5,770	0,016	96,000	8,863	1,900	0,402	36,134	11,410	412,287	1,393	50,334
Cam. popa	6,860	0,016	96,000	10,537	1,900	0,402	42,960	7,300	313,607	1,214	52,153
CC.MM proa	6,350	0,016	96,000	9,754	1,900	0,402	39,766	5,300	210,760	1,159	46,089
CC.MM popa	5,490	0,016	96,000	8,433	1,900	0,402	34,380	2,300	79,075	1,092	37,543
Espejo popa	5,080	0,016	96,000	7,803	1,900	0,402	31,813	0,153	4,867	0,156	4,963
TOTAL							195,574	5,292		1,074	

8.4. PESO DE LOS REFUERZOS

Partiendo de la geometría de refuerzo utilizada (ver siguiente croquis), se procederá a calcular la anchura del laminado en función de las medidas del núcleo en un corte transversal, esta anchura se multiplicará por el peso laminado de cada refuerzo.

Posteriormente, se multiplicara por la longitud del mismo para conocer así la superficie laminada que supone el refuerzo. Una vez conocida esta, basta con seguir el mismo procedimiento usado anteriormente. Se tendrá en cuenta que las posiciones de los centros de gravedad de los refuerzos de cada zona serán muy aproximados al centro de gravedad de cada zona en la que estén situados, puesto que estarán repartidos de forma uniforme en cada una de esta zonas.



Longitudinales del fondo

Dimensiones del refuerzo:

DIMENSIONES (mm)	
T	12
t1	10
t2	10
C	120
h	80
W	300
F	120

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 520 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$6,7 \text{ kg/m}^2 * 0,52 \text{ m} = \mathbf{3.48 \text{ kg/m.}}$$

Longitudinales de costado

Dimensiones del refuerzo :

DIMENSIONES (mm)	
T	8
t1	8
t2	8
C	120
h	80
W	300
F	120

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 520 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$5.3 \text{ kg/m}^2 * 0,52 \text{ m} = \mathbf{2,756 \text{ kg/m.}}$$

Varengas

Dimensiones :

DIMENSIONES (mm)	
T	12
t1	11
t2	11
C	130
h	130
W	300
F	180

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 750 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$7,1 \text{ kg/m}^2 * 0,75 \text{ m} = \mathbf{5,325 \text{ kg/m.}}$$

Cuadernas

Dimensiones :

DIMENSIONES (mm)	
T	8
t1	7
t2	7
C	100
h	80
W	210
F	120

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 500 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$5,2 \text{ kg/m}^2 * 0,5 \text{ m} = \mathbf{2,6 \text{ kg/m}}$$

Esloras

Dimensiones :

DIMENSIONES (mm)	
T	5
t1	9
t2	9
C	100
h	80
W	210
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 460 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$6,0 \text{ kg/m}^2 * 0,46 \text{ m} = \mathbf{2,76 \text{ kg/m.}}$$

Baos

Dimensiones :

DIMENSIONES (mm)	
T	5
t1	3
t2	3
C	50
h	50
W	300
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 350 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$2,25 \text{ kg/m}^2 * 0,35 \text{ m} = \mathbf{0,787 \text{ kg/m.}}$$

El peso total y centro de gravedad de los refuerzos estructurales del casco son :

PESO DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES DEL CASCO					
REFUERZOS	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Long. Fondo	578,522	6,259	3620,969	0,421	243,558
Long. Costado	235,887	7,993	1885,445	1,377	324,816
Varenga	607,870	8,150	4954,141	2,071	1258,899
Cuaderna	438,510	7,714	3382,666	1,345	589,796
Bao	213,830	6,884	1472,006	1,989	425,308
Esloras	690,410	8,837	6101,153	2,108	1455,384
TOTAL	2765,029	7,745		1,554	

8.5. TABLA DE PESOS Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA EMBARCACIÓN

A continuación se expone en una tabla los pesos y centro gravedad de lo demás elementos que se instalarán en la embarcación.

Esta tabla se ha realizado de una forma muy rigurosa de manera que los datos que se han obtenido son los definitivos en la embarcación. Es decir, para los pesos se han tomados los datos de los distintos elementos de distintos catálogos existentes en el mercado y referente a los datos de posición de los centros de gravedad de los distintos elementos que se han ido disponiendo en la embarcación, se han tomado las medidas de su posición exacta en la embarcación en los planos realizados para ello.

Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.

CÁLCULO DE PESOS y CENTRO DE GRAVEDAD								
Pique de proa	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Ancla principal	33,000	0,000	14,990	1,895		0,000	494,670	62,535
Cadena + estacha	70,000	0,000	14,010	1,601		0,000	980,700	112,070
Molinete	35,000	0,000	14,154	1,899		0,000	495,390	66,465
Camarote Proa	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Cama	50,000	0,000	12,788	1,160		0,000	639,400	58,000
Armarios	45,000	0,000	11,554	1,510		0,000	519,930	67,950
Accesorios	20,000	0,000	11,808	1,570		0,000	236,160	31,400
Cocina	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Nevera-congelador	30,000	0,724	8,739	0,653		21,720	262,170	19,590
Cocina eléctrica	5,000	0,613	8,738	1,001		3,065	43,690	5,005
Fregadero	5,000	0,874	8,055	0,653		4,370	40,275	3,265
Encimera/Muebles cocina	45,000	0,623	8,347	0,933		28,035	375,615	41,985
Cuarto de baño	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Mamparo baño proa	20,000	0,698	11,400	1,651		13,960	228,000	33,020
Mamparo baño popa	18,000	0,609	10,020	1,651		10,962	180,360	29,718
Mamparo baño longitudinal	15,000	0,094	10,751	1,651		1,410	161,265	24,765
Suelo	6,000	0,593	10,772	0,349		3,558	64,632	2,094
Cabina ducha	45,000	0,931	10,386	1,249		41,895	467,370	56,205
Módulo Inodoro	20,000	0,185	10,170	0,749		3,700	203,400	14,980
Módulo lavabo	15,000	0,833	11,328	1,049		12,495	169,920	15,735
Aseo para perro	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Mamparo aseo proa	12,000	0,706	10,020	1,651		8,472	120,240	19,812
Mamparo aseo popa	14,000	0,706	9,030	1,651		9,884	126,420	23,114
Mamparo aseo longitudinal	14,000	0,094	9,525	1,651		1,316	133,350	23,114
Inodoro para perro	45,000	0,709	9,547	1,249		31,905	429,615	56,205
Salón	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Sofá madera + Tambucho	90,000	-0,953	10,221	1,005		-85,770	919,890	90,450
Mesa con soporte telescópico	22,000	-0,599	10,377	0,875		-13,178	228,294	19,250
Mesa soporte televisor	17,000	-0,554	9,174	0,653		-9,418	155,958	11,101
Equipo Hi-Fi	3,000	-0,554	9,174	0,653		-1,662	27,522	1,959
Sofa	90,000	-0,924	8,565	1,010		-83,160	770,850	90,900
Escalera	15,000	0,000	8,374	0,805		0,000	125,610	12,075
Camarote de popa (1)	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Cama a estribor	30,000	-0,935	6,207	0,749		-28,050	186,210	22,470
Cama a babor	30,000	0,935	6,207	0,749		28,050	186,210	22,470
Armario	45,000	0,811	7,392	1,100		36,495	332,640	49,500
Accesorios	20,000	0,000	6,471	1,540		0,000	129,420	30,800
Mesita	15,000	0,000	5,760	0,681		0,000	86,400	10,215

Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.

Cámara Maquinas	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Motor Er	850,000	-0,481	4,432	0,772		-408,850	3767,200	656,200
Motor Br	850,000	0,481	4,432	0,772		408,850	3767,200	656,200
Baterías	100,000	-0,476	2,400	0,572		-47,600	240,000	57,200
Eje/Hélice/Timón Er	160,000	-0,481	3,182	0,172		-76,960	509,120	27,520
Eje/Hélice/Timón Br	160,000	0,481	3,182	0,172		76,960	509,120	27,520
Tanque combustible Er	80,000	-0,400	3,323	0,772		-32,000	265,840	61,760
Tanque combustible Br	80,000	0,400	3,323	0,772		32,000	265,840	61,760
Aislamiento mamparo proa	3,000	0,000	5,300	0,911		0,000	15,900	2,733
Aislamiento mamparo popa	3,000	0,000	2,300	0,844		0,000	6,900	2,532
Aislamiento costados	5,500	0,000	3,390	0,859		0,000	18,645	4,725
A. techo cámara máquinas	5,000	0,000	3,390	1,560		0,000	16,950	7,800
Puesto de gobierno	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Panel instrumentos	50,000	-1,213	8,646	2,118		-60,650	432,300	105,900
Asiento gobierno	40,000	-0,939	6,734	1,982		-37,560	269,360	79,280
Asiento/tambuchos Br	90,000	1,231	6,308	1,981		110,790	567,720	178,290
Tambucho Er	45,000	-0,948	5,693	1,911		-42,660	256,185	85,995
Bisera	315,000	0,000	6,837	2,443		0,000	2153,655	769,545
Cubierta puesto gobierno	102,930	0,000	7,237	2,071		0,000	744,904	213,168
Cubierta	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Pasa manos	50,000	0,000	8,500	3,000		0,000	425,000	150,000
Elementos de amarre	20,000	0,000	7,050	2,073		0,000	141,000	41,460
Luces de navegación	6,000	0,000	6,800	2,000		0,000	40,800	12,000
Esc. ventilación cam. proa	8,000	0,000	13,521	2,100		0,000	108,168	16,800
Esc. ventilación baño perro	6,000	0,594	8,600	2,100		3,564	51,600	12,600
Esc. ventilación salón	8,000	0,000	11,211	2,100		0,000	89,688	16,800
Esc. ventilación baño	6,000	0,594	8,600	2,100		3,564	51,600	12,600
Nevera-Armario	50,000	1,184	5,030	1,900		59,200	251,500	95,000
Colchonetas solarium+ Tarima	20,000	-0,618	1,707	1,740		-12,360	34,140	34,800
Mesa comedor	25,000	-0,640	3,957	1,900		-16,000	98,925	47,500
Dinette	80,000	-0,212	3,800	1,900		-16,960	304,000	152,000

Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.

Estructura y otros	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Casco	1770,328	0,000	6,897	0,771		0,000	12209,952	1364,923
Cubierta principal	204,120	0,000	8,837	2,108		0,000	1803,808	430,285
Cubierta Camarote de Proa	8,260	0,000	11,875	0,480		0,000	98,088	3,965
Cubierta habilitación	98,530	0,000	8,150	1,400		0,000	803,020	137,942
Longitudinales fondo	578,522	0,000	6,259	0,421		0,000	3620,969	243,558
Longitudinales costado	235,887	0,000	7,993	1,377		0,000	1885,445	324,816
Esloras	690,410	0,000	8,837	2,108		0,000	6101,153	1455,384
Varenga	607,870	0,000	8,150	2,071		0,000	4954,141	1258,899
Cuaderna	438,510	0,000	7,714	1,345		0,000	3382,666	589,796
Cubierta P. Gobierno	102,930	0,000	7,237	2,071		0,000	744,904	213,168
Cubierta Bañera	112,020	0,000	2,207	1,825		0,000	247,228	204,437
Espejo de Popa	147,241	0,000	5,670	1,446		0,000	834,856	212,910
Baos	231,637	0,000	6,884	1,989		0,000	1594,589	460,726
Mamparo pique proa	10,521	0,000	13,660	1,810		0,000	143,717	19,043
Mamparo camarote proa	36,134	0,000	11,410	1,393		0,000	412,289	50,335
Mamparo camarote popa	42,960	0,000	7,300	1,214		0,000	313,608	52,153
Mamparo proa cámara máquinas	39,766	0,000	5,300	1,159		0,000	210,760	46,089
Mamparo popa cámara máquinas	34,380	0,000	2,300	1,092		0,000	79,074	37,543
Tanque agua potable	60,000	0,000	5,300	0,240		0,000	318,000	14,400
Aumento 15% pesos bajos	950,000	0,000	5,500	0,450		0,000	5225,000	427,500
Aumento 8% pesos altos	465,240	0,000	5,500	0,180		0,000	2558,820	83,743
Tanque aguas residuales	60,000	0,000	6,780	0,240		0,000	406,800	14,400
ROSCA	11082,696					-16,618	72873,724	12363,919

XG en Rosca	-0,001
LG en Rosca	6,575
KG en Rosca	1,116

Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.

Pesos a plena Carga	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Tanque combustible Br (500 litros)	425,000	0,400	3,323	0,772		170,000	1412,275	328,100
Tanque combustible Er (500 litros)	425,000	-0,400	3,323	0,772		-170,000	1412,275	328,100
Tanque agua potable (400 litros)	400,000	0,000	5,300	0,240		0,000	2120,000	96,000
Tanque aguas residuales	0,000	0,000	6,780	0,240		0,000	0,000	0,000
Tripulantes	450,000	0,000	2,260	2,228		0,000	1017,000	1002,600
Pertrechos	150,000	0,000	2,260	2,228		0,000	339,000	334,200
SALIDA PUERTO PLENA CARGA	12932,696					224,625	79174,274	14452,919

XG a Plena Carga	0,017
LG a Plena Carga	6,122
KG a Plena Carga	1,118

Pesos 10% Consumo	Peso	Xg	Lg	Kg		Mto a X	Mto a L	Mto a K
Tanque combustible Br (500 litros)	42,500	0,400	3,323	0,572		17,000	141,228	24,310
Tanque combustible Er (500 litros)	42,500	-0,400	3,323	0,572		-17,000	141,228	24,310
Tanque agua potable (400 litros)	40,000	0,000	5,300	0,120		0,000	212,000	4,800
Tanque agua residuales	30,000	0,000	6,780	0,120		0,000	203,400	3,600
Tripulantes	450,000	0,000	2,260	2,228		0,000	1017,000	1002,600
Pertrechos	15,000	0,000	2,260	2,228		0,000	33,900	33,420
LLEGADA PUERTO 10% CONSUMO	11702,696					224,625	74622,479	13456,959

XG a 10% Consumo	0,019
LG a 10% Consumo	6,377
KG a 10% Consumo	1,150

9. PREDICCIÓN DE POTENCIA

El fin de este apartado es comprobar si el diseño es favorable desde el punto de vista de el comportamiento de la embarcación durante la navegación en régimen de planeo. Se desarrollara un estudio de la resistencia al avance en planeo de la embarcación, con el fin de conocer la potencia necesaria para conseguir la velocidad requerida por el cliente.

