

Diseño de una Embarcación Turística para navegar en la Hidroeléctrica del río Sogamoso

Yesid Gerardo Álvarez Tapias, Enrique Delgado Arenales

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Mecánico

Director

Jorge Luis Chacón Velasco

Doctor en Procesos Termofluidodinámicos Aplicados a MCI

Codirector

Ricardo Alfonso Jaimes Rolon

MSc. en Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2020

Contenido

Introducción	22
1. Planteamiento del problema y justificación	23
2. Objetivos	25
2.1 Objetivo general	25
2.2 Objetivos específicos	25
3. Marco de referencia	26
3.1 Marco teórico	26
3.1.1 Definición de embarcación de recreo.....	26
3.1.2.3 Moto de agua.	28
3.1.2.4 Bote.	29
3.1.3 Partes generales de una embarcación.....	29
4. Análisis de alternativas y selección de sistemas	32
4.1 Sistema de propulsión	32
4.2 Geometría del casco.....	36
4.3 Materiales	39

4.4 protección ante el sol y lluvias	43
5. Diseño de la embarcación	46
5.1 Zona de navegación	46
5.1.2 Categorías de diseño.	47
5.2 Dimensionamiento	49
5.2.1 Base de datos.	49
5.2.2. Dimensionamiento a partir de la base de datos filtrada.	52
5.3. Escantillado	62
5.4 Desplazamiento	70
5.5 Estabilidad.....	73
6. Manual de uso	85
7. Comparación económica.....	93
7.1 Cotización de envío	93
7.2 Costo de embarcaciones. (Embarcaciones para importar)	93
7.3 Cotización en Colombia.....	96
8. Conclusiones.	99
9. Recomendaciones	101
Referencias Bibliográficas	102
Apéndices.....	104

Lista de Tablas

Tabla 1. Ponderación del sistema de propulsión	36
Tabla 2. Ponderación de la geometría del casco	39
Tabla 3. Ponderación de los materiales a utilizar	43
Tabla 4. Alternativas ganadoras	44
Tabla 5. Zonas de navegación	47
Tabla 6. Categorías de diseño	48
Tabla 7. Base de datos sin filtrar.	50
Tabla 8. Base de datos filtrada	51
Tabla 9. Comparación entre cálculos convencionales y utilizando el programa MAXSURF.	56
Tabla 10. Cálculo de la resistencia al avance.	59
Tabla 11. Principales dimensiones de la embarcación obtenidas de MAXSURF resístanse	60
Tabla 12. Especificaciones del motor.	61
Tabla 13. Datos requeridos para el cálculo del escantillonado.	63
Tabla 14. Espesores del escantillonado	64
Tabla 15. Espesores mínimos del escantillonado	64
Tabla 16. Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos	65
Tabla 17. Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos	66
Tabla 18. Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos	68

Tabla 19. Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos	68
Tabla 20. Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos	69
Tabla 21. Sistemas de la embarcación con sus respectivos pesos y posición del centro de gravedad.	71
Tabla 22. Tripulantes	72
Tabla 23. Valor del brazo del brazo adrizante con su respectiva escora.	81
Tabla 24. Comparación de los valores de brazo adrizante.	84

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Embarcación fondo plano	27
Figura 2. Embarcaciones de recreo.	27
Figura 3. Dimensiones principales de una embarcación	29
Figura 4. Partes principales del casco.	30
Figura 5. Motor fuera borda.	33
Figura 6. Sistema de propulsión intra-fuera borda o motor	35
Figura 7. Casco de una embarcación en V semiprofunda.	37
Figura 8. Casco de embarcación de fondo plano	38
Figura 9. Casco de embarcación en V profunda, Casco de lancha craf.	38
Figura 10. Fibra de carbono,	40
Figura 11. Esterilla de fibra de vidrio,	41
Figura 12. Fibra sintética,	42
Figura 13. Disposición general.	45
Figura 14. Pasajeros vs Eslora	52
Figura 15. Pasajeros vs Manga	54
Figura 16. Casco tipo barcaza	55
Figura 17. Casco tipo fondo plano	58
Figura 18. Motor Yamaha	62
Figura 19. Geometría de Hat.	66
Figura 20. Hat achatado utilizado para la embarcación en proceso de diseño.	70
Figura 21. Determinación del metacentro	75

Figura 22. Eslora y manga de una embarcación.	76
Figura 23. Ángulos de escora	77
Figura 24. Angulo de escora y punto del metacentro	79
Figura 25. Brazo a 20°	79
Figura 26. Brazos vs escora	81
Figura 27. Valores obtenidos en MAXSURF de escora y brazos adrizantes	83
Figura 28. Brazos vs Escoras obtenidos del programa MAXSURF	83
figura 29. Embarcación ZHY-B121.	94
figura 30. Embarcación ZB11020	95
figura 31. Embarcación ZHYBT-11028	95
figura 32. Embarcación MG-RB-420C	96
figura 33. cotización caelca.	97
Figura 34. Toldo bimini	98
Figura 35. Comparación de costos.	98

Lista de apéndices

	Pág.
Apéndice A. Embarcaciones seleccionadas para el estudio.	104
Apéndice B. Cálculos de calado y coeficiente de bloque.	112
Apéndice C. Cálculo de la resistencia al avance	125
Apéndice D. Escantillonado	139
Apéndice E. Requisitos de los elementos de refuerzo	160

Glosario

Acoplar: unir dos o más piezas de modo que queden ajustadas.

Alternador: máquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.

Alternativa: posibilidad o necesidad de elegir entre varias opciones.

Babor: costado izquierdo de una embarcación, mirando desde la parte trasera, o popa, hacia la delantera, o proa.

Bahía: entrada de mar en la tierra que forma una concavidad amplia donde pueden fondear los barcos para abrigarse del viento; es de menores dimensiones que un golfo y mayor que una ensenada.

Barcaza: barca grande y descubierta que se utiliza para el transporte de carga entre barcos o entre un barco y tierra.

Borda: canto superior del costado de una embarcación.

Bote: es una embarcación de pequeña eslora con capacidad para flotar y moverse en el agua, ya sea dirigido o no por sus ocupantes.

Boyante: que no se hunde lo suficiente en el agua por no llevar casi carga.

Buque: barco de grandes dimensiones y de porte superior a quinientas toneladas, con más de una cubierta y acondicionado para largos trayectos, que se utiliza con fines militares o comerciales.

Calado: profundidad que alcanza en el agua la parte sumergida de una embarcación.

Capitán: o comandante es la persona encargada del mando de un barco en el mar.

Carena: parte de una embarcación que queda por debajo de la superficie del agua.

Casco: es el cuerpo estructural del barco sin incluir la cabina, el mástil, la jarcia o la quilla .

Combustión: reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

Confort: condiciones materiales que proporcionan bienestar o comodidad.

Costado: es cada uno de los lados que forman el casco del buque de popa a proa y desde la línea de agua hasta la borda.

Crucero: barco de guerra muy veloz, provisto de potente artillería y con un amplio radio de acción, cuya misión consiste en cruzar por determinados parajes para vigilarlos.

Crujía: se denomina al plano longitudinal de simetría de un buque; es decir, al espacio de proa a popa.

Cuaderna: pieza curva cuya base encaja en la quilla del buque, desde donde arranca en dos ramas simétricas, formando parte del armazón del casco.

Cubierta: cada una de las superficies (suelos) de madera o metal de un buque (barco) que, a diferentes alturas respecto de la quilla, afirmados sobre los baos, dividen el buque horizontalmente.

Desplazamiento: es el peso de la embarcación y el peso del volumen de agua desplazada por el casco, incluyendo todos los apéndices sumergidos.

Embalse: gran depósito artificial de agua, construido generalmente cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa

Embarcación: construcción capaz de flotar, de ser dirigida por el hombre y propulsada por el viento u otro procedimiento; designa especialmente las de poco tonelaje.