9.1 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA EN PLANEAMIENTO MEDIANTE EL MÉTODO DE SAVISTKY

El factor mas importante a tener en cuenta para alcanzar la condición de planeo y una navegación optima es el valor de la potencia que instalemos a bordo.

Aplicando el método de Savistky, calcularemos la potencia en función de la resistencia que opone el agua al avance de la embarcación. Es importante señalar que con este método no se tienen en cuenta la resistencia de los apéndices, ya que en el caso de motoras como es el nuestro, existe una ausencia casi total de elementos que sobresalgan del casco disminuyendo sensiblemente la posibilidad de algún error.

Este método esta indicado para el cálculo de la resistencia al avance en embarcaciones que navegan en régimen de planeo, por lo tanto, los parámetros a utilizar en los cálculos variaran en cuanto a dimensiones y parámetros de la embarcación cuando flota en reposo o navega en régimen de desplazamiento.

Con los datos de partida y la formulación a seguir para su correcta aplicación.

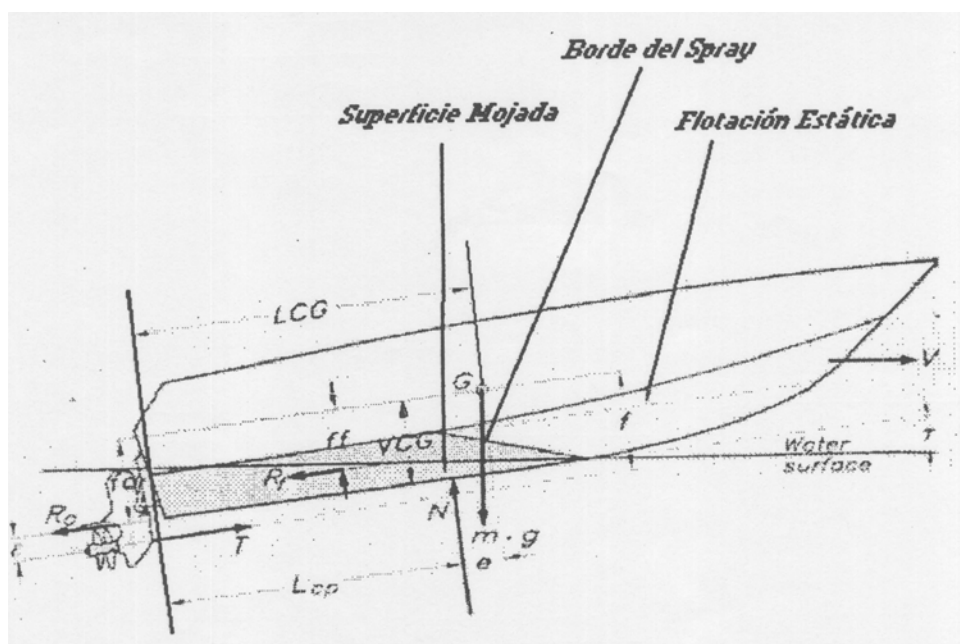
M	Masa desplazada en Kg
LCG	Distancia longitudinal desde popa al c.d.g. en metros
VCG	Distancia vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)
B	Manga máxima entre pantoques en metros
ϵ	Inclinación del eje relativa a la línea base
B	Ángulo de astilla muerta (valor medio entre popa y la seccion en c.d.g.)
F	Distancia entre el eje y el c.d.g. en metros
V	Velocidad en m/s
φ	1025 kg/m ³

MÉTODO DE SAVITSKY

<p>1- Calcular el Coeficiente de velocidad C_v</p>	$C_v = \frac{V}{\sqrt{(g \cdot b)}}$
<p>2- Calcular el Coeficiente de Sustentación</p>	$C_{L\beta} = \frac{m \cdot g}{(0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot b^2)}$
<p>3- Computar el Coeficiente de Sustentación para fondos rectos C_{L0} mediante ensayo y error, dando valores a β entre 10° y 30°.</p>	$C_{L\beta} = C_{L0} - 0.0065 \cdot \beta \cdot C_{L0}^{0.6}$ <p>Asumir un valor de ángulo de trimado, τ (por ejemplo 4°), llamado τ_1</p>
<p>4- Computar la relación de eslora mojada-manga, λ, utilizando la siguiente formula por ensayo y error (calcular λ para obtener el C_{L0} obtenido en el punto 4).</p>	$C_{L0} = \tau^{1.1} \cdot \left(0.012 \cdot \lambda^{0.5} + 0.0055 \cdot \frac{\lambda^{2.5}}{C_v^2} \right)$
<p>5- Calcular la eslora media mojada, L_m, y obtener el número de Reynolds (Rn) usando L_m.</p>	$\lambda = \frac{L_m}{b}$
<p>6- Calcular el coeficiente de fricción según formula de ITTC.</p>	$C_f = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$
<p>7- Hallar el incremento de λ debido al spray, $\Delta\lambda$ usando la gráfica 3 y obtener la resistencia por fricción R_f.</p>	$R_f = \frac{C_f \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot (L + \Delta\lambda) \cdot b^2}{\cos \beta}$
<p>8- . Calcular el brazo de palanca ff para la R_f relativo al centro de gravedad, según la formula:</p>	$ff = VCG - \left(\frac{b}{4} \right) \cdot \tan \beta$

<p>9- Calcular la posición longitudinal del centro de presión Lcp (distancia medida desde el espejo de popa), asumiendo que L_w es igual a L_m para fondos con astilla muerta.</p>	$\frac{L_{cp}}{L_w} = 0.75 - \frac{1}{\frac{5.21 \cdot C_v^2}{\lambda^2} + 2.39}$
<p>10- Calcular el brazo de palanca para la fuerza de presión, e, como diferencia entre LCG y Lcp</p>	$e = LCG - Lcp$
<p>11- Calcular el momento de cabeceo resultante M en Newton por metros (Nm), como suma de los momentos Mh (originados por N y el brazo e) y Mf (originado por Rf y el brazo ff)</p>	$Mh = g \cdot m \cdot \left[\frac{e \cdot \cos(\tau + \varepsilon)}{\cos \tau} - f \cdot \frac{\text{sen} \cdot}{\cos \varepsilon} \right] \cdot$ $Mf = R_f \cdot \left(ff - e \cdot \tan \varepsilon - \frac{f}{\cos \varepsilon} \right)$ $M = Mh + Mf$
<p>12- Dado que el ángulo de trimado se ha elegido de manera aleatoria, lo normal es que el momento resultante sea distinto de cero, con lo que es necesario variarlo para conseguir el equilibrio. Es necesario pues, volver al punto 5 y repetir los cálculos con otro valor de τ, (llamado τ_2), teniendo en cuenta que si el momento resultante es negativo debemos incrementar τ y si es positivo reducirlo.</p>	
<p>13- Calcular el trimado de equilibrio τ_0, como interpolación lineal</p>	$\tau_0 = \tau_1 - \frac{M_1 \cdot (\tau_2 - \tau_1)}{M_2 - M_1}$
<p>14- Calcular la resistencia de fricción en el trimado de equilibrio, R_{f0}, mediante interpolación lineal usando la siguiente formula</p>	$R_{f0} = R_{f1} + \frac{R_{f2} - R_{f1}}{\tau_2 - \tau_1} \cdot (\tau_0 - \tau_1)$
<p>15- Calcular la resistencia total R:</p>	$R = \left(g \cdot m \cdot \text{sen} \tau_0 + R_f \right) \cdot \frac{\cos(\tau_0 + \varepsilon)}{\cos \varepsilon}$
<p>16- Calcular la Potencia Efectiva:</p>	$P_E = V \cdot R$

CROQUIS DE MOMENTOS ACTUANTES EN LA EMBARCACIÓN



9.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE SAVISTKY POR HADLER AL DISEÑO DE LA EMBARCACIÓN.

Para aplicar el método anteriormente descrito al diseño de la embarcación de este proyecto, se ha realizado una hoja de cálculo en la cual se reflejan los resultados obtenidos en cada uno de los pasos descritos en el apartado anterior.

DATOS DE PARTIDA

Masa desplazada, LCG y VCG:

En el Apartado 8: Cálculo del desplazamiento y centro de gravedad, se ha realizado una estimación lo más exacta posible del peso de la embarcación en las dos condiciones de carga extremas: condición de salida de puerto a plena carga y condición de llegada a puerto al 10% de consumos. Las cuales se usarán para la realización del cálculo de resistencia y potencia en cada condición.

En la siguiente tabla se refleja los datos obtenidos:

	Peso (kg)	LCG (m)	VCG (m)
Salida puerto plena carga	12932,696	6,122	1,118
Llegada puerto 10% consumos	11702,696	6,377	1,150

b: Manga máxima entre pantoques:

La manga entre pantoques es ligeramente menor que la manga total de la embarcación. Según el diseño realizado, la embarcación tendrá una manga entre pantoques o “al codillo” de 3.786 m.

ε: Inclinación del eje relativa a la línea base:

Basándose en ejemplos publicados en publicaciones específicas se considera como un valor acertado de la inclinación del eje respecto a la línea base 8 grados.

β: Ángulo de astilla muerta (valor medio entre popa y en la sección en c.d.g.):

Este es un parámetro que, como ya se ha comentado anteriormente, tiene gran influencia en el comportamiento hidrodinámico de la embarcación. Para navegaciones con mal tiempo resulta interesante un valor mayor de astilla muerta, a costa de sacrificar la velocidad. En este proyecto la navegación se realizara normalmente con buen tiempo, pero en ocasiones podrá realizarse con mal tiempo lo que obliga a tener en cuenta a la hora de establecer el valor de astilla muerta.

Usando el plano de formas, se han tomado medida en el espejo de popa y en la sección de c.d.g, obteniéndose una astilla muerta de 17°, siendo este el valor medio. Los valores que poseen embarcaciones similares que han dado buenos resultados, presentan un valor comprendido entre los 15°-20° grados.

f: distancia vertical entre el eje y el centro de gravedad:

Tomando medidas en los planos y de una forma aproximada se ha establecido una distancia vertical entre el eje y el centro de gravedad de un metro.

V: velocidad:

A esta embarcación no se le ha exigido una gran velocidad por parte del cliente. Se ha establecido como objetivo conseguir un buen comportamiento en la navegación en las distintas condiciones de carga a una velocidad de 27 nudos (13.88 m/sg).

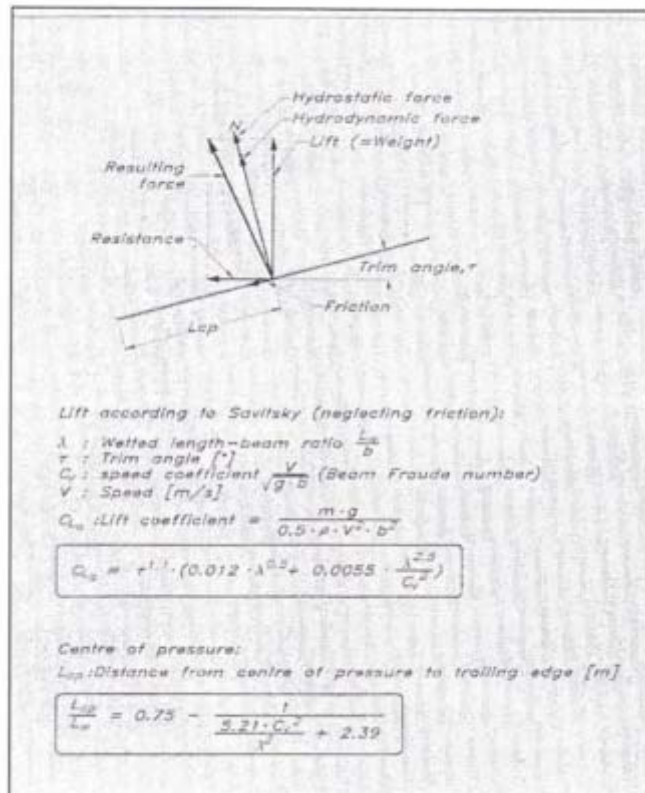


Fig.1

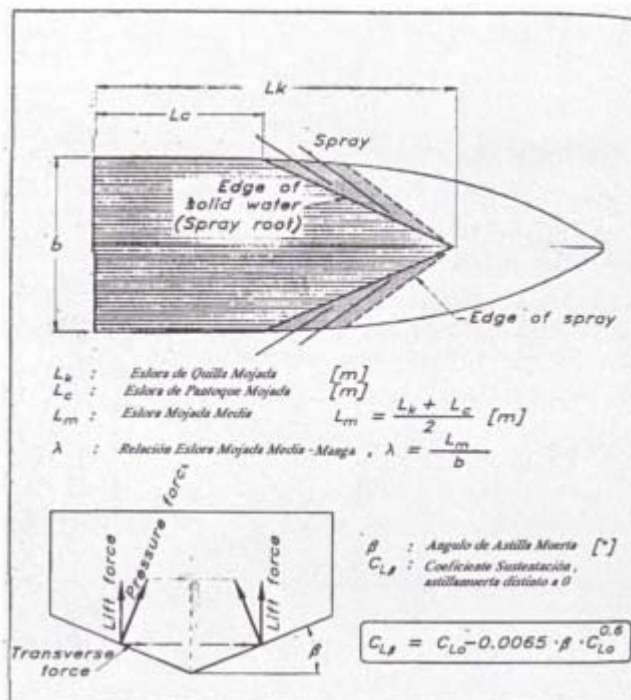


Fig.2

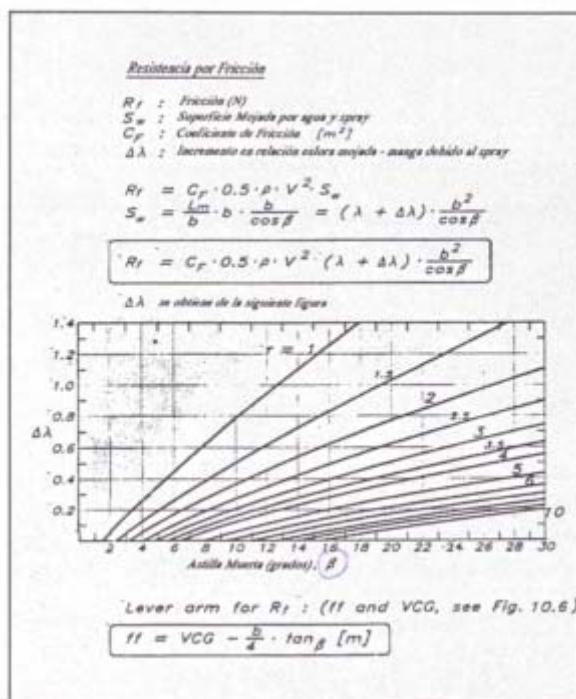


Fig.3

DATOS OBTENIDOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante el método de Savistky computado por Hadler para los datos de entrada especificados y para cada condición de carga:

MÉTODO SW SAVISTKY: SALIDA PUERTO PLENA CARGA

m	masa desplazada	12932,7	kg	
LCG	Dist. Long. De popa al c.d.g.	6,122	m	
VCG	Dist. Vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)	1,118	m	
b	Manga máxima entre pantoques	3,487	m	
Ángulo del eje respecto L.B.	Inclinación del eje relativa a la línea base	8	grados	
Astilla muerta	Media entre popa y la sección en c.d.g.	17	grados	
f	Distancia entre el eje y el c.d.g.	0,641	m	
V	Velocidad	13,88	m/s	
Cv		2,374		
CLB (formula 1)		0,106		2,374
CLB (formula 2)		0,106		0,106
CLo		0,388		0,106
Clo (formula 3)		0,388		0,388
Trimado		4	grados	3
Landa		2,329		3,135
Lm		8,121	m	10,933
Rn		1,02E+08		1,38E+08
Cf		2,08E-03		1,99E-03
Delta Landa (gráfico)		0,350		0,450
Rf		6,982	Kn	8,955
ff		0,995	m	0,851
Lcp		5,051	m	6,166
e		1,071	m	-0,044
Mh		121,869	Kn*m	-9,515
Mf		0,018	Kn*m	1,691
M		121,887	Kn*m	-7,824
Trimado medio				3,072
Rfo				8,548
R				15,073
Pe				209,213
Pd				418,426
Rendimiento transmisión		0,5		561,646

**MÉTODO SW SAVISTKY: LLEGADA A PUERTO 10%
CONSUMO**

m	masa desplazada	11702,696	kg		
LCG	Dist. Long. De popa al c.d.g.	6,377	m		
VCG	Dist. Vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)	1,150	m		
b	Manga máxima entre pantoques	3,876	m		
Ángulo del eje respecto L.B.	Inclinación del eje relativa a la línea base	8,000	grados		
Astilla muerta	Media entre popa y la sección en c.d.g.	17,000	grados		
f	Distancia entre el eje y el c.d.g.	0,641	m		
V	Velocidad	13,880	m/s		
Cv		2,252			2,252
CLB (formula 1)		0,077			0,07731
CLB (formula 2)		0,077			0,07731
CLo		0,118			0,118
Clo (formula 3)		0,118			0,118
Trimado		4	grados		3 grados
Landa		1,946			2,388
Lm		7,543	m		9,258 m
Rn		9,52E+07			1,17E+08
Cf		2,10E-03			2,04E-03
Delta Landa (gráfico)		0,350			0,450
Rf		6,048	Kn		7,259 Kn
ff		0,522	m		0,522 m
Lcp		5,628	m		6,891 m
e		0,749	m		-0,514 m
Mh		75,249	Kn*m		-59,379 Kn*m
Mf		-2,282	Kn*m		0,065 Kn*m
M		72,967	Kn*m		-59,314 Kn*m
Trimado medio					
Rfo					3,447 grados
R					6,718 Kn
Pe					13,344 Kn
Pd					185,215 Kw
Rendimiento transmisión		0,5			370,429 Kw
					497,221 HP

El cálculo de la resistencia al avance por el método de Savistky no sólo permite conocer la resistencia al avance, si no que también permite comprobar si el régimen de planeo es “estable” o si, por el contrario, la embarcación planea en régimen de “porpoising” a través de la utilización de los gráficos que se acompañan en el Anexo. Estos gráficos representan, según Savistky, los límites de estabilidad longitudinal en planeo, en función del ángulo de asiento, el ángulo de astilla muerta y el coeficiente de empuje dinámico en cascos no planos ($C_{L\beta}$).

Los resultados que se han de valorar son:

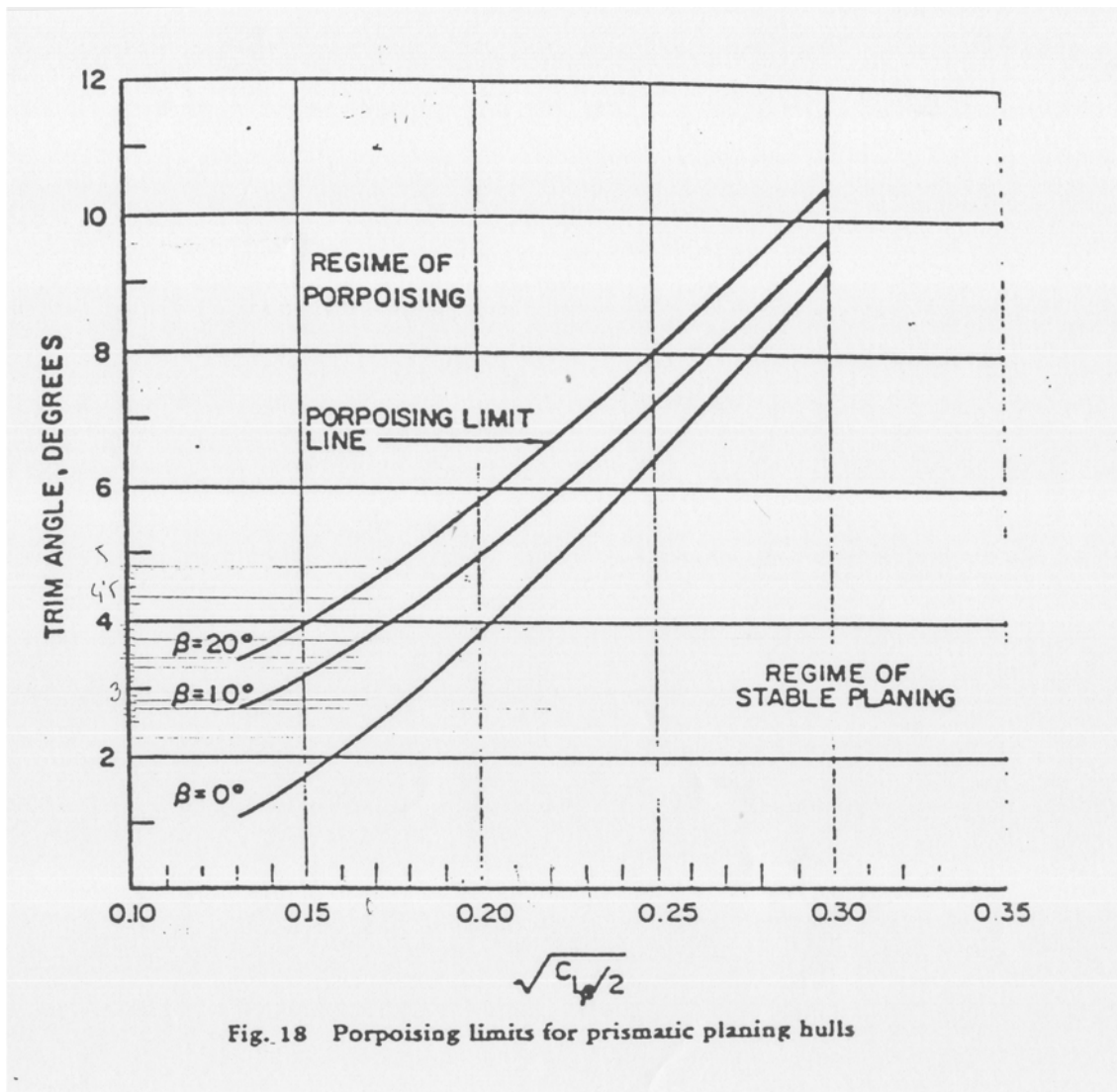
$\sqrt{\frac{C_{L\beta}}{2}}$; este parámetro se utiliza para valorar el régimen de planeo de la embarcación, y comprobar si se produce, o no, el fenómeno de “porpoising”, ya que es un parámetro de entrada en el gráfico, antes mencionado, que evalúa los límites de estabilidad de planeo longitudinal.

Ángulo de asiento: representa el otro parámetro de entrada en el gráfico mencionado.

Potencia requerida: expresa la potencia necesaria, según este método, para alcanzar la velocidad requerida en la condición de carga dada y con los datos de entrada utilizados.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

	Peso (kg)	$\sqrt{\frac{C_{L\beta}}{2}}$	Ángulo de asiento (grados)	Potencia (HP)
Salida puerto plena carga	12932.7	0.2302	3.072	561.646
Llegada puerto 10% consumos	11702.6	0.1962	3.447	497.221



Entrando con los valores del Ángulo de asiento y de $\sqrt{C_L \beta / 2}$ en la gráfica, se observa que la embarcación no entra en “porpoising” a la velocidad de diseño (27 nudos), por lo tanto no se realizará ningún cambio en el diseño de la carena.

9.3. AUTONOMÍA

Tendremos que conocer la autonomía aproximada de la embarcación a su máxima potencia para poder hacernos una idea de la distancia posible a recorrer sin repostar.

Como ya hemos definido la velocidad máxima establecida para la embarcación es de 27 nudos y la potencia es de 370, con estas características podemos dotar al barco con dos motores de 370 HP cada uno, cuyo consumo será de 289 g/h.

Potencia	270 Hp
Revoluciones por minuto	3500 r.p.m
Consumo	289 g/hora
Par	850 Nm

La cantidad de combustible en los tanques es de 1000 litros:

$$1000 \text{ litros} * 0,85 \text{ kg/litro} = 850 \text{ kg} \sim 0,85 \text{ tn.}$$

El consumo de combustible a la máxima potencia por cada hora es:

$$289 \text{ g/HPh} * 540 \text{ HP} * 1 \text{ hora} = 156060 \text{ g/hora.} \sim 0.15606 \text{ tn/h.}$$

Así, obtenemos una autonomía en horas de:

$$0,85 \text{ tn} / 0,15606 \text{ tn/h} = 5.446 \text{ horas a la máxima potencia.}$$

La velocidad máxima son 27 nudos, 1 nudo es una milla náutica por hora, luego a una velocidad de 27 nudos, conseguimos una autonomía en millas de:

$$27 \text{ nudos} * 5.446 = 147.058 \text{ millas.}$$

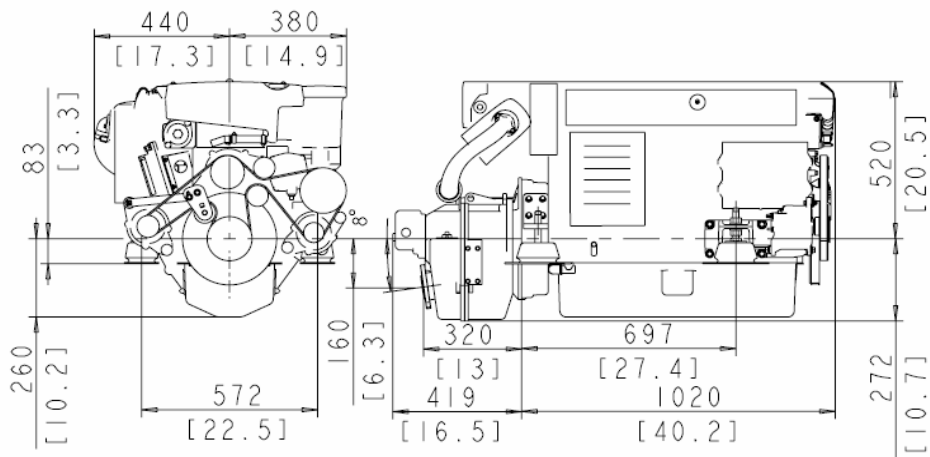


Figura.1

En la figura.1 se muestra un croquis del motor que hemos destinado para nuestra embarcación. En el ANEXO podremos encontrar un plano un poco mas detallado y las especificaciones técnicas del mismo.

10. ESTABILIDAD

10.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este apartado es realizar un estudio sobre la estabilidad de la embarcación que permita comprobar si cumple los requisitos mínimos establecidos por las normativas aplicables.

Concretamente se aplicarán la Circular 12/90 de la Dirección General de la Marina Mercante: Estabilidad de buques de carga y pasaje menores de 100 metros de eslora. y la Circular 7/95 de la Dirección General de la Marina Mercante: Construcción, equipo y reconocimiento de embarcaciones de recreo, para el desarrollo de este apartado.

Debido al gran tamaño de estas circulares solo se expondrá en este capítulo la parte de ellas que es de interés para la realización del estudio de estabilidad de la embarcación.

10.2 FRANCOBORDO

En este apartado se ha decidido incluir el estudio del francobordo de la embarcación. La Circular 7/95, en su punto 10.4.1 especifica las normas que deben cumplir, esta embarcación en concreto, referente al francobordo.

Según la Circular 7/95, el francobordo es la distancia vertical medida en el costado, desde la cara superior del trancanil o línea de cubierta hasta la línea de agua en la condición de desplazamiento máximo

$$\text{Francobordo medio (F)} = F_a + F_m + F_f / 3$$

Donde:

F_a = francobordo en el extremo de proa.

F_m = francobordo medio en la mitad de la eslora.

F_f = francobordo en el extremo de popa.

Si existe un punto por debajo de la línea de cubierta por donde pueda producirse inundación progresiva en el interior de la embarcación, se tomará este como límite de la distancia a medir.

Según lo referido en la Circular 7/95 para embarcaciones de eslora igual o mayor de 12 metros, el francobordo medio real no será inferior a $0,2 * B$ en la condición de máxima carga.

En este caso el francobordo medio corresponde a $0,2 \times 3.884 = 0,776$ m.

El francobordo medio de la embarcación, según la fórmula anterior y las mediciones realizadas en el plano de formas, es de 1,0859 metros.

Por lo tanto la embarcación cumple los requisitos mínimos exigidos por la Circular 7/95.

10.3. CRITERIOS DE ESTABILIDAD A CUMPLIR SEGÚN CIRCULAR 12/90 DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE LA MARINA MERCANTE.

10.3.1 CONDICIONES DE CARGA.

Esta circular se aplica a los buques de carga y pasaje con cubierta y menores de 100 metros de eslora.