Embarcación de planeo: cuando un barco planea, su casco esta fuera del agua desapareciendo el desplazamiento y manteniéndose sobre el agua a pesar de su peso por la presión de la superficie del casco sobre la superficie del agua.

Escantillonado: cálculo de las dimensiones principales de un buque o de un elemento estructural.

Escora: inclinación lateral que toma un buque por la fuerza del viento, el ladeamiento de la carga u otra causa.

Eslora: longitud de una embarcación desde la proa a la popa.

Estabilidad: propiedad de un cuerpo de mantenerse en equilibrio estable o de volver a dicho estado tras sufrir una perturbación.

Estibar: distribuir de manera adecuada la carga de una embarcación.

Estribor: costado derecho de una embarcación, mirando desde la parte trasera, o popa, hacia la delantera, o proa.

Flotación: la línea de flotación es la línea formada por la intersección del plano formado por la superficie del agua con el casco de un barco; separando la parte sumergida (obra viva), de la que no lo está (obra muerta).

Fluvial: de los ríos o que tiene relación con ellos.

Francobordo: distancia vertical desde la cubierta principal de una embarcación hasta la línea de carga que indica el calado máximo autorizado.

Fueraborda: motor con hélice que se instala en la popa de una embarcación por la parte exterior.

Hat: refuerzo del casco

Hélice: es un dispositivo mecánico formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica y solidarias de un eje que, al girar, las palas trazan un movimiento rotativo en un plano.

Hidroeléctrica: el adjetivo hidroeléctrico refiere a lo perteneciente o relativo a la hidroelectricidad. Este término está vinculado a la electricidad que se obtiene mediante la energía hidráulica, que es el tipo de energía generada por el movimiento del agua.

Lancha: embarcación ligera capaz de alcanzar gran velocidad, utilizada para el servicio de buques de guerra o para vigilar la costa.

Mamparo: tabique con que se divide en compartimientos el interior de un barco.

Manga: es la medida del barco en el sentido transversal, es decir de una banda a otra (de estribor a babor). Se mide en la parte más ancha del barco.

Metacentro: en un cuerpo simétrico flotante, punto en que la vertical que pasa por el centro de flotación corta, cuando aquel se desvía de su posición de reposo, la dirección que toma en tal caso la línea que pasaba antes por los centros de gravedad y de flotación, y que era vertical.

Navegar: desplazarse por el agua con una nave o una embarcación.

Ola: onda de gran amplitud que se forma en la superficie del agua a causa del viento o de las corrientes.

Pasajero: persona que viaja en un vehículo sin conducirlo ni formar parte de la tripulación.

Popa: parte posterior de una embarcación.

Proa: parte delantera de una embarcación o de una aeronave.

Propulsión: procedimiento que se utiliza para mover hacia adelante un vehículo mediante la expulsión de una corriente de gases, producidos a gran presión por el motor, en dirección contraria a la marcha.

Prototipo: primer ejemplar que se fabrica de una figura, un invento u otra cosa, y que sirve de modelo para fabricar otras iguales, o molde original con el que se fabrica.

Puntal: tiene en un barco dos significados, uno es del Puntal (buque), elemento principal para la carga y descarga con medios de a bordo y el otro significado es la altura del cuerpo del buque desde la quilla hasta la cubierta, es decir, calado más francobordo

Quilla: pieza alargada de madera o de hierro, que va de proa a popa por la parte inferior de una embarcación, y en la que se apoya toda su armazón.

Refuerzo: pieza o parte de una cosa que sirve para hacerla más fuerte o resistente.

Remo: instrumento para remar que consiste en una pala larga y estrecha de madera que permite mover o hacer avanzar una embarcación haciendo con ella fuerza en el agua.

Represa: depósito natural o artificial de agua en un punto del curso de una corriente.

Timón: pieza articulada de hierro o madera situada en la parte trasera de una embarcación, que sirve para conducirla o controlar la dirección.

Trimado: operación siguiente a la estiba de algunas mercancías (cereales, minerales, etc.), que consiste en aplanar la superficie de las mismas, con lo que se consigue aprovechar mejor el espacio disponible y dar mayor seguridad a la navegación.

Turbina: máquina que consiste en una rueda en el interior de un tambor provista de paletas curvas sobre las cuales actúa la presión de un fluido haciendo que esta gire.

Vela: la vela es toda superficie generalmente una pieza de tela o lámina de material plástico utilizada para propulsar una embarcación mediante la acción del viento sobre ella.

Velero: que se mueve por medio de una o más velas.

Yate: embarcación de recreo a motor o a vela, de manga o anchura mayor que un velero, con camarotes y generalmente lujosa.

Zona costera: zona donde predominan las aguas costeras, marinas, estuarinas y cercanas a las orillas de los grandes lagos y mares interiores, así como, una porción de tierra cercana a la costa

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCION
A_D	m^2	área de diseño

AP	-	popa (es la parte delantera del barco que con forma de cuña corta las aguas en marcha adelante)
A_w	cm^2	área de sección transversal
B	m	manga
b	mm	dimensión menor del panel
b_b	mm	ancho inferior del Hat
b_c	mm	ancho superior del Hat
BM	m	distancia desde el centro de flotación hasta el metacentro.
B_w	m	manga máxima de flotación
C_b	-	coeficiente de bloque
C_m	-	coeficiente de la maestra
C_p	-	coeficiente prismático
C_u	mm	distancia del centro de gravedad a la concavidad
CX	-	coeficiente del área en la sección máxima
D	m	calado
DWL	m	también llamado longitud de la línea de flotación
E	N/mm^2	modulo elástico
F_n	-	numero de froude
FP	-	proa
g	m/s^2	gravedad
GZ	-	brazo adrizante
h	m	altura del centro del panel
I	cm^4	momento de inercia
K_{1S}	-	factor deflector para el refuerzo
K_2	-	actor de relación de aspecto de paneles para fuerzas flectoras
K_5	-	factor de tipo de piel mínima para sándwich.
K_7	-	factor de espesor

K_8	-	factor de espesor
K_{AR}	-	factor de reducción de presión
K_B	m	altura del centro de flotación
K_C	-	factor de corrección de los paneles
K_{CS}	-	factor de ajuste por curvatura
K_{DC}	-	factor de categoría de diseño
K_G	m	distancia vertical del centro de gravedad con respecto al origen.
K_L	-	factor longitudinal
K_M	m	distancia desde la quilla hasta el metacentro
K_{M_t}	-	metacentro transversal
K_R	-	componente estructural y factor del tipo de barco
K_{SA}	-	factor de refuerzo tangencial
K_{SHC}	-	factor de esfuerzo del cortante
K_Z	-	factor de reducción de presión del costado
LCB	m	centro longitudinal de flotabilidad
LCG	m	distancia longitudinal del centro de gravedad con respecto al origen.
L_{oa}	m	eslora de flotación
L_{PP}	m	longitud entre perpendiculares
l_u	mm	mayor distancia de un panel entre los refuerzos
L_{WL}	m	longitud de la línea de flotación
M_{Idc}	kg	desplazamiento
MRU	Kg/m^2	masa del refuerzo de la unión
m_{wl}	kg	desplazamiento máximo
n_{CG}	-	factor de carga dinámica

P_{BMD}	KN/m^2	presión de diseño en el fondo
P_{DM}	KN/m^2	presión de diseño en el costado
R	libras	resistencia total
r_T	Libras/to nelada	relación resistencia desplazamiento
s	mm	espacio entre el centro de gravedad de dos refuerzos consecutivos
SM	cm^3	momento resistente
t	mm	espesor total del mamparo
T_{BHD}	mm	espesor del mamparo
t_c	mm	espesor del núcleo
T_d	N/mm^2	esfuerzo de diseño a la cortante
T_p	mm	espesor del costado
t_s	mm	espesor de la piel exterior
T_U	N/mm^2	resistencia de rotura por cortante
t_w	mm	espesor del Hat
v	kn	velocidad de la embarcación
W_f	Kg/m^2	masa de fibra por la superficie
W_{min}	KN/mm^2	esfuerzo mínimo
YG	m	distancia transversal del centro de gravedad con respecto al plano de crujía.
Z	mm	altura de la parte superior del casco
β	$^\circ$	Angulo de astilla muerta
Ψ	-	contenido en masa de vidrio
σ_{uf}	N/mm^2	resistencia de rotura por flexión
σ_u	N/mm^2	esfuerzo de diseño
∇		desplazamiento

Resumen

Título: diseño de una embarcación turística para navegar en la hidroeléctrica del río Sogamoso*.