Según la circular las condiciones de carga para el análisis de la estabilidad son, en función del tipo de embarcación:

- a) Buques de pasaje: (al ser el proyecto una embarcación de recreo, no está previsto que transporte carga distinta a la del pasaje).
1. Salida de puerto, con el total del combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje (sin carga)
 2. Llegada a puerto, con el total de pasajeros con su equipaje, y con el 10% del combustible y provisiones.

Para estas condiciones de carga, la embarcación debe cumplir los criterios expuestos en el siguiente apartado.

10.3.2 CRITERIOS DE ESTABILIDAD.

Las curvas de estabilidad de las situaciones de carga especificadas en el punto anterior debe cumplir lo siguiente:

a) El área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes no será inferior a 0,055 m x rad hasta el ángulo de escora de 30°, ni inferior a 0,09 m x rad hasta 40° o hasta el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40°.

Además, el área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de escoras de 30° y 40° o entre 30° y el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40°, no será inferior a 0,03 m x rad.

b) El brazo adrizante será de 200 mm. como mínimo, para un ángulo de escora igual o superior a 30°.

c) El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a 25°.

d) La altura metacéntrica inicial corregida no será inferior a 150 mm.

Por otra parte también debe cumplir:

e) El ángulo de escora producido por la posición más desfavorable de los pasajeros no debe exceder de 10°.

f) El ángulo de escora por efecto de una virada no debe ser superior a 10° cuando se emplea la siguiente formula de cálculo:

$$M = 0,02(V^2/L)\Delta(KG - d/2)$$

Donde: M = momento escorante en Tm x m.

V = Velocidad de crucero en m/seg.

L = eslora en flotación en mts.

Δ = desplazamiento en Tm.

d = calado medio en mts.

KG = ordenada centro gravedad sobre quilla.

10.3.3. COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD.

En este punto veremos si nuestra embarcación cumple los criterios descritos anteriormente para las dos condiciones de carga expuestas.

SALIDA DE PUERTO

	Criterio	Unidades	Dato a cumplir	Dato embarcación	
a.	Área 0°. a 30°.	m.*Radianes	0,055	0,235	CUMPLE
a.	Área 0°. a 40°. ó Punto de inundación	m.*Radianes	0,09	0,355	CUMPLE
a.	Área 30°. a 40°. ó Punto de inundación	m.*Radianes	0,03	0,12	CUMPLE
b.	GZ a 30°. de escora	mm.	200	697	CUMPLE
c.	Brazo adrizante máximo (GZ max)	Grados	25	40	CUMPLE
d.	Altura metacéntrica inicial corregida (GM)	mm.	150	2748	CUMPLE

e. Para comprobar que este criterio se cumple como en el caso de los demás calcularemos la gráfica de curva de momento escorante, donde el par escorante que tenemos que aplicar será de:

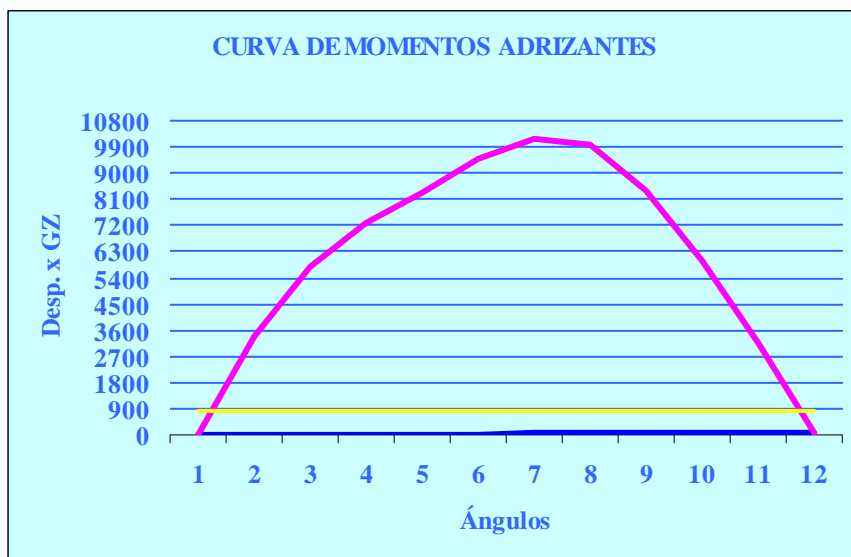
$$75 * 6 * 1,9 = 855$$

75 es el peso considerado por persona.

6 es el número de personas para el que se desea que la embarcación esté homologada.

1,9 es la manga máxima a la que se van a poder encontrar las personas de abordo.

A continuación se muestra la tabla y grafica donde se comprueba que se cumple lo establecido en esta circular.



Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	855
5	0,236	3370,552	855
10	0,404	5769,928	855
15	0,51	7283,82	855
20	0,581	8297,842	855
30	0,667	9526,094	855
40	0,713	10183,066	855
50	0,697	9954,554	855
60	0,587	8383,534	855
70	0,42	5998,44	855
80	0,221	3156,322	855
90	0,005	71,41	855

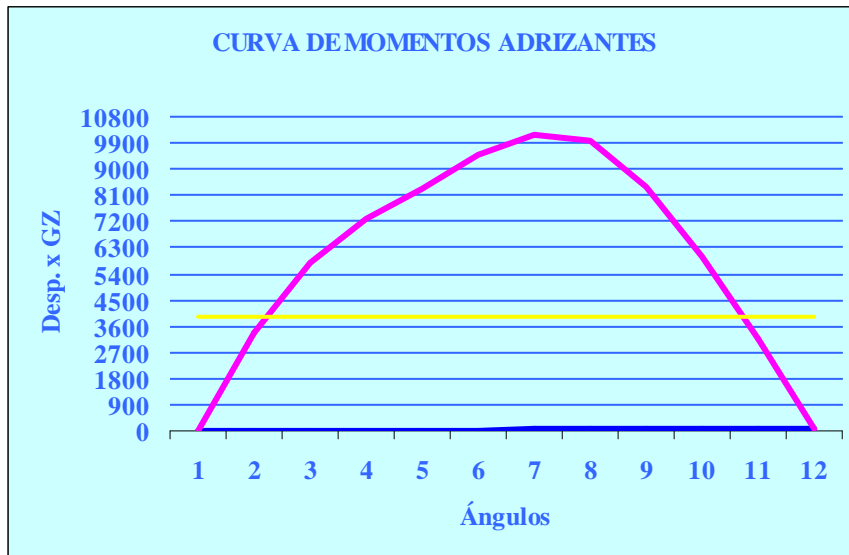
Desp.= 14282 Kg.

Par escorante = 855

Comprobando el punto donde intersecan la curva y la línea recta podemos decir que no se excede de un ángulo de escora de 10° en la posición de escora mas desfavorable.

f. Para comprobar que se cumple este criterio, debemos demostrar que el ángulo de escora por efecto de una virada no debe ser superior a 10° cuando se emplea la fórmula citada en el apartado 10.3.2.Criterios de Estabilidad.

A continuación se mostrara la tabla y gráfica donde se demuestra que se cumple lo que se pide en este criterio de estabilidad.



Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	3887,4
5	0,236	3370,552	3887,4
10	0,404	5769,928	3887,4
15	0,51	7283,82	3887,4
20	0,581	8297,842	3887,4
30	0,667	9526,094	3887,4
40	0,713	10183,066	3887,4
50	0,697	9954,554	3887,4
60	0,587	8383,534	3887,4
70	0,42	5998,44	3887,4
80	0,221	3156,322	3887,4
90	0,005	71,41	3887,4

Desp.= 14282 Kg.

Par escorante = 3887,4 Kg/m

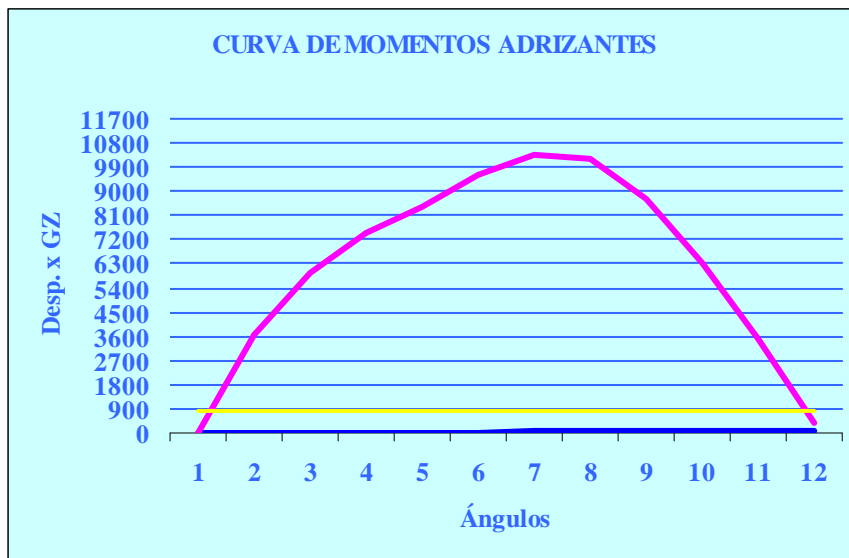
Se ve claramente que el ángulo de escora por efecto de una virada no es superior a 10°, por lo tanto cumple este criterio.

LLEGADA A PUERTO

	Criterio	Unidades	Dato a cumplir	Dato embarcación	
a.	Área 0°. a 30°.	m.*Radianes	0,055	0,241	CUMPLE
a.	Área 0°. a 40°. ó Punto de inundación	m.*Radianes	0,09	0,363	CUMPLE
a.	Área 30°. a 40°. ó Punto de inundación	m.*Radianes	0,03	0,122	CUMPLE
b.	GZ a 30°. de escora	mm.	200	716	CUMPLE
c.	Brazo adrizante máximo (GZ max)	Grados	25	40	CUMPLE
d.	Altura metacéntrica inicial corregida (GM)	mm.	150	3045	CUMPLE

Tenemos que ver si se cumplen los criterios e. y f. que hemos comprobado en la condición de salida de puerto a plena carga para la condición en la que nos encontramos.

e. Mostraremos la tabla y la gráfica donde comprobaremos el resultado a comprobar.



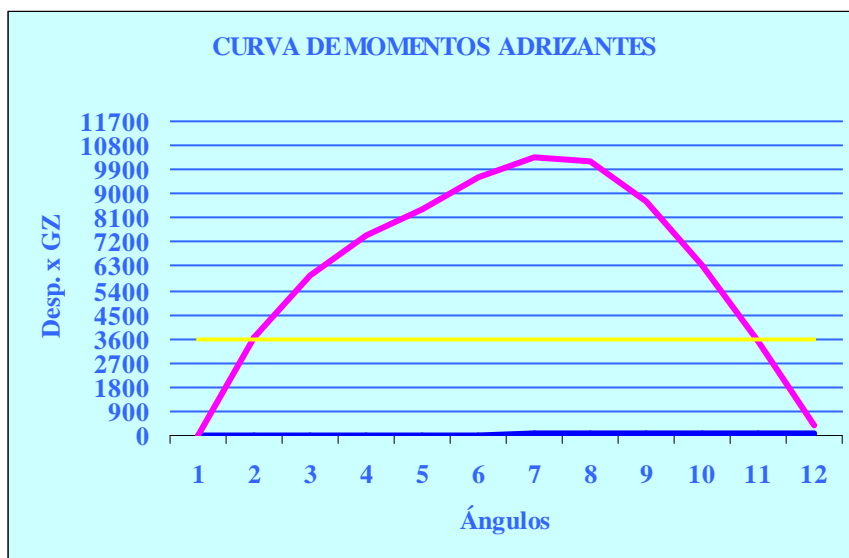
Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	855
5	0,256	3656,192	855
10	0,419	5984,158	855
15	0,522	7455,204	855
20	0,592	8454,944	855
30	0,675	9640,35	855
40	0,723	10325,886	855
50	0,716	10225,912	855
60	0,611	8726,302	855
70	0,445	6355,49	855
80	0,245	3499,09	855
90	0,027	385,614	855

Desp.= 13052 Kg.

Par escorante = 855 Kg/m

Mirando la gráfica se comprueba que el ángulo de escora en la situación de carga de legada a puerto al 10%, no se supera un ángulo de 10° de escora.

f. Comprobaremos una gráfica y una tabla iguales que en la condición de salida de puerto, pero para esta condición, demostraremos si el criterio se cumple o no.



Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	3578
5	0,256	3656,192	3578
10	0,419	5984,158	3578
15	0,522	7455,204	3578
20	0,592	8454,944	3578
30	0,675	9640,35	3578
40	0,723	10325,886	3578
50	0,716	10225,912	3578
60	0,611	8726,302	3578
70	0,445	6355,49	3578
80	0,245	3499,09	3578
90	0,027	385,614	3578

Desp.= 13052 Kg.

Par escorante = 3578 Kg/m

Se cumple el criterio de estabilidad ya que para el momento de escora calculado no se excede de un ángulo de 10°.

10.4. CONCLUSIÓN

Realizadas todas las comprobaciones podemos afirmar que nuestra embarcación cumple todos los Criterios de Estabilidad para las ambas condiciones de carga, Salida de puerto y Llegada a Puerto.

Mostraremos una pequeña tabla para ver las dimensiones principales en ambos casos.

SALIDA DE PUERTO					
Desplazamiento =	14282	kg	GM =	2,748	m
			GM long =	36,649	m
T =	0,686	m			
BwL =	3,884	m	LCG =	5,757	m
LwL =	13,08	m	VCG =	1,267	m

LLEGADA A PUERTO					
Desplazamiento =	13053	kg	GM =	3,045	m
			GM long =	40,343	m
T =	0,658	m			
BwL =	3,865	m	LCG =	5,950	m
LwL =	13,111	m	VCG =	1,262	m

A continuación se adjuntan la gráfica y tablas obtenidas, para cada condición de carga descritas anteriormente, en el programa informático Hydromax Pro, el cual realiza distintos análisis según la condición de carga determinada.