Autores: Enrique Delgado Arenales, Yesid Gerardo Alvarez Tapias**.

palabras clave: embarcación, eslora, represa, turístico, casco.

Descripción:

En vacaciones las personas solo buscan un lugar para descansar, relajarse e incluso pasarla bien, ya sea con amigos o familiares, estos lugares turísticos deben contar con una serie de equipos para dejar satisfechas a personas o en este caso a los turistas quienes arriben para pasar sus vacaciones o simplemente un fin de semana familiar. Actualmente, la hidroeléctrica del río Sogamoso está utilizando su embalse para convertirlo en un lugar turístico, por lo tanto, gran mayoría de los equipos a necesitar son acuáticos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto desarrolla el diseño de una embarcación menor con capacidad para seis pasajeros con énfasis en analizar si es más económico la fabricación de éste en Colombia o importarlo. El proyecto presenta un énfasis en analizar las alternativas y seleccionar la que sea más viable para la embarcación teniendo en cuenta el lugar para el cual va dirigido, teniendo de ante mano la norma NTC ISO 12215 con sus respectivas partes utilizadas para el diseño.

El diseño del casco llevado a cabo en este proyecto es de tipo barcaza con los respectivos refuerzos que mejor soportan y se acoplan a su diseño, este tipo de casco permite una mayor distribución en el espacio interior. El presente proyecto solo es de diseño conceptual, lo que significa que no se construirá un prototipo.

* Proyecto de grado

** Facultad De Ingeniería Físico-Mecánicas Escuela De Ingeniería Mecánica Director: Jorge Luis Chacón Velasco Dr. en Procesos Termofluidodinámicos Aplicados a MCI, Codirector: Ricardo Alfonso Jaimes Rolon MSc. En Ingeniería Mecánica

Abstract

Title: design of a tourist boat to navigate the hydroelectric of the Sogamoso river*.

Authors: Enrique Delgado Arenales, Yesid Gerardo Alvarez Tapias**.

key words: boat, length, dam, tourist, helmet.

Description:

On vacation, people just look for a place to rest, relax and even have a good time, whether with friends or family, these tourist places must have a series of equipment to satisfy people or in this case tourists who arrive to spend your vacation or just a family weekend. Currently, the Sogamoso River hydroelectric plant is using its reservoir to turn it into a tourist place, therefore, most of the equipment needed is aquatic.

Taking into account the above, this project develops the design of a smaller vessel with capacity for six passengers with an emphasis on analyzing whether it is cheaper to manufacture it in Colombia or import it. The project presents an emphasis on analyzing the alternatives and selecting the one that is most viable for the vessel taking into account the place for which it is intended, taking into account the NTC ISO 12215 standard with its respective parts used for the design.

The design of the hull carried out in this project is of the barge type with the respective reinforcements that better support and fit its design, this type of helmet allows a greater distribution in the interior space. The present project is only of conceptual design, which means that a prototype will not be built.

* Proyecto de grado

** Facultad De Ingeniería Físico-Mecánicas Escuela De Ingeniería Mecánica Director: Jorge Luis Chacón Velasco Dr. en Procesos Termofluidodinámicos Aplicados a MCI, Codirector: Ricardo Alfonso Jaimes Rolon MSc. En Ingeniería Mecánica

Introducción

La navegación ha sido y es muy importante para el desarrollo de la humanidad, mediante esta se logra el intercambio comercial entre naciones, además también es una actividad que se realiza con fines de esparcimiento para el disfrute de los diferentes paisajes, como mares, océanos, lagunas, represas, entre otros.

Durante el siglo XVIII se experimentó con las lanchas motoras añadiendo una hélice a las embarcaciones propulsadas por motores de vapor. Este tipo de lanchas “motoras” ya no se construyen porque fueron sustituidas por las lanchas motoras con motores de combustión interna, creadas a finales del siglo XIX.

Dentro de estas embarcaciones podemos encontrarlas tipo recreo, son aquellas que tengan eslora de casco comprendida entre 2.5 y 24 metros, proyectadas y destinadas para fines recreativos y deportivos, y que no transportan más de 12 pasajeros.

El presente trabajo de grado muestra el proceso de diseño de una embarcación turística para navegar en la hidroeléctrica del río Sogamoso, debe contar una buena eficiencia, confort para los pasajeros y su respectiva seguridad.

1. Planteamiento del problema y justificación

Lo que pretende este proyecto es el transporte de turistas aguas adentro del embalse con la mayor seguridad y comodidad posibles, buscando que en un futuro pueda ser implementado en diferentes represas del país.

Hacer el diseño detallado con ayuda de herramientas digitales CAD/CAE y sus cálculos necesarios siguiendo las normas establecidas es importante para evitar posibles fallas o accidentes en su puesta en funcionamiento, eludiendo así pérdida de vidas humanas, como ocurrió en el municipio colombiano ubicado en la subregión oriente del departamento de Antioquia con la embarcación llamada el almirante:

“En la embarcación iban más de 160 personas. se habla de 160 desaparecidos según autoridades. lo que comenzó como un recorrido turístico de diversión durante este puente festivo en el peñol, Antioquia, terminó en tragedia, aproximadamente hacia las dos de la tarde de este domingo, se reportó el hundimiento de una embarcación turística en el reconocido embalse el peñol-Guatapé. Según primeras informaciones, más de 170 turistas estarían en el barco en el momento del accidente.”

¿Cuál sería la mejor solución para el diseño de una embarcación de turismo para los diferentes embalses del país y su aporte en la región en la cual se implementa?, Con la posible implementación de este diseño generaría desarrollo en la región al contribuir en el incremento del turismo, además esto beneficia a la escuela de ingeniería mecánica (EIM) de la universidad

industrial de Santander (UIS) a cumplir con su visión como generadora de progreso y promotora del desarrollo económico de la región.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar una embarcación turística para navegar en la hidroeléctrica del río Sogamoso.

2.2 Objetivos específicos

- Diseñar la embarcación turística para la hidroeléctrica del río Sogamoso teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

- Tipo de embarcación cubierta.
- Potencia en un rango de 2 a 4 hp.
- Capacidad para 6 tripulantes (y un capitán).
- Combustible a utilizar gasolina

- Identificar la característica del modo de instalación del motor a utilizar, para contar con el mayor espacio posible dentro de la embarcación.

- Elaborar un manual de uso para garantizar un buen funcionamiento de la embarcación.

- Desarrollar una evaluación comparativa entre importar una embarcación y la fabricación de la embarcación en el país con el fin de resaltar cuál de las dos opciones beneficia más económicamente, (importarla o fabricarla en Colombia).

3. Marco de referencia

3.1 Marco teórico

Para el diseño de una embarcación se debe tener en cuenta el lugar donde va a navegar, dependiendo de ello se cambian factores que influyen en el diseño del casco de dicha nave. El marco teórico de este proyecto se basa en conocer los sistemas y sus respectivas partes de la embarcación, así como la simbología con la cual nombran las medidas y partes.

3.1.1 Definición de embarcación de recreo. Embarcación se define como cualquier tipo de vehículo que es utilizado para navegar en agua impulsado por remos, motor u otro tipo de sistema de propulsión que le permita moverse. Las embarcaciones son utilizadas para el transporte de pasajeros o carga. “una embarcación que transporte doce pasajeros o menos y que no posea espacios de carga es considerada como nave de pasaje, a su vez se define pasajero a aquella persona que no sea el capitán u otra persona que se encuentre a bordo con ocupaciones relacionadas con el mismo” (Lawyer Spain , 2003).

Toda embarcación de cualquier tipo sin importar su sistema de propulsión cuya eslora está comprendida entre 5,4 y 24 metros de acuerdo con la norma y utilizada para fines deportivos o de ocio es considerada como embarcación de recreo. Este tipo de naves suele ser utilizado en zonas costeras, lagos, ríos y represas donde esté presente el turismo y espacios aptos para el deporte náutico.

La siguiente imagen fue tomada de una embarcación en la playa de puerto peña(España) donde unos de los principales atractivos para realizar son actividades acuáticas, dicha embarcación es de recreo para un pasatiempo familiar.



Figura 1. Embarcación fondo plano

3.1.2 Tipos de embarcaciones de recreo. Embarcación de recreo (La Mar en Calma , 2016).

En las embarcaciones de recreo podemos encontrar 4 tipos:

A continuación, se muestra una imagen de la clasificación de estos tipos de embarcaciones.

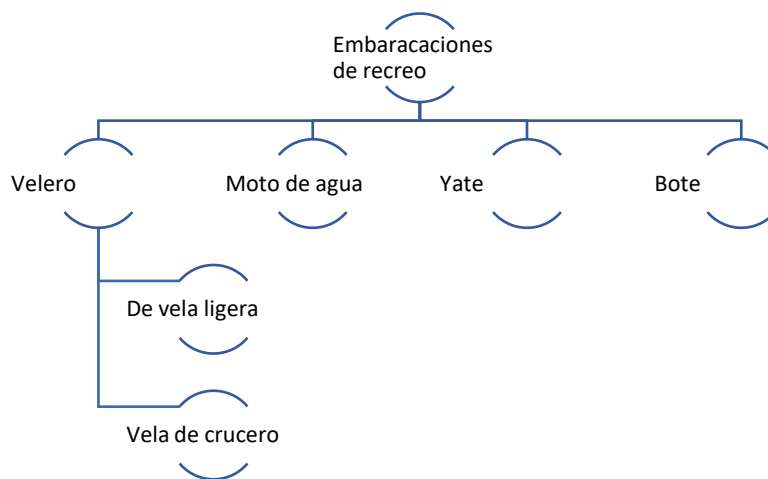


Figura 2.Embarcaciones de recreo.

3.1.2.1 Velero. Es una embarcación que funciona gracias al viento. Los veleros abarcan una amplia gama de tamaños y usos previstos, desde pequeñas embarcaciones de vela ligera a superyates enormes. Su propósito puede ser el de navegar en crucero de larga distancia, competir o simplemente, aprender a navegar

De vela ligera: Los barcos de vela ligera son aquellos que pueden observarse regatear regularmente cerca de la costa. Pertenecen a la clase de veleros que comienzan su actividad varados en tierra y la finalizan de la misma forma. (Navegar , 2015)

Vela de crucero: Es el tipo de navegación que se realiza con veleros de mayor tamaño que los utilizados en la vela ligera, denominados cruceros.

3.1.2.2 Yate. Cada embarcación que dispone de alojamiento y se utiliza exclusivamente para la diversión, ya sea esta pura distracción o competiciones (Sailing Heaven, 2019). El tamaño de los yates generalmente varía entre 10 y 100 metros. Los yates de lujo de menos de 12 metros son comúnmente llamados “cruisers”. Un “mega yate” generalmente se refiere a uno de más de 30 metros y un “super yate” a uno de más de 60 metros.

3.1.2.3 Moto de agua. La moto acuática es una embarcación ligera con un sistema de conducción similar al de una motocicleta convencional, con un motor situado dentro de la misma, la principal diferencia de las motos acuáticas con otros tipos de embarcación tipo lancha o bote a motor es que no usan hélice sino que son propulsadas por un chorro de agua (turbina) esta sale de la parte trasera de la nave, extrae el agua de debajo de la embarcación por medio de una bomba, luego la expulsa a través de una boquilla. (Deportes Acuaticos , 2011)

3.1.2.4 Bote. Es una embarcación pequeña con poca capacidad, utilizada mayormente para pesca, turismo o bien para embarcación auxiliar de otra más grande en caso de emergencia.

3.1.3 Partes generales de una embarcación (ver figuras 2 y 3). Ya que este bote va dirigido a navegar en aguas tranquilas y transporte de seis tripulantes y su conductor, se enfocará en: el casco, el sistema de propulsión, el sistema de navegación (dar dirección), el tipo de hélice y el techo. Así mismo se debe tener en cuenta que ésta debe contar con una estructura estética y comfortable, sillas ergonómicas para la comodidad de los tripulantes y equipo de seguridad en caso de emergencia.

Casco: El casco es el vaso o forro externo del barco, es lo que envuelve e impermeabiliza la estructura del barco formando así el armazón de la embarcación. El casco de un barco puede ser de diferentes materiales, madera, hierro, aluminio, fibra de vidrio, hormigón, etc.

En la siguiente imagen se muestran las partes importantes que se deben conocer para iniciar el diseño de una embarcación utilizada para turismo con su respectiva nomenclatura.

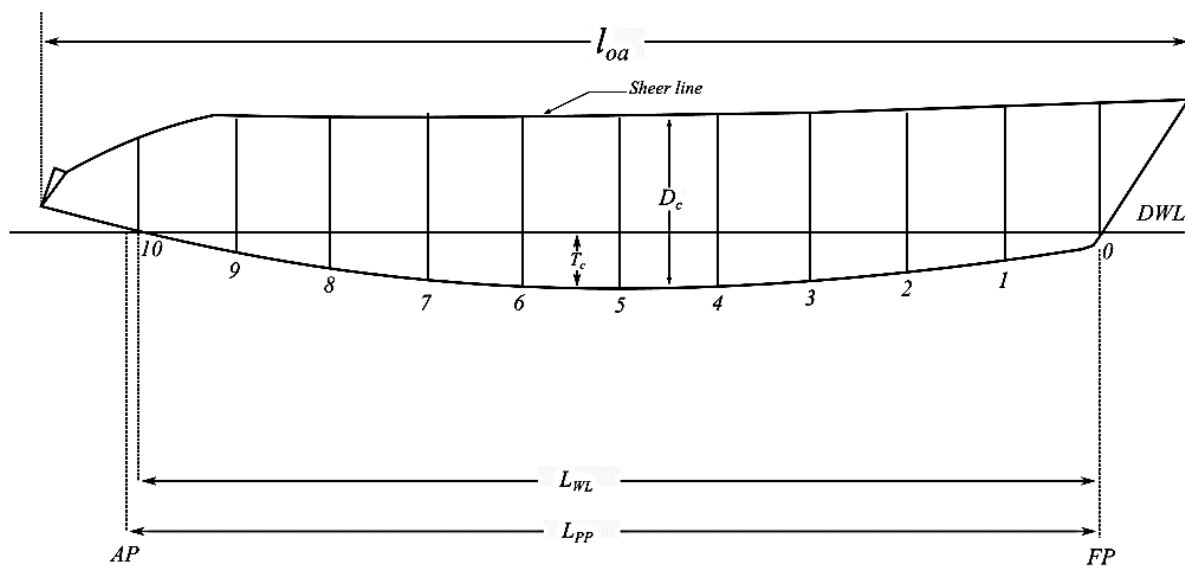


Figura 3. Dimensiones principales de una embarcación

Loa: también llamada eslora, es la distancia entre dos planos perpendiculares a la línea de crujía entre la parte más saliente de popa y la más saliente de proa de la embarcación.