SALIDA DE PUERTO A PLENA CARGA

Loadcase - salida puerto

Damage Case - Intact

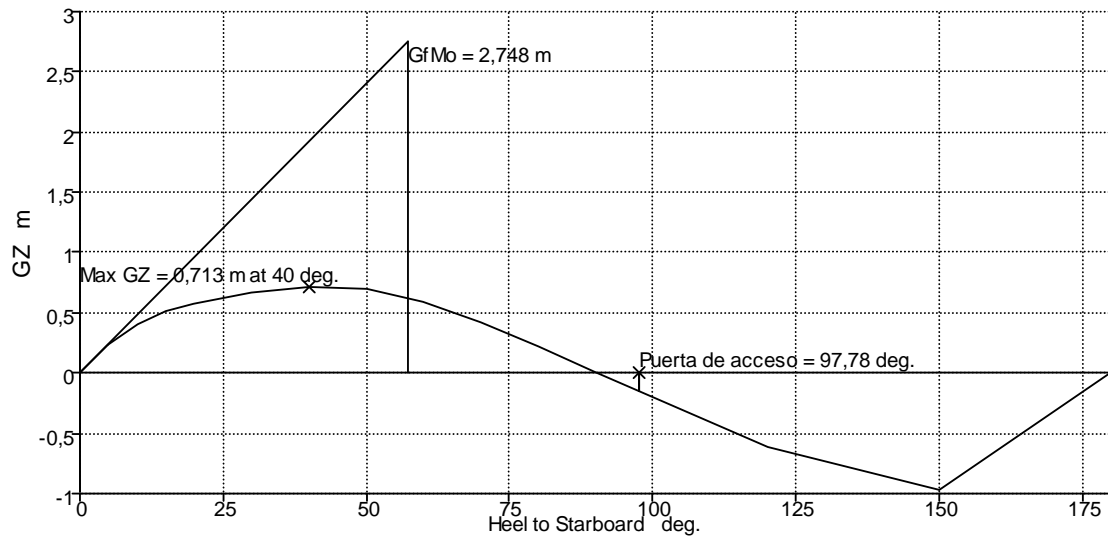
Free to Trim

Specific Gravity = 1,025

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	ROSCA	1	11083	6,575	1,116
2	Tripulantes	4	450	2,260	2,228
3	Combustible tanque BOR.	1	425	3,323	0,772
4	Combustible tanque EOR.	1	425	3,323	0,772
5	Tanque agua potable	1	400	5,300	0,240
6	Tanque agua residuales	1	0,000	6,780	0,240
7	Pertrechos	1	150	2,260	6,401
8		Total Weight=	14283	LCG=5,757 m	VCG=1,267 m
9					FS corr.=0 m
10					VCG fluid=1,267 m

1	Draft Amidsh. m	0,686
2	Displacement kg	14282
3	Heel to Starboard degrees	0
4	Draft at FP m	0,643
5	Draft at AP m	0,729
6	Draft at LCF m	0,685
7	Trim (+ve bow down) m	-0,086
8	WL Length m	13,080
9	WL Beam m	3,884
10	Wetted Area m ²	49,310
11	Waterpl. Area m ²	44,138
12	Prismatic Coeff.	0,820
13	Block Coeff.	0,419
14	Midship Area Coeff.	0,581
15	Waterpl. Area Coeff.	0,869
16	LCB to Amidsh. m	0,001
17	LCF to Amidsh. m	0,096 Fwd
18	KB m	0,499
19	KG m	1,267
20	BMt m	3,516
21	BML m	37,416
22	GMt m	2,748
23	GML m	36,649
24	KMt m	4,015
25	KML m	37,916
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,453
27	MTc tonne.m	0,455
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	685,042

CURVA DE ESTABILIDAD



Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.

	Heel to Starboard degrees	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	120
1	Displacement kg	14282	14281	14284	14284	14284	14283	14284	14283	14282	14281	14282	14281	14282
2	Draft at FP m	0,643	0,636	0,612	0,578	0,533	0,405	0,205	-0,136	-0,752	-1,979	-5,595	0,000	-3,714
3	Draft at AP m	0,729	0,730	0,716	0,676	0,615	0,431	0,157	-0,215	-0,755	-1,747	-4,580	0,000	-2,580
4	WL Length m	13,080	13,114	13,085	13,031	12,962	12,805	12,785	12,688	12,520	12,570	12,987	13,300	13,991
5	Immersed Depth m	0,654	0,647	0,618	0,640	0,737	0,872	0,953	0,999	1,012	1,015	0,991	1,129	1,347
6	WL Beam m	3,884	3,900	3,397	3,084	2,928	2,801	2,860	2,760	2,260	2,045	1,828	1,715	1,854
7	Wetted Area m ²	49,311	48,308	44,633	42,545	41,209	39,939	39,978	39,174	38,445	38,169	38,095	38,107	38,571
8	Waterpl. Area m ²	44,138	42,969	38,462	35,732	33,995	32,372	31,305	27,193	23,361	20,992	19,596	18,880	20,155
9	Prismatic Coeff.	0,820	0,822	0,823	0,825	0,826	0,827	0,814	0,806	0,822	0,828	0,812	0,801	0,762
10	Block Coeff.	0,419	0,421	0,508	0,542	0,498	0,445	0,400	0,398	0,490	0,556	0,601	0,541	0,399
11	LCB to Amidsh. m	0,001	0,000	0,001 Aft	0,001	0,000	0,004 Fwd	0,011 Fwd	0,012 Fwd	0,008 Fwd	0,003 Aft	0,016 Aft	0,030 Aft	0,060 Aft
12	VCB from DWL m	0,186	0,196	0,213	0,228	0,243	0,268	0,292	0,322	0,352	0,380	0,403	0,420	0,422
13	GZ m	0,001	0,236	0,404	0,510	0,581	0,667	0,713	0,697	0,587	0,420	0,221	0,005	-0,619
14	LCF to Amidsh. m	0,096 Fwd	0,012 Fwd	0,134 Fwd	0,213 Fwd	0,270 Fwd	0,362 Fwd	0,622 Fwd	0,852 Fwd	0,878 Fwd	0,881 Fwd	0,875 Fwd	0,856 Fwd	0,737 Fwd
15	TCF to zero pt. m	0,000	0,145	0,443	0,663	0,848	1,153	1,364	1,505	1,544	1,502	1,395	1,242	0,581

LLEGADA A PUERTO AL 10%

Loadcase - llegada a puerto

Damage Case - Intact

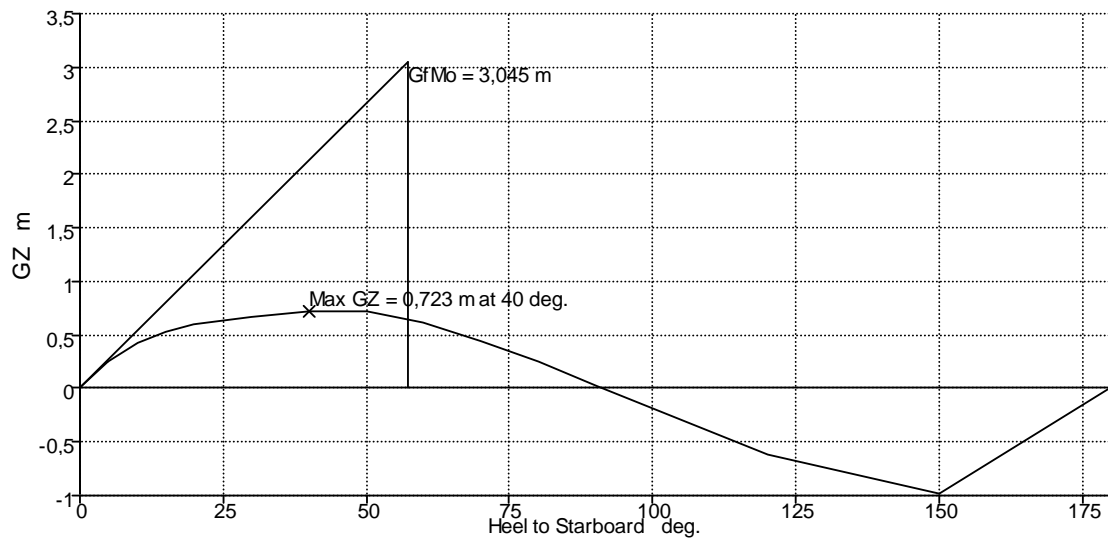
Free to Trim

Specific Gravity = 1,025

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	ROSCA	1	11083	6,575	1,116
2	Tripulantes	4	450	2,260	2,228
3	Combustible tanque BOR:	1	42,5	3,323	0,572
4	Combustible tanque EOR.	1	42,5	3,323	0,572
5	Tanque agua potable	1	40,0	5,300	0,120
6	Tanque agua residuales	1	30,0	6,780	0,120
7	Pertrechos	1	15,0	2,260	2,228
8		Total Weight=	13053	LCG=5,950 m	VCG=1,262 m
9					FS corr.=0 m
10					VCG fluid=1,262 m

1	Draft Amidsh. m	0,658
2	Displacement kg	13052
3	Heel to Starboard degrees	0
4	Draft at FP m	0,644
5	Draft at AP m	0,672
6	Draft at LCF m	0,658
7	Trim (+ve bow down) m	-0,028
8	WL Length m	13,111
9	WL Beam m	3,865
10	Wetted Area m ²	48,708
11	Waterpl. Area m ²	44,129
12	Prismatic Coeff.	0,797
13	Block Coeff.	0,388
14	Midship Area Coeff.	0,558
15	Waterpl. Area Coeff.	0,871
16	LCB to Amidsh. m	0,199 Fwd
17	LCF to Amidsh. m	0,102 Fwd
18	KB m	0,482
19	KG m	1,262
20	BMt m	3,824
21	BML m	41,122
22	GMt m	3,045
23	GML m	40,343
24	KMt m	4,307
25	KML m	41,604
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,452
27	MTc tonne.m	0,458
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	693,582

CURVA DE ESTABILIDAD

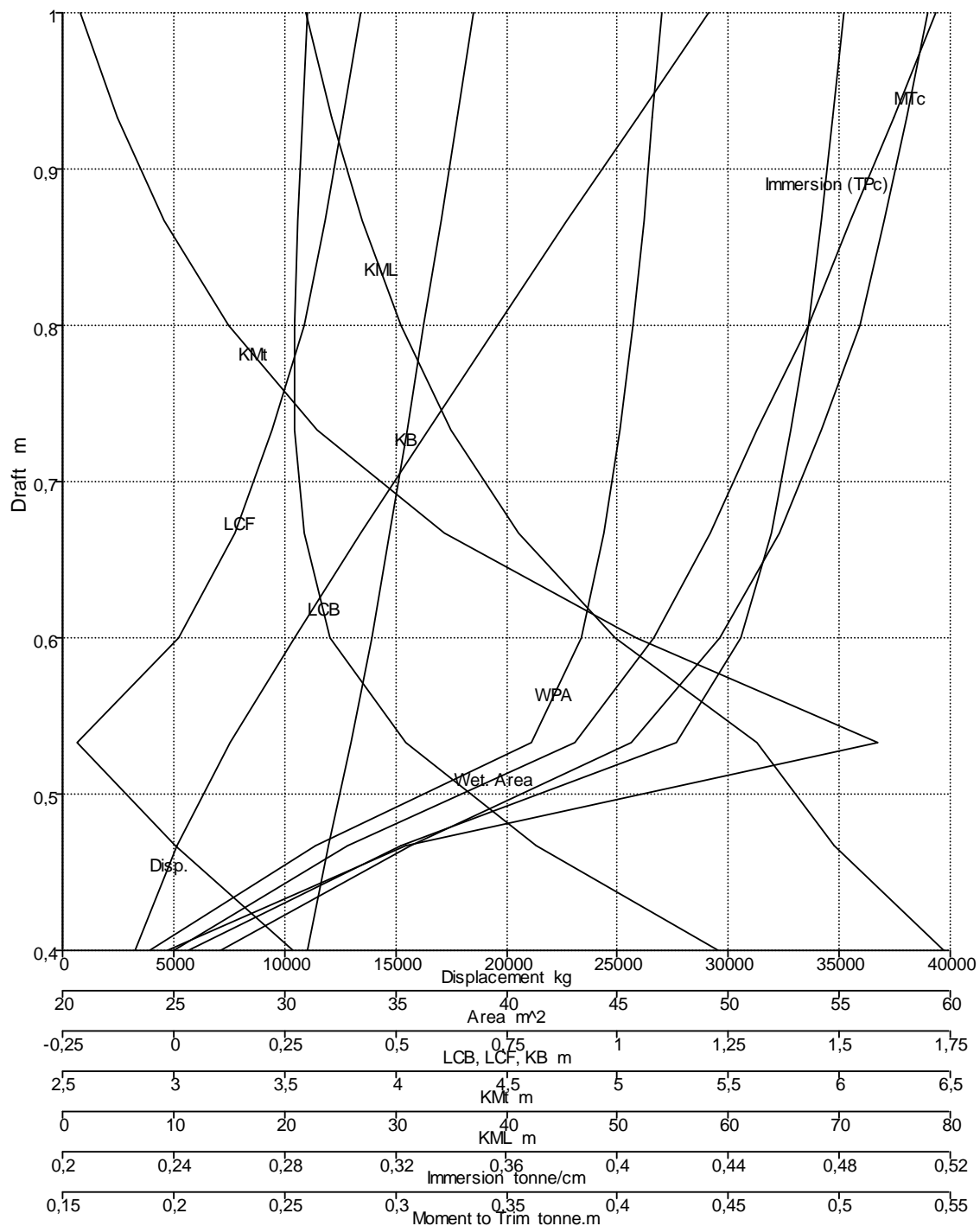


Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.