Lwl: la longitud de la línea de flotación diseñada (a menudo denominada DWL).

Longitud entre perpendiculares (Lpp): Esta longitud no se usa mucho en la navegación, pero es muy importante en los barcos. la perpendicular delantera (FP) es el extremo delantero de la línea de flotación diseñada, mientras que la perpendicular posterior (AP) es el centro de la culata del timón

Proa: (ver figura 3), Es la parte delantera del barco que con forma de cuña corta las aguas en marcha adelante.

Popa: (ver figura 3), Es la parte trasera o posterior del barco. Es el final de la estructura donde va instalado el timón y las hélices.

La siguiente imagen muestra las partes de orientación de las embarcaciones.

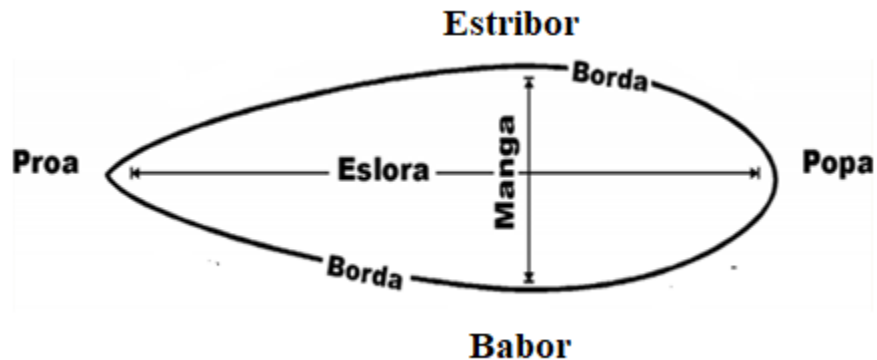


Figura 4. Partes principales del caso.

Babor y estribor son, respectivamente, los lados izquierdo y derecho de una embarcación, mirando hacia proa (la parte delantera del barco).

Costado: Es cada uno de los lados verticales que resultan al dividir el barco en un plano longitudinal vertical. Un barco tiene dos costados, el costado de estribor en la parte derecha y el costado de babor en la parte izquierda.

Cubierta: Es el cierre del casco en posición horizontal por su parte superior haciendo estanco al casco. En otras palabras, la cubierta es el piso del barco en su parte superior.

Sistema de propulsión: es importante considerar el diseño de la hélice y el poder requerido bajo diferentes circunstancias para ello se debe seleccionar el tipo de motor con su respectiva hélice para cumplir con las especificaciones de capacidad de tripulantes, velocidad para vencer la resistencia del agua ante el avance y de esta manera obtener un óptimo rendimiento.

Techo: debido a que la embarcación no se diseña para elevadas velocidades, sino para comodidad de la tripulación se hace necesario contar con este para brindar protección contra los rayos solares.

Sistema de navegación: para poder cambiar de rumbo la embarcación en la represa es indispensable establecer la manera como esta se va a realizar, ya sea con timón o por giro manual de todo el sistema de propulsión.

4. Análisis de alternativas y selección de sistemas

Para el planteamiento de alternativas de solución en el diseño del producto se analizan los principales sistemas para tener en cuenta la diferencia entre una embarcación de otra. El planteamiento y selección de dichas alternativas nos ayudarán a determinar la mejor embarcación teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas.

Para ello en la embarcación se tendrá en cuenta los siguientes sistemas:

- Sistemas de propulsión (disposición del motor y hélice).
- Principal material para utilizar.
- Geometría de los cascos.
- Con toldo o sin toldo.

4.1 Sistema de propulsión

El sistema de propulsión es uno de los sistemas fundamentales en el diseño de la embarcación, su función principal es convertir la energía química del combustible en trabajo útil para ser usado en la propulsión de la embarcación.

Alternativa 1: Motor fuera borda.

La siguiente imagen los muestra un bote de pesca con consola central en v y motor fuera borda.



Figura 5. Motor fuera borda. Taylor, M. (2017). T-Top Boat Cover Instructions.

Son diseñados para instalarse en el montante de la popa de embarcaciones de pequeño tamaño, y pueden pivotar horizontalmente de manera que sirven como timón, incluso con el motor apagado, para dirigir la navegación. También tiene grados de libertad de movimientos con respecto a la inclinación vertical, lo cual permite maniobrar la embarcación sumergiendo o elevando la quilla, esto con el fin de evitar obstáculos o para la protección de este cuando el bote es remolcado. Otra ventaja de este es que se puede desmontar para llevarlo al taller en caso de reparación o mantenimiento.

El consumo, para un mismo rendimiento es superior a los demás. Pero este menor rendimiento queda compensado con el aprovechamiento que hace la hélice de los filetes vivos de agua, ya que trabaja a más profundidad que el casco de la embarcación. Su potencia y autonomía están de acuerdo con la potencia del motor y el combustible.

Cuando se arranca el motor, debido a que la refrigeración es por agua, el conducto de aspiración (que está junto a la hélice) tendrá que estar sumergido. De lo contrario, al no funcionar la refrigeración, el motor puede sufrir un calentón.

Si por cualquier despiste no se levanta a tiempo el motor y toca fondo, lo más probable es que se produzcan averías en la cola y en la hélice.

En los motores de baja potencia el depósito de gasolina está anexo al motor. Esto presenta el inconveniente de que al acostar el motor se producen pérdidas de combustible, por lo que, si se arranca el motor sin haberse evaporado estas pérdidas puede causar un incendio.

Debido a su pequeño volumen es un motor muy revolucionado. Tiene la característica de precisión por tener piezas muy pequeñas y de gran ajuste.

La embarcación que lleve fuera-borda no necesita timón, la alineación de la hélice lo sustituye de tal forma que la embarcación puede girar en un punto.

Alternativa 2: Motor interior fijo.

Como su nombre lo indica este va fijo al cuerpo del bote, en este tipo de motor las reparaciones deben ser a bordo, lo que hace que los costos de estas sean más elevados y debido a que están poco ventilados tienen más riesgos de incendiarse con respecto a los fuera borda.

Cuando la embarcación alcanza cierto tamaño, desde 9 o 10 m de eslora hacia arriba, un motor interno Diesel empieza a ser necesario.

Respecto a los motores fuera- borda presentan grandes desventajas, excepto que los equipos auxiliares como son: alternador, batería, depósito de combustible, sistema de arranque, están más asequibles porque están más distanciados.

Alternativa 3. Motor intra- fuera borda

Es el motor que más complicaciones presenta, dado que tiene el inconveniente de estar fijo el cuerpo del motor y móvil la parte propulsora, al estilo del fuera- borda, la unión de ambas partes

va estanca con unas gomas en fuelle. La parte propulsora es fácil de desmontar y llevar al taller o a tierra.

Se trata de un sistema complejo para el cual deben darse unas dimensiones que favorezcan su acoplamiento; además, requiere otros sistemas auxiliares para el funcionamiento de la máquina principal. Es un sistema en que parte de sus elementos tal como la hélice o el eje, están sumergidos de manera permanente por lo que puede contribuir al deterioro de la máquina, además de incrementar los costes de mantenimiento e incomodar la reparación de ésta. Además, existe el riesgo de entrada de agua por la bocina.

La siguiente imagen muestra el montaje de un sistema de propulsión intra-fuera borda o motor z para una embarcación.

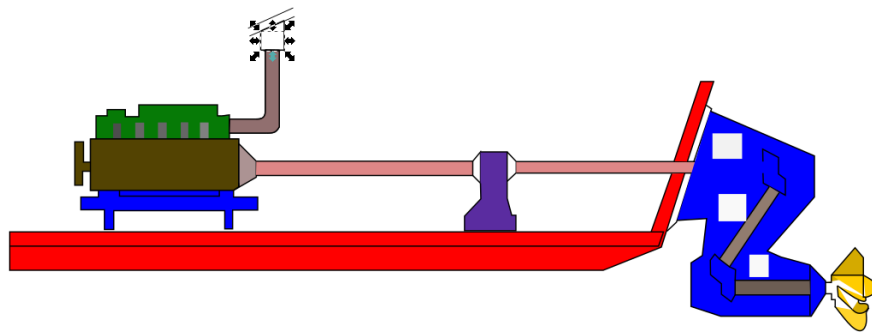


Figura 6. Sistema de propulsión intra-fuera borda o motor

Para la evaluación de alternativas se utilizará una escala de 1 a 5, siendo 5 el más asimilable al ideal. es lo mismo para las tablas siguientes.

En la siguiente tabla se muestra la calificación de las alternativas para seleccionar una alternativa.

Tabla 1.

Ponderación del sistema de propulsión

Requerimientos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Precio	5	4	3
Mantenimiento	5	3	4
Distribución de espacio	4	3	2
Promedio ponderado	4,7	3,3	3

Nota: * De acuerdo con la escala dada a cada requerimiento se calcula cuál de las alternativas es la mejor, en este caso la alternativa 1.

4.2 Geometría del casco

Hasta hoy en día que los diseños se hacen con medios gráficos informatizados los cascos de los barcos se parecen. Las variantes dependen del uso, del tipo de navegación y del material con que se construyen, pero afectan al trazo de unas curvas básicas muy parecidas.

Alternativa 1: V Semiprofunda.

La siguiente imagen muestra el modo del casco de la embarcación de v semiprofunda y sus respectivas partes en una vista frontal.

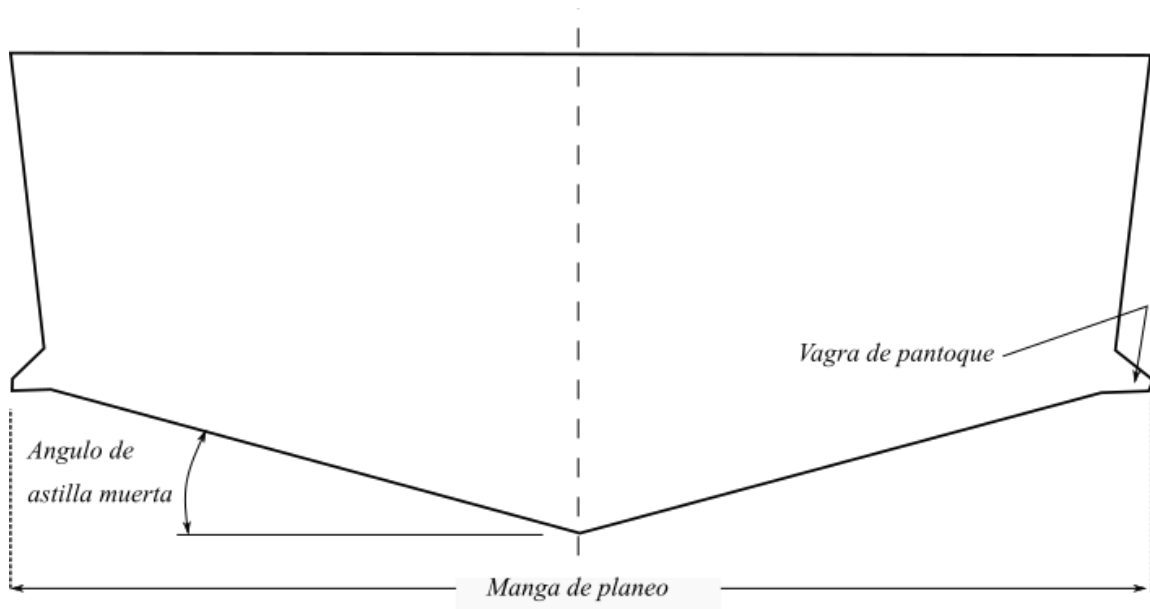


Figura 7. Casco de una embarcación en V semiprofunda.

Tiene mayor francobordo, corta mejor las olas por lo que soporta hasta cierto límite de condiciones adversas del medio. Debido a su diseño tiende a hundirse más en el agua, por lo tanto, necesita de más potencia.

La carena en forma de V es propia de los barcos de planeo y semiplaneo. Los primeros barcos con la carena en forma de V datan de los años 50 y 60, pero entonces el ángulo de la V era igual o parecido de proa a popa, saltar una ola. Una adecuada elección es fundamental al adquirir una lancha de pequeña o mediana eslora.

Alternativa 2: Fondo Plano.

La siguiente imagen muestra el modo del casco de una embarcación en fondo plano.

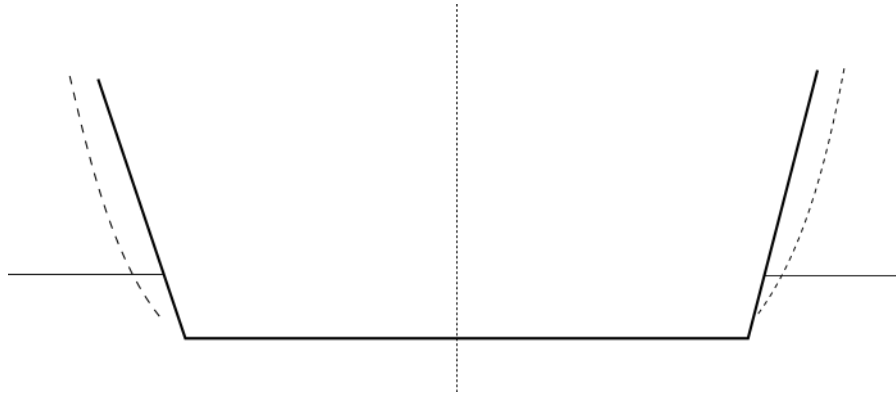


Figura 8. Casco de embarcación de fondo plano,

En comparación con el V semiprofunda este no se hunde tanto, lo que lleva a utilizar motores de más baja potencia. Es el tipo de casco para embarcaciones más apropiados para navegar en aguas protegidas. El casco de fondo plano despega rápidamente la embarcación del agua y le permite planear en pocos segundos, reduciendo el consumo de combustible, este diseño del casco permite un mayor espacio interior.

Alternativa 3: V Profunda.

La siguiente imagen muestra el casco de lancha rápida craf, el modo del casco es en v profunda para condiciones altas de oleaje.

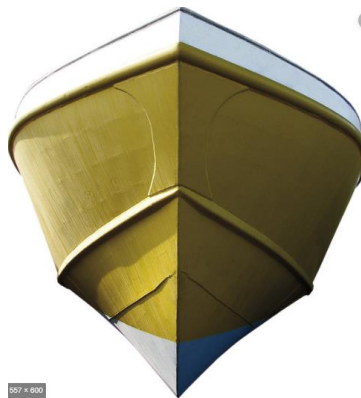


Figura 9. Casco de embarcación en V profunda, Casco de lancha craf.

Soporta sin problemas duras condiciones de oleaje con caídas más suaves y cortes de agua limpios. Claro que estos modelos (empleados en lanchas y embarcaciones más grandes, como Day cruisers o cruceros) al tener mayor superficie de contacto con el agua requieren de motores de mayor potencia, por lo que no se destacan en bajo consumo si los comparamos con los otros diseños.

En la siguiente tabla se muestra la selección de la alternativa del diseño del casco.

Tabla 2.

Ponderación de la geometría del casco

Requerimientos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Consumo de potencia	3	5	2
Estabilidad	4	4	5
Baja velocidad	2	3	3
Promedio ponderado	3	4	3,3

Nota: * esta calificación se llevó a cabo de uno a cinco siendo cinco la mejor calificación, y la alternativa con mejor promedio ponderado es la ganadora. Elaboración propia.

4.3 Materiales

En el presente ítem se presentará una breve introducción de los materiales más utilizados para este tipo de trabajo con el fin de situar en contexto las razones por las que se ha escogido el material seleccionado para este proyecto.