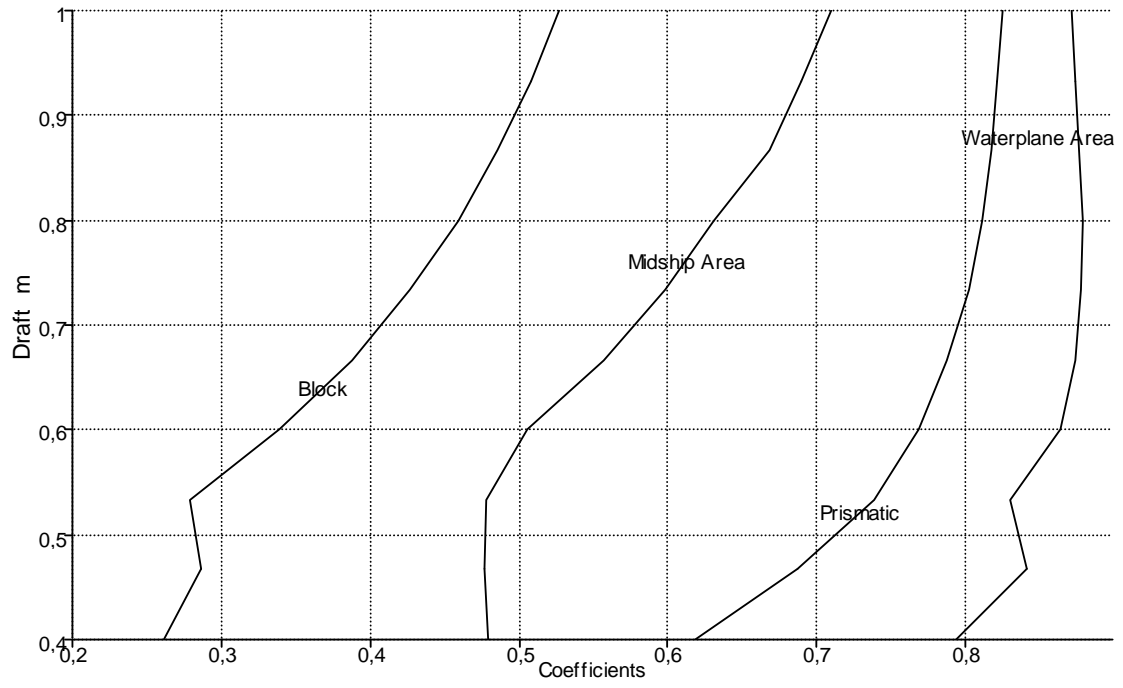
	Heel to Starboard degrees	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	120
1	Displacement kg	13052	13053	13053	13054	13052	13052	13053	13052	13054	13054	13053	13052	13052
2	Draft at FP m	0,644	0,637	0,614	0,581	0,537	0,412	0,217	-0,115	-0,722	-1,930	-5,493	0,000	-3,686
3	Draft at AP m	0,672	0,673	0,648	0,599	0,530	0,330	0,028	-0,405	-1,040	-2,212	-5,561	0,000	-2,894
4	WL Length m	13,111	13,138	13,103	13,052	12,987	12,838	12,824	12,735	12,576	12,676	13,098	13,410	14,081
5	Immersed Depth m	0,648	0,639	0,609	0,566	0,659	0,812	0,911	0,950	0,938	0,889	0,822	0,959	1,196
6	WL Beam m	3,865	3,689	3,232	3,006	2,865	2,752	2,820	2,760	2,251	2,034	1,822	1,711	1,847
7	Wetted Area m ²	48,708	46,352	43,105	41,111	39,846	38,609	38,363	37,495	36,795	36,620	36,449	36,460	36,919
8	Waterpl. Area m ²	44,129	41,499	37,419	34,778	33,110	31,551	30,974	27,119	23,321	21,062	19,555	18,829	20,074
9	Prismatic Coeff.	0,797	0,799	0,802	0,803	0,804	0,802	0,790	0,783	0,798	0,802	0,788	0,782	0,785
10	Block Coeff.	0,388	0,411	0,494	0,574	0,520	0,444	0,386	0,381	0,481	0,576	0,658	0,578	0,409
11	LCB to Amidsh. m	0,199	0,198	0,198	0,199	0,201	0,206	0,215	0,221	0,219	0,212	0,202	0,188	0,152
		Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd
12	VCB from DWL m	0,176	0,186	0,199	0,213	0,226	0,252	0,274	0,296	0,319	0,343	0,363	0,378	0,388
13	GZ m	0,001	0,256	0,419	0,522	0,592	0,675	0,723	0,716	0,611	0,445	0,245	0,027	-0,610
14	LCF to Amidsh. m	0,102	0,090	0,209	0,292	0,354	0,441	0,670	0,918	0,951	0,986	0,951	0,930	0,804
		Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd
15	TCF to zero pt. m	0,000	0,206	0,481	0,691	0,867	1,158	1,399	1,553	1,586	1,533	1,416	1,252	0,556

TABLA Y GRÁFICA PARA UN RANGO DE CALADOS DADOS

	Draft Amidsh. m	0,4	0,467	0,533	0,6	0,667	0,733	0,8	0,867	0,933	1
1	Displacement kg	3231	5122	7549	10448	13447	16512	19613	22751	25925	29133
2	Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Draft at FP m	0,400	0,467	0,533	0,600	0,667	0,733	0,800	0,867	0,933	1,000
4	Draft at AP m	0,400	0,467	0,533	0,600	0,667	0,733	0,800	0,867	0,933	1,000
5	Draft at LCF m	0,400	0,467	0,533	0,600	0,667	0,733	0,800	0,867	0,933	1,000
6	Trim (+ve bow down) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	12,721	12,855	12,977	13,066	13,153	13,237	13,321	13,405	13,490	13,553
8	WL Beam m	2,370	2,907	3,816	3,839	3,863	3,886	3,909	3,933	3,956	3,979
9	Wetted Area m ²	25,022	32,846	43,082	46,615	49,154	51,303	53,594	55,531	57,437	59,341
10	Waterpl. Area m ²	23,941	31,409	41,118	43,351	44,406	45,121	45,730	46,187	46,601	47,004
11	Prismatic Coeff.	0,618	0,688	0,739	0,768	0,788	0,802	0,811	0,817	0,821	0,825
12	Block Coeff.	0,262	0,287	0,279	0,339	0,388	0,427	0,459	0,486	0,508	0,527
13	Midship Area Coeff.	0,479	0,477	0,478	0,505	0,557	0,598	0,631	0,668	0,690	0,709
14	Waterpl. Area Coeff.	0,794	0,841	0,830	0,864	0,874	0,877	0,878	0,876	0,873	0,872
15	LCB to Amidsh. m	1,227 Fwd	0,818 Fwd	0,523 Fwd	0,354 Fwd	0,294 Fwd	0,273 Fwd	0,274 Fwd	0,280 Fwd	0,290 Fwd	0,301 Fwd
16	LCF to Amidsh. m	0,268 Fwd	0,003 Fwd	0,218 Aft	0,012 Fwd	0,138 Fwd	0,222 Fwd	0,293 Fwd	0,341 Fwd	0,383 Fwd	0,423 Fwd
17	KB m	0,301	0,350	0,399	0,446	0,487	0,527	0,565	0,602	0,638	0,675
18	KG m	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680
19	BMt m	2,675	3,696	5,775	4,636	3,736	3,118	2,680	2,354	2,105	1,908
20	BML m	79,093	69,197	62,146	49,324	40,637	34,438	29,968	26,389	23,565	21,312
21	GMt m	2,295	3,366	5,494	4,401	3,544	2,965	2,565	2,276	2,063	1,903
22	GML m	78,714	68,867	61,864	49,090	40,445	34,285	29,853	26,311	23,524	21,307
23	KMt m	2,975	4,046	6,174	5,081	4,224	3,645	3,245	2,956	2,743	2,583
24	KML m	79,394	69,547	62,544	49,770	41,125	34,965	30,533	26,991	24,204	21,987
25	Immersion (TPc) tonne/cm	0,245	0,322	0,422	0,444	0,455	0,463	0,469	0,474	0,478	0,482
26	MTc tonne.m	0,221	0,307	0,406	0,446	0,473	0,492	0,509	0,521	0,530	0,540
27	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	129,418	300,88	723,824	802,574	831,686	854,397	878,003	903,792	933,521	967,402



Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.



11. PRESUPUESTO.

Es necesario conocer si la embarcación en cuestión será competitiva en el mercado, comparándola con los productos que sean de similares características.

La estimación del presupuesto es lo más detallada posible, consultando catálogos de distintos proveedores y realizando una estimación de los materiales necesarios para la construcción de la embarcación se ha intentado que el coste sea el mas acertado.

En cuanto a la estimación de la mano de obra (horas hombre), se ha consultado directamente con fabricantes de embarcaciones similares, para poder establecer un número coherente de horas.

Habrà que tenerse en cuenta en el precio de venta, la fabricación del molde y el modelo, al igual que unos gastos fijos derivados del funcionamiento del astillero (agua, luz etc.).

Dividiremos el presupuesto en dos partes:

- Materiales
- Mano de Obra

El precio que hemos obtenido en la tabla que veremos a continuación es sin duda el precio de construcción de la misma, pero este tiene que ser incrementado con los costes fijos del astillero que rondan entre un 30% o un 40%, así como los gastos de realización del proyecto, los cuales pueden suponer un porcentaje considerable en el precio final de la embarcación.

Hemos calculado un **PRECIO TOTAL BASE** de **128.409,56 euros**, que teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el **COSTE TOTAL** de salida al mercado será de : **256.819,12 euros**.

PRESUPUESTO			
MATERIALES			
CASCO	CANTIDAD	PRECIO+IVA (euros)	
Mat de fibra de vidrio 300 y 500 (por kg)	1048	5,5	
Tejido de fibra de vidrio 450 y 800 (por kg)	1397	4,8	
Resina isftalica isotrópica (por kg)	2876	4,5	
Gelcoat isoftalico (por kg)	102	12,5	
Espuma de poliuretano (por kg)	97	5,2	
Material diverso rodillos, acetona, etc.	1	70	
		SUBTOTAL	102,5 euros
CARPINTERIA			
2 puertas plegables de madera de iroco	2	200	
4 puertas abisagradas madera iroco	4	340	
Mesa de sapelly con pie regulable	2	360	
1 ropero del cam. Proa de sapelly	1	175	
Puertas de armarios de cocina	4	130	
Piso forrado tablero marino laminado en teca	1	3800	
mesitas de noche de sapelly	2	120	
mesa soporte televisión	1	75	
2 puertas armario cbta. Principal	2	130	
Mamparos camarotes		2000	
		SUBTOTAL	7330 euros

Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.

ASEO			
W.C. marino taza de parcelana y tapa de plástico	1	140	
Deposito de aguas fecales con válvula mar/deposito	1	250	
Grifo de fondo pasacasco entrada de agua W.C.	1	10	
Grifo de fondo pasacasco salida de aguas sucias W.C.	1	25,3	
Tuberías y arandelas W.C.	1	16,5	
Lavabo de porcelana	1	70,2	
Tuberías grifo de fondo y abrazaderas lavabo	1	20	
Manguera hasta deposito de agua	1	18,05	
Accesorios varios	1	80	
Espejo	1	60,55	
W.C canino+ preinstalación	1	450	
		SUBTOTAL	1140,6 euros
COCINA			
Cocina con tres fuegos y cardan en acero inox	1	240	
Kit de conexión de gas	1	80	
Bombona de gas	1	12,3	
Fregadero en inox con desagüe	1	65	
Grifo de fondo y pasa casco salida de agua	1	12,28	
Manguera hasta deposito de agua	1	20,05	
		SUBTOTAL	429,63 euros
HABILITACIÓN			
Colchón camarote de proa	1	350	
Colchones camarote de popa	2	360,5	
Esquinera comedor	1	200,3	
Sofá con reposa espalda	1	680	
		SUBTOTAL	1590,8

Embarcación deportiva a motor de 15m. de Eslora y Desplazamiento de 14 Tn. apta par invidentes.

INSTALACIÓN ELECTRICA			
2 baterías de 12 V 110 Ah	2	100	
2 cajas de baterías de polipropileno	2	20,62	
2 acopladores de baterías 4 posiciones	2	35	
Panel de fusibles 8 entradas	1	15,2	
Conector de mechero 12 V en inox	1	13,2	
Bomba sentina 5000 l/h	1	75	
Contacto automático para bomba de sentina	1	36,99	
12 luces de techo alógenas	12	22,8	
Luces de navegación babor, estribor y popa	1	35,75	
Molinete del ancla	1	715,05	
Bomba de sentina 60 l/mn	1	115	
		SUBTOTAL	1184,6
ELEMENTOS DE CUBIERTA			
Escalera de baño en acero inox con 3 peldaños	1	160	
Roldana de fondeo en acero inox. Con pasador	1	31,5	
4 cornamusas de amarre	4	15,8	
Boca de llenado de agua de 45mm con manguera	1	23,5	
2 bocas de llenado de gasoil de 70 mm	2	30	
Boca de succión de deposito séptico	1	40,1	
Respiradero de tanque séptico con mangueras	1	12	
2 respiraderos de cámara de maquinas	2	22	
Bisagras de bodega de pertrechos y pozo del ancla	6	10,6	
Pestillo escotilla de habilitación	1	12,3	
Barandilla en acero inox	1	1580	
Colchonetas solarium napa blanca	3	75	
Dinete con respaldar napa blanca	1	780	
		SUBTOTAL	2792,8

OTROS EQUIPAMIENTOS			
Sonda	1	983,82	
Compas horizon 135	1	281,54	
GPS lector de cartas Tracker 5600	1	1280,2	
2 extintores	2	35	
Botiquín homologado	1	28,67	
2 aros salvavidas con rabiza y luz	2	147	
Equipo de cohetes solas	1	95	
Balsa salvavidas	1	2940	
Ancla Britany	1	75,39	
Cadena del ancla	1	380	
		SUBTOTAL	6246,6 euros
CÁMARA DE MÁQUINA			
Motor volvo penta D6-370	2	43271	
Instalación completa con todos los accesorios y escape	2	2030	
		SUBTOTAL	90602 euros

MANO DE OBRA	
CONSTRUCCIÓN DEL CASCO	
Limpieza y cera del molde	
Pintado de gelcoat	
Laminado	
Desmoldeo	
CONTRUCCIÓN DE LA BAÑERA Y CUBIERTA	
Limpieza y cera del molde	
Pintado de gelcoat	
Laminado	
Desmoldeo	
MONTAJE	
Montaje del casco- cubierta	
Montaje del mobiliario	
Montaje de equipos	

Horas/Hombre	
	12
	10
	230
	12
SUBTOTAL	264

	18
	16
	195
	16
SUBTOTAL	245

	30
	185
	125
SUBTOTAL	340

TOTAL 849

PRECIO HORA/HOMBRE
PRECIO MANO DE OBRA

20,00
16.980,00

BIBLIOGRAFÍA

APUNTES:

- Construcciones en Materiales Compuestos.
Gaspar Penagos García.
- Teoría de Buque.
Aurelio Guzmán Cabañas.
- Embarcaciones Deportivas.
Antonio Querol.

LIBROS:

- Materiales Compuestos. Tecnología de los Materiales Reforzados.
J.L. González Díez

PÁGINAS WEB:

- www.fondear.com
- www.barcos.com
- www.volvopenta.com

VOLVO PENTA DIESEL INTRABORDAS

D6-370

272 kW (370 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

Altas prestaciones para uso marino

El Volvo Penta D6-370 de 6 cilindros ha sido desarrollado a partir del último diseño en tecnología diesel. El motor incorpora el sistema de inyección common-rail, doble árbol de levas en cabeza, cuatro válvulas por cilindro, turbocompresor y aftercooler. Junto con un gran volumen de barrido y el sistema EVC (Electronic Vessel Control), se obtiene no sólo un rendimiento diesel puntero, sino también bajas emisiones de escape.