Alternativa 1: Fibra de carbono.

La fibra de carbono posee una resistencia y módulo de elasticidad fuera del alcance de otras fibras. Esta presenta propiedades como una gran resistencia y rigidez, buen comportamiento ante la fatiga, bajo coeficiente de dilatación térmica, elevada resistencia química y no se ve afectado por el contacto con el agua de mar.

La fibra de carbono se trata de una fibra sintética que se fabrica a partir de poliacrilonitrilo expuesto a altas temperaturas y en ausencia de oxígeno que ofrecerá altos valores de resistencia por peso y rigidez por peso tras la oxidación y la carbonización

La siguiente imagen muestra como los tejidos de fibra de carbono se producen por medio de filamentos.

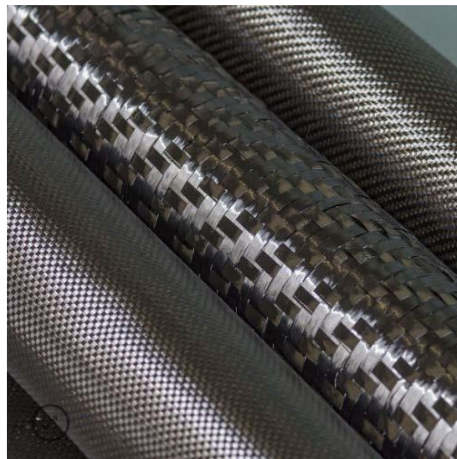


Figura 10. Fibra de carbono,

Alternativa 2: Fibra de vidrio.

Las fibras de vidrio están generalmente compuestas por Sílice combinado con diferentes óxidos. Las principales características de este material debido a sus propiedades son: Gran resistencia mecánica, resistente a los agentes químicos, es incombustible, posee una elevada adherencia a la matriz y es buen aislante eléctrico.

Este material de construcción es el más común. Permite diseños de casco con líneas atractivas y la infusión de resina mejora su resistencia, reduce el peso y crea una mejor uniformidad en los acabados.

La siguiente imagen muestra un material formado de fibras de vidrio.



Figura 11. Esterilla de fibra de vidrio,

Alternativa 3: fibra sintética.

Conocido comercialmente como Kevlar, son utilizados en casos donde se necesite resistencia a la tracción con un peso bajo y una gran resistencia al impacto. Entre sus propiedades podemos encontrar: alta resistencia a la tracción, buena resistencia a la fatiga, auto extingible y excelente comportamiento a la corrosión en cualquier ambiente.

La siguiente imagen muestra un tipo de fibra textil proveniente de ciertos derivados del petróleo llamadas fibras sintéticas.



Figura 12. Fibra sintética,

Alternativa 4: Resinas

Las resinas epoxi son las más utilizadas en materiales de alta calidad ya que ofrecen mejores propiedades físicas y mecánicas que otras resinas; además, los compuestos de epoxi y fibra, aunque son más caros que las resinas de poliéster ofrecen piezas con mayor resistencia. Su precio es muy alto.

Ejemplos de resinas:

- CRONOLITA 2009 ACTIVADA. Según el fabricante “Resina isoftálica preacelerada para aplicaciones donde la resistencia química y térmica es importante. No incluye catalizador”
- CRONOLITA 1012 ACTIVADA. Comentarios del fabricante: “Resina ortoftálica preacelerada de uso general para laminados con fibra de vidrio. No incluye el catalizador”

En la siguiente tabla se muestran la selección del tipo de material a utilizar.

Tabla 3.

Ponderación de los materiales a utilizar

Requerimientos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Precio	2	5	3	4
Resistencia	5	4	3	3
Peso	4	3	3	3
Promedio ponderado	3,66	4	3	3,3

Nota: * Nota: * esta calificación se llevó a cabo de uno a cinco siendo cinco la mejor calificación, y la alternativa con mejor promedio ponderado es la ganadora. Elaboración propia.

Según la anterior tabla la alternativa seleccionada es la 2 (fibra de vidrio).

4.4 protección ante el sol y lluvias

Alternativa 1. Embarcación sin techo.

En este caso los pasajeros están expuestos a: rayos directos del sol y lluvias.

Alternativa 2. Embarcación con techo.

En comparación con las embarcaciones que no tienen techo, será una ventaja contar con este para proteger a los pasajeros de los rayos solares y la lluvia.

Teniendo en cuenta la comodidad de los pasajeros la mejor alternativa es la 2 (embarcación con techo)

Selección del sistema.

En la siguiente tabla está el resumen de la selección de las alternativas.

Tabla 4.

Alternativas ganadoras

Subsistema	Alternativa ganadora	Descripción
Propulsión	1	Motor fueraborda
Geometría del casco	2	Fondo plano
Material	2	Fibra de vidrio
Protección solar	2	Con techo

De acuerdo con los resultados obtenidos de las tablas anteriores (tablas 1, 2, y 3) la alternativa más apropiada es la que cuenta con: motor fuera borda (con hélice incluida), tipo de material a utilizar fibra de vidrio, con geometría del casco fondo plano y embarcación con techo. Debido a que cumple con los requisitos obtenidos, por ejemplo, la disposición del motor permite que sea más barato y tenga más mantenibilidad, en cuanto al material es óptimo pues su costo es más barato que la fibra de carbono a largo plazo y posee buenas propiedades las cuales ayudan a que el cuerpo de la embarcación tenga larga vida útil y en el diseño del casco el fondo plano es más apropiado para aguas protegidas, reduciendo la potencia del motor a utilizar.

La siguiente imagen muestra un bosquejo de las alternativas seleccionadas para dicho diseño.

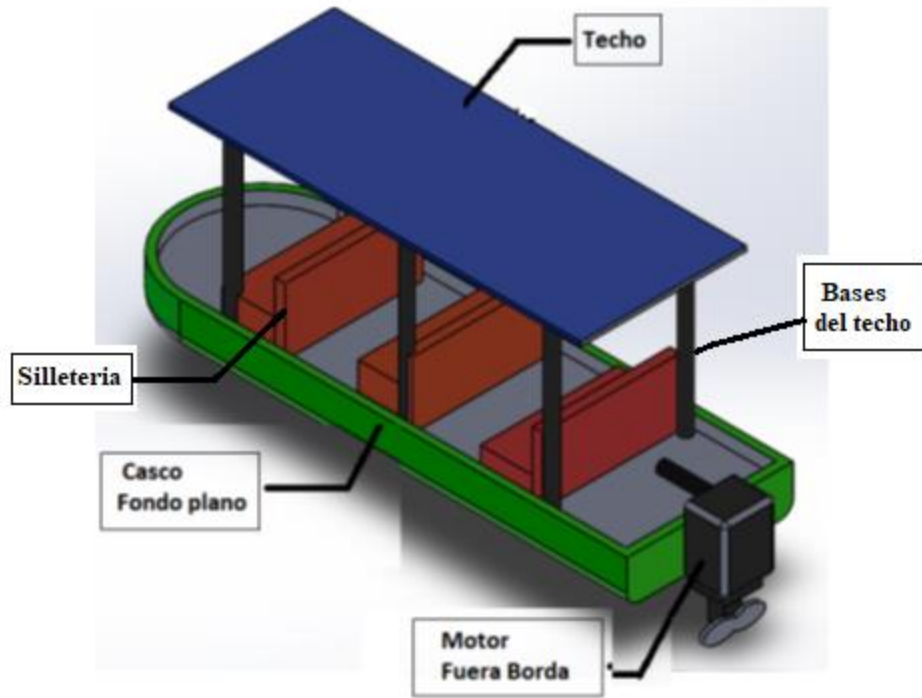


Figura 13. Disposición general.