Prestaciones de primera clase

El sistema de inyección common-rail, controlado por el EVC, en combinación con un gran volumen de barrido, garantizan un extraordinario par motor durante la aceleración, con prácticamente ningún rastro de humo. Esto, asociado con la gran capacidad de carga del motor, proporciona una agradable sensación de deportividad y potencia cuando se precisa.

Compacto y robusto

Motor ligero y extremadamente compacto teniendo en cuenta su gran volumen de barrido y potencia. Lo compacto es el resultado de la distribución en el extremo posterior que acciona la bomba de inyección de alta presión y los árboles de levas, de un elevado grado de integración de sistemas, de un aftercooler de gran rendimiento, de la adaptación al ambiente marino con muy pocas tuberías, y de un motor completamente simétrico.

El bloque de cilindros y la culata de hierro de fundición rígido, el refuerzo en escalera del bloque y la inyección de combustible de control exacto (de hasta tres etapas) proporcionan un excelente confort a bordo con bajos niveles de ruido y vibraciones.

EVC/EC - Conectar y navegar

El EVC Electronic Vessel Control es el último desarrollo en el control del motor en instrumentos para los motores marinos Volvo Penta. Ofrece un alto nivel de integración con la embarcación: para mayor seguridad y suavidad de manejo los mandos de cambio y del acelerador son electrónicos; se incluye una completa gama de instrumentos computerizados de fácil lectura, un display LCD del sistema EVC (opcional) y muchas más cosas, todo lo cual no precisa más que de un cable CAN.

El EVC facilita la vida a bordo haciéndola también más segura; ofrece la sincronización de dos motores y nuevas funciones de software como el Volvo Penta Low Speed (opcional), lo que reduce considerablemente la velocidad de



D6-370 con inversor HS80AE

la embarcación en vacío para facilitar las maniobras en zonas estrechas.

El EVC permite la ampliación desde una estación hasta cuatro, desde un tablero de instrumentos clásico a un avanzado sistema de información. El EVC funciona en íntima interacción con el sistema de gestión del motor ofreciéndole una potencia constante independientemente de la temperatura (desde 5°C a 55°C) y de la calidad del combustible. Este sistema se basa en la última tecnología del automóvil y lleva conectores estancos al agua, por lo que lo único que hay que hacer es conectar y navegar.

Sistema de propulsión completo, adaptado y probado, por un único proveedor

El inversor hidráulico Volvo Penta ha sido desarrollado especialmente con la intención de aumentar el nivel de comodidad a bordo de las embarcaciones.

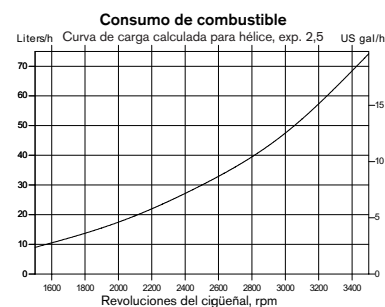
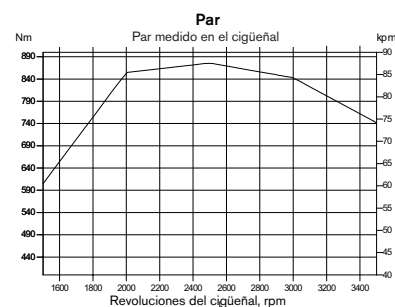
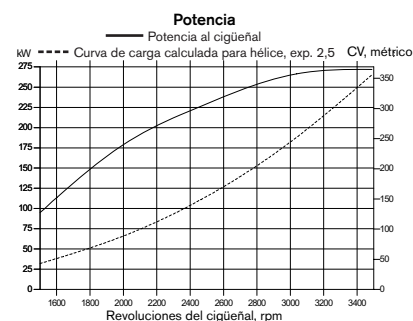
Asociado con las características del motor D6, el mecanismo de cambios hidráulico y la tecnología de biselado en todo el tren de engranajes, hemos desarrollado un grupo propulsor completo cuando se desea elevado par, fiabilidad operativa y reducción de ruidos y vibraciones.

La combinación de eje de salida en ángulo de 8° junto con las compactas dimensiones consiguen instalaciones óptimas. También disponible en versión V-Drive.

Para aprovechar al máximo las ventajas del sistema EVC, el inversor se ha equipado con válvulas electromagnéticas disponiendo así de cambio eléctrico.

Satisfaciendo nuevos estándares de emisiones de escape

El sistema de inyección common-rail en combinación con la electrónica y un avanzado sistema de combustión introducen nuevos estándares en la minimización de emisiones y partículas nocivas. El motor cumple las amplias exigencias de emisiones de escape que se han implantado en Europa y Estados Unidos en 2006.



**VOLVO
PENTA**

D6-370

Descripción técnica:

Motor y bloque

- Bloque y culata de hierro de fundición para una buena resistencia a la corrosión y larga duración
- Refuerzo en escalera del bloque
- Tecnología de cuatro válvulas con ajustadores hidráulicos
- Doble árbol de levas en cabeza
- Pistones refrigerados por aceite, con dos aros de compresión y uno de aceite
- Camisas integradas
- Asientos de válvula cambiables
- Cigüeñal de siete apoyos
- Distribución posterior

Suspensión del motor

- Suspensión elástica

Sistema de lubricación

- Filtro de aceite de paso total y by-pass fácilmente cambiable
- Enfriador de aceite tipo tubular, refrigerado por agua salada

Sistema de combustible

- Sistema de inyección common-rail
- Unidad de control para procesar la inyección
- Filtro fino con separador de agua

Sistema de admisión y escape

- Filtro de aire con cartucho sustituible
- Ventilación del cárter al sistema de admisión
- Codo o deflector de escape
- Turbocompresor refrigerado por agua dulce

Sistema de refrigeración

- Refrigeración por agua dulce de regulación termostática
- Intercambiador de calor tubular con un gran depósito de expansión separado
- Sistema de refrigeración preparado para toma de agua caliente
- Rodete de bomba de agua fácilmente accesible

Sistema eléctrico

- Bipolar, de 12V o 24V
- Alternador de 14V/115A o 28V/80A adaptados a uso marino con diodos zener para proteger contra aumentos de tensión y integrado regulador de carga con sensor de batería para compensar caídas de tensión
- Fusibles con reajuste automático (12V) y fusibles con reajuste manual (24V)
- Mecanismo de paro eléctrico

Instrumentos/mandos

- Cuadro completo con interruptor de llave, instrumentos y cuadro alarma bloqueado
- Cuadros de supervisión EVC para instalaciones simples y dobles

- Mando electrónico para acelerador y cambio de marcha
- Conexiones eléctricas del tipo enchufe

Inversor

- Salida decalada y en ángulo de 8° para instalaciones compactas. V-drive disponible.
- Engranajes helicoidales para un funcionamiento más suave a cualquier velocidad
- Embrague de accionamiento hidráulico para cambios suaves
- Cambio de marcha electrónico por válvulas electromagnéticas
- Durante la navegación a vela, el eje de la hélice puede girar durante 24 horas sin que arranque el motor
- Enfriador de aceite refrigerado por agua salada
- Opción de marcha lenta

Accesorios

Una amplia gama de accesorios está disponible. Para más información, consulte el catálogo Accesorios y Piezas de repuesto (www.volvopenta.com).

Contacte a su concesionario Volvo Penta para más información.

No todos los modelos, equipamiento de serie y accesorios están disponibles en todos los países. Las especificaciones pueden modificarse sin previo aviso.

Las especificaciones del motor ilustrado pueden diferir algo de las de serie.

Datos técnicos

Modelo.....	D6-370 I
Potencia al cigüeñal, kW (CV).....	272 (370)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV).....	267 (363)
Revoluciones, rpm.....	3500
Cilindrada, l.....	5,5
Número de cilindros.....	6
Diámetro cilindros/carrera, mm.....	103/110
Relación de compresión.....	17,5:1
Peso en seco con HS80AE, kg.....	677
Ratio HS80AE.....	2,50:1, 1,96:1, 1,57:1
Ratio HS80IVE.....	2,49:1, 2,01:1, 1,64:1

Potencia: R5

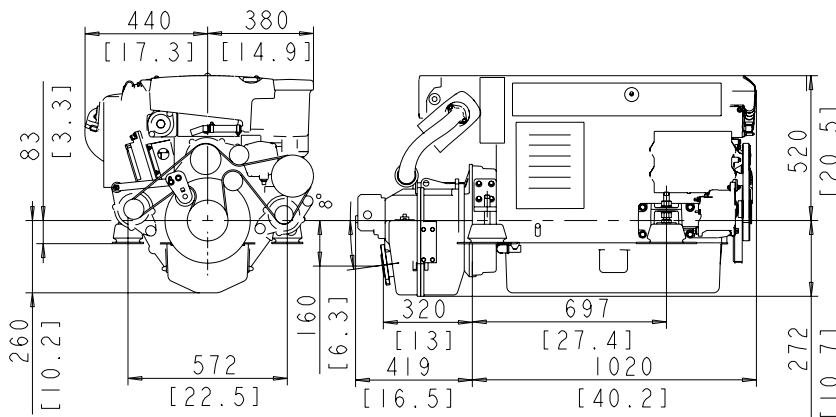
Datos técnicos según ISO 8665. El poder calorífico inferior del combustible es de 42.700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C.

Combustibles comerciales pueden desviarse de esta especificación, lo que influirá la potencia y el consumo de combustible.

El motor cumple las amplias exigencias de emisiones de escape que se han implantado en Europa y Estados Unidos en 2006.

Dimensiones D6-370/HS80AE

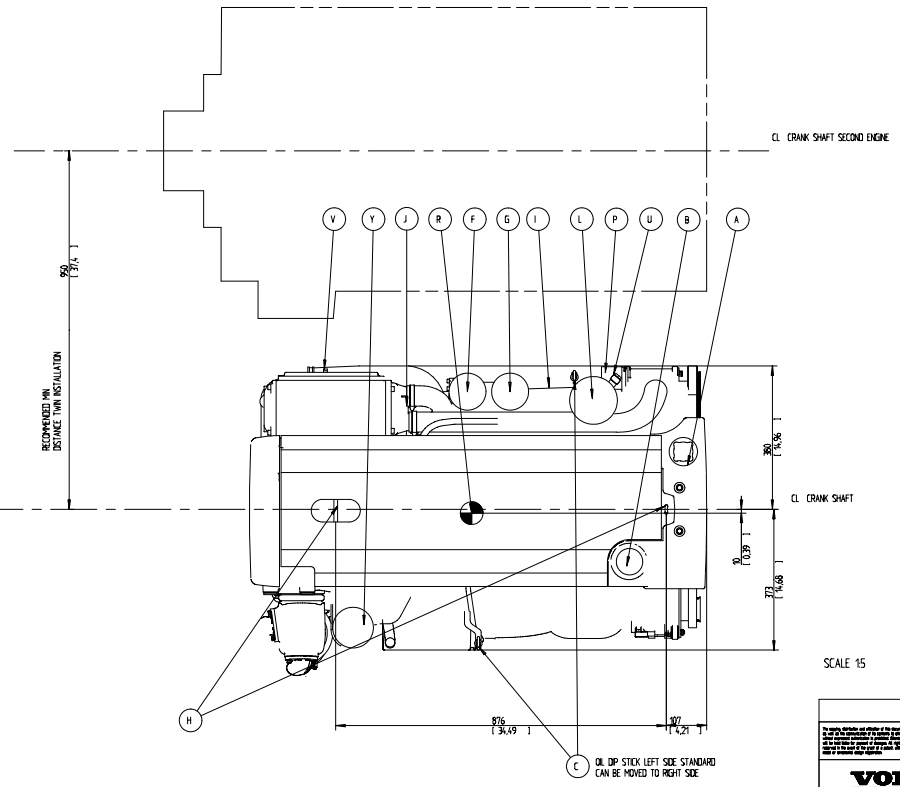
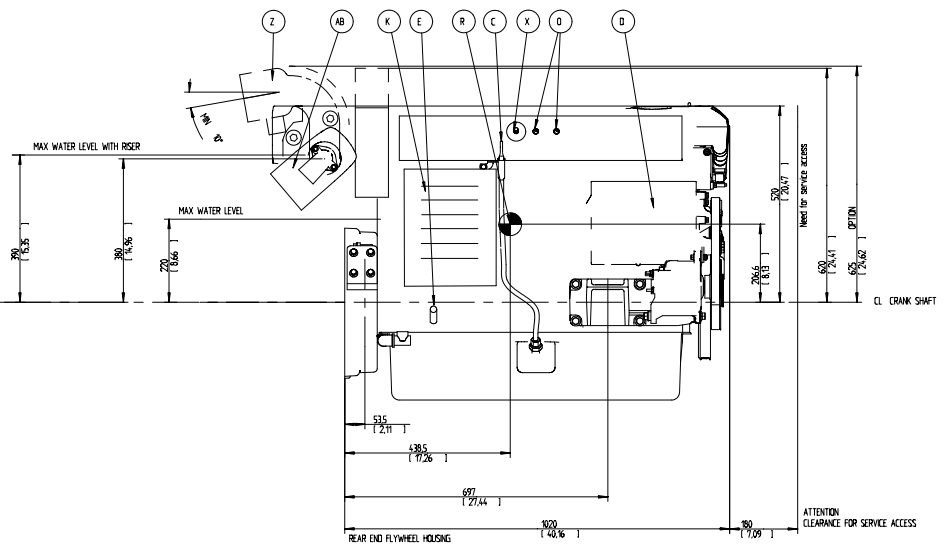
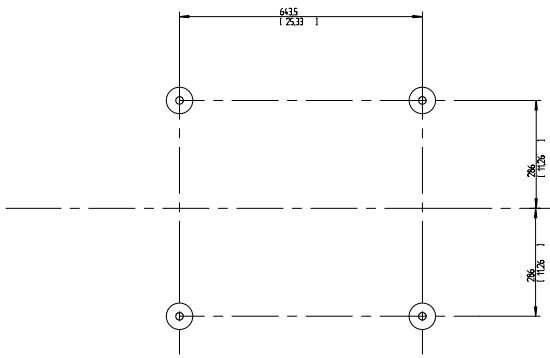
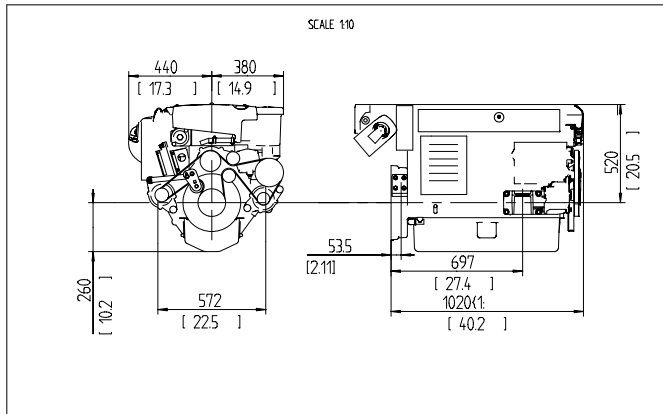
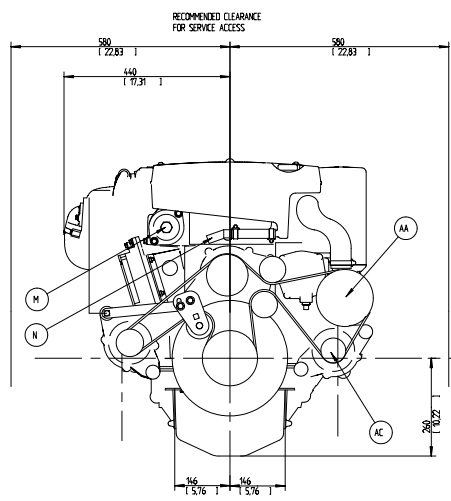
No para instalación



**VOLVO
PENTA**

AB Volvo Penta
SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.volvopenta.com

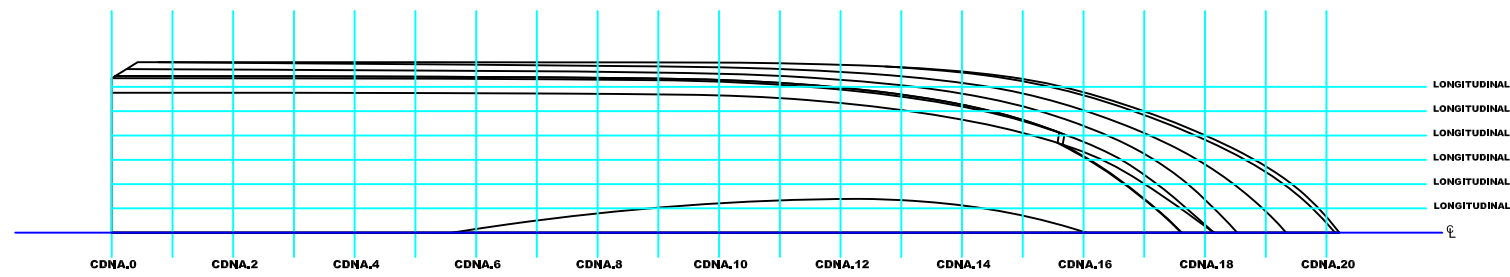
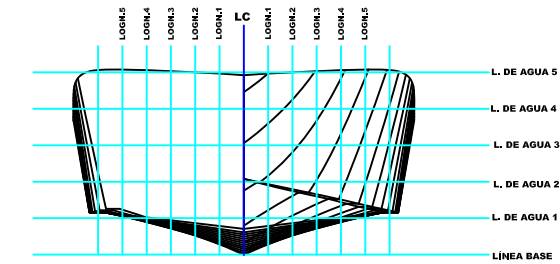
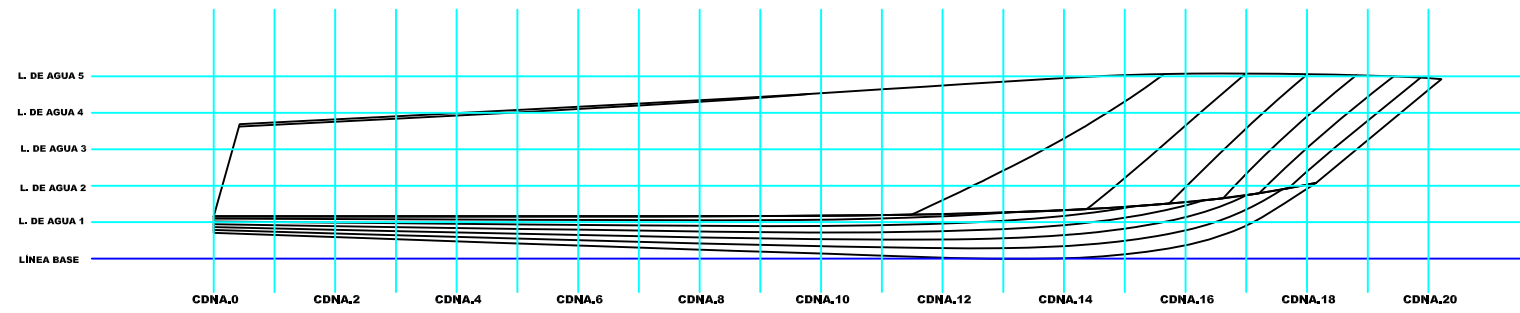
- (A) WATER FILLER CAP, FRESH WATER
- (B) OIL FILLER CAP, ENGINE
- (C) OIL DIP STICK, ENGINE LEFT OR RIGHT SIDE MOUNTED
- (D) ECU CONTROL UNIT
- (E) OIL DRAIN PIPE, ENGINE Ø125
- (F) OIL FILTER MAIN
- (G) OIL FILTER BYPASS
- (H) LIFTING EYE
- (I) WATER DRAIN, FRESH WATER
- (J) WATER DRAIN, SEA WATER
- (K) AIR FILTER
- (L) FUEL FILTER
- (M) HOT WATER OUTLET Ø16
- (N) HOT WATER INLET Ø16
- (O) ELECTRICAL FUSES (ONLY 24V)
- (P) SEA WATER INLET Ø50
- (Q) OIL DIP STICK REVERSE GEAR
- (R) CENTRE OF GRAVITY
- (S) WATER INLET
- (T) OIL DRAIN REVERSE GEAR
- (U) FUEL INLET CONNECTION
- (V) FUEL RETURN TO TANK
- (X) ENGINE STOP
- (Y) CRANK CASE VENTILATION
- (Z) EXHAUST RISER Ø127 (57) OPTION
- (AA) SEA WATER PUMP
- (AB) EXHAUST ELBOW Ø127 (57)
- (AC) EXTRA ALTERNATOR



OIL DIP STICK LEFT SIDE STANDARD CAN BE MOVED TO RIGHT SIDE

<p>SMALL DIMENSIONS AND DETAILS SHOWN AT SCALE 1:1 UNLESS OTHERWISE SPECIFIED</p> <p>ENGINE: 10 ENGINES (16 / 51)</p> <p>Drawn by: ERICSSON DRAWING</p> <p>Part number: 3591353</p>		
<p>VOILVO PENTA</p>		<p>107</p>

ANEXO-PLANOS



ESLORA TOTAL ----- 15.16 m.

MANGA MÁXIMA ----- 4.20 m.

PUNTAL ----- 2.282 m.

SEPARACIÓN ENTRE CUADERNAS ----- 0.750 m.

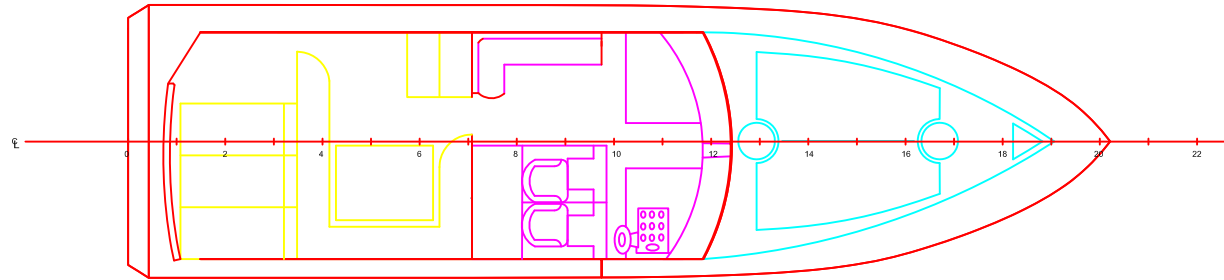
PLANOS DE FORMAS

TÍTULO: EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR DE 15m. DE ESLORA Y DESPLAZAMIENTO DE 14Tn. APTA PARA INVIDENTES

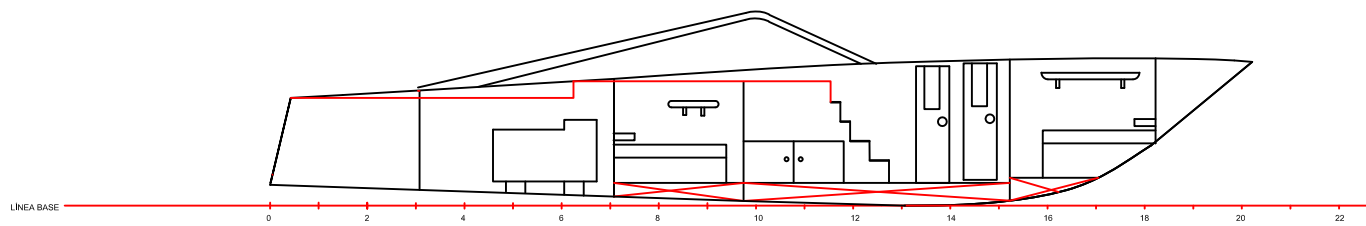
ELENA CAMACHO ZABALA

E.U.I.T. NAVAL

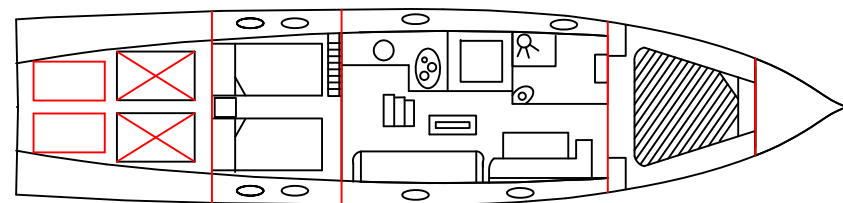
PLANO. Num. 001



CBTA. PRINCIPAL



SECCIÓN POR CRUJIA



CBTA. HABILITACIÓN

ESLORA TOTAL ----- 15.16 m.
 MANGA MÁXIMA ----- 4.20 m.
 PUNTAL ----- 2.282 m.
 SEPARACIÓN ENTRE CUADERNAS ----- 0.750 m.

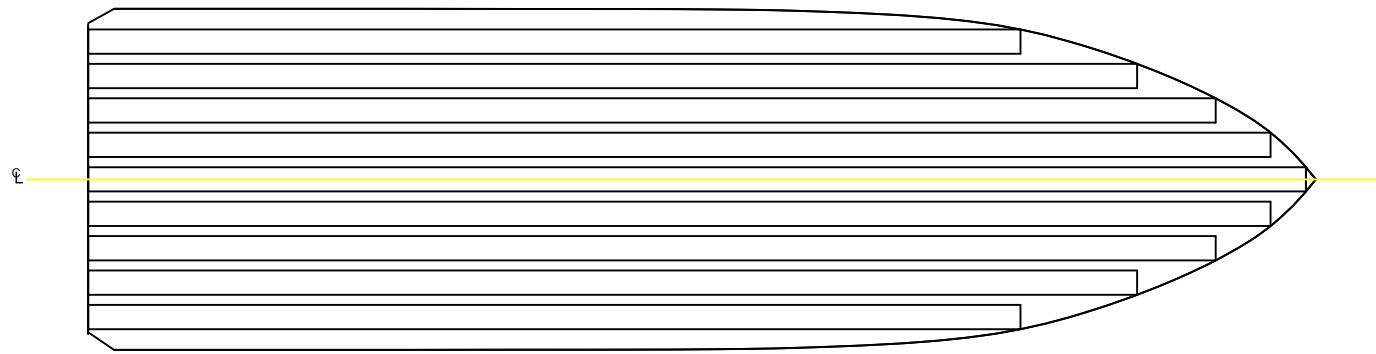
PLANOS DE DISPOSICIÓN GENERAL

TÍTULO: EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR DE 15m. DE ESLORA Y DESPLAZAMIENTO DE 14Tn. APTA PARA INVIDENTES

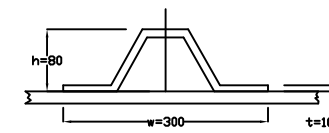
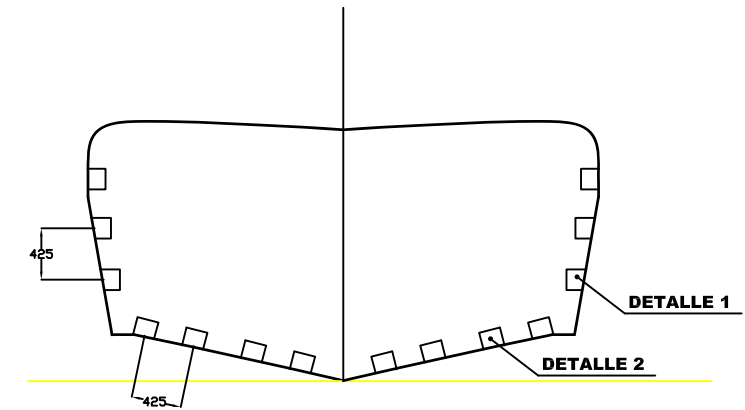
ELENA CAMACHO ZABALA

E.U.I.T. NAVAL

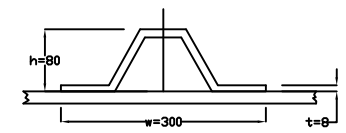
PLANO. Num. 002



SECCIÓN POR CDNA. MAESTRA



DETALLE 2



DETALLE 1

LÍNEA BASE

ESLORA TOTAL ----- 15.16 m.
 MANGA MÁXIMA ----- 4.20 m.
 PUNTAL ----- 2.282 m.
 SEPARACIÓN ENTRE REFUERZOS ----- 0.425 m.

PLANOS DISPOSICIÓN DEL REFORZADO

TÍTULO: EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR DE 15m. DE ESLORA Y DESPLAZAMIENTO DE 14Tn. APTA PARA INVIDENTES

ELENA CAMACHO ZABALA

E.U.I.T. NAVAL

PLANO. Num. 003