5. Diseño de la embarcación

Con las alternativas ganadoras se sabe cuáles son los sistemas principales para utilizar, por ejemplo, el casco, el material en el cual va a ser construido, entre otros. Se procede a estimar las principales dimensiones para poder realizar los respectivos cálculos de interiores como escantillonado, espesor del forro, el tamaño de los refuerzos entre otros.

5.1 Zona de navegación

Es una zona limitada en la cual se autoriza navegar a una embarcación teniendo en cuenta las características de esta y el equipo de seguridad con el que cuente.

En la siguiente tabla se muestran las diferentes zonas de navegación existentes.

Tabla 5.

Zonas de navegación

Zonas de navegación	Especificaciones de la zona
Zona 1	Zona de navegación ilimitada
Zona 2	Zona de navegación comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma medida a 60 millas
Zona 3	zona de navegación comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma medida a 25 millas
Zona 4	zona de navegación comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma medida a 12 millas
Zona 5	Zona de navegación en la cual la embarcación no se aleje más de 5 millas a una playa accesible
Zona 6	Zona de navegación en la cual la embarcación no se aleje más de 2 millas a una playa accesible
Zona 7	Zona de navegación para aguas costeras protegidas, puertos, radas, bahías abrigadas y aguas costeras en general.

Nota: * Fernández, C. (2003). Legislación consolidada.

5.1.2 Categorías de diseño. “La categoría de diseño se comenzó a aplicar en las embarcaciones de recreo en 1998 cuando la Unión Europea publicó la primera directiva de marcado “CE”. En esta normativa se expresa las condiciones que deben cumplir los barcos para navegar atendiendo a su estructura, condiciones meteorológicas que se pueden dar en virtud de la distancia de costa y tipo de aguas en que navegan.”¹ (Véase tabla 7)

La siguiente tabla muestra las categorías de diseño de acuerdo con las zonas de navegación.

¹ <https://marinos.es/categoria-de-diseno-y-zona-de-navegacion/>

Tabla 6.

Categorías de diseño

Embarcaciones diseñadas para navegación	Definición	Zonas de navegación correspondientes
A: oceánica	Embarcaciones diseñadas para viajes largos, las olas tengan una altura significativa de 4 metros y que los vientos superen la fuerza de 8 (escala de Beaufort).	1,2,3,4,5,6,7
B: en alta mar	Embarcaciones diseñadas para viajes en alta mar en los cuales se pueda encontrar una fuerza de has 8 y olas de hasta 4 metros.	2,3,4,5,6,7
C: en aguas costeras	Embarcaciones para navegar en aguas costeras grandes bahías y grandes estuarios, lagos y ríos donde se puede encontrar una fuerza de hasta 6 y olas de altura hasta de 2 metros	4,5,6,7
D: en aguas protegidas	Embarcaciones para navegar en lagos, ríos y canales donde se pueden encontrar vientos con una fuerza de hasta 5 y olas con altura hasta 0.5 metros	7

Fuente: Fernández, C. (2003). Legislación consolidada. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-19071-consolidado.pdf>

De acuerdo con la información recopilada y analizada de la Orden FOM/1144/2003, de 28 de abril, (véase tabla 5) se estipula que la embarcación en proceso de diseño estará en la zona de navegación 7 (zona de navegación para aguas protegidas), con esto se conoce que está en la categoría de diseño D (diseñada para navegar en aguas protegidas). Ver tablas 5-6.

5.2 Dimensionamiento

En esta fase el objetivo es conocer las dimensiones preliminares principales de la embarcación obteniendo así las primeras características de éste. Para esto se parte de una base de datos de embarcaciones similares a la que se quiere diseñar de las que se extrae información de estas como la eslora, la manga, el calado y el número de pasajeros.

Luego, mediante el método de regresiones lineales entre la relación de pasajeros y eslora se calcula la eslora apropiada para una capacidad de 6 pasajeros. A continuación, se realiza el mismo procedimiento con relación al calado y la manga.

La guía de este procedimiento se basa en proyectos similares realizados por la universidad politécnica de Cataluña en Barcelona, en los cuales se realiza un procedimiento similar para calcular las dimensiones iniciales de la embarcación.

5.2.1 Base de datos. Para la base de datos se toma en cuenta cierta cantidad de embarcaciones fluviales encontradas en diferentes partes del mundo, con esta base de datos se procede a un filtrado donde se tomen en cuenta las más similares a la embarcación a diseñar teniendo en cuenta las medidas o características principales. Para poder tener las dimensiones principales se toman las siguientes embarcaciones fluviales y de esta manera tener una idea del tamaño más cercano al caso presente en estudio.

Tabla 7.

Base de datos sin filtrar.

Modelo	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Pasajeros
Hascraft 500	5	1.85	----	6
VP 14	4.25	1.68	----	6
Arquin pescador	4.2	1.4	----	4
barcaza Wide Beam Narrowboat	18.5	3.66	0.6	----
Collingwood 60 x 12				
barcaza stan hoper	34.5	8.2	----	----
barcaza argentina 1	95	18.5	3.048	
Bote 5000g	5	1.53	----	6-7
Bote fibra de vidrio	3.7	1.2	1.1	4
Hardy 36 fluvial	10.7	3.8	0.6	----
NEW BUILD - 27ft Champ Tourist	8.2	2.74	----	26
Boat				
bote fibra de vidrio	6.5	----	----	12
VP 12	3.6	----	----	4
Bote Eduardoño	8.53	0.9	----	----
Bote fibre 3 bancas original	3.1	----	----	6
INVICTUS 1	7.31	2.82	0.45	15
VECTOR RIBBOAT RIP 900-P	9.5	2.45		12
della ostia	3.2	1.35	0.1	----
OBRA NUEVA bote de buceo de 28	21.8	----	0.32	12
pies				
Damen Stan Pontoon B11	30	11.4	----	----

De la base de datos anterior se tomaron las embarcaciones más similares a nuestro caso para formar una base de datos definitiva, a partir de estas se calcula las dimensiones preliminares para este estudio.

Los criterios de selección utilizados fueron los siguientes:

- Similitud en el número de pasajeros: se descartan los barcos que tengan un número de pasajeros muy superior al que se necesita en nuestra embarcación, seis pasajeros.
- Ambiente de navegación: se descartan embarcaciones que transiten en aguas abiertas.
- Propósito en el cual se va a utilizar: se descartan embarcaciones similares en dimensiones que son utilizadas para otro tipo de trabajo al transporte de pasajeros.

La siguiente tabla muestra las embarcaciones seleccionadas.

Tabla 8.

Base de datos filtrada

Modelo	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Pasajeros
HasCraft 500	5	1.85	----	6
VP 14	4.25	1.68	----	6
Arquin pescador	4.2	1.4	----	4
Invictus 1	7.31	2.82	0.45	15
Vector Ribboat Rip 900-p	9.5	2.45	----	12
Bote 5000g	5	18.5	3.048	----
Bote fibra de vidrio	3.7	1.53	----	6-7

En el apéndice A se encuentra la información más detallada de las embarcaciones que pasaron el filtro y serán utilizadas para el dimensionamiento del barco en proceso.

5.2.2. Dimensionamiento a partir de la base de datos filtrada.

Este dimensionamiento se da a partir de la base de datos mediante regresiones lineales (con ayuda del software EXCEL) teniendo en cuenta embarcaciones de cascos similares, se hace con el motivo de conocer el tamaño aproximado que va a tener la embarcación a diseñar.

Teniendo como referencia la variable conocida que en este caso son seis tripulantes se parte para aproximar las demás dimensiones principales.

5.2.3. Cálculo de la eslora.

Conociendo el número de pasajeros y tomando los valores de la eslora en embarcaciones filtradas se conoce el valor aproximado de la eslora a utilizar en el barco a diseñar.

En la siguiente imagen se muestra la tabulación de datos entre embarcaciones conocidas con su número de pasajeros, de esta manera se calcula el valor de la eslora dependiendo del número de pasajeros de la embarcación en proceso de diseño.

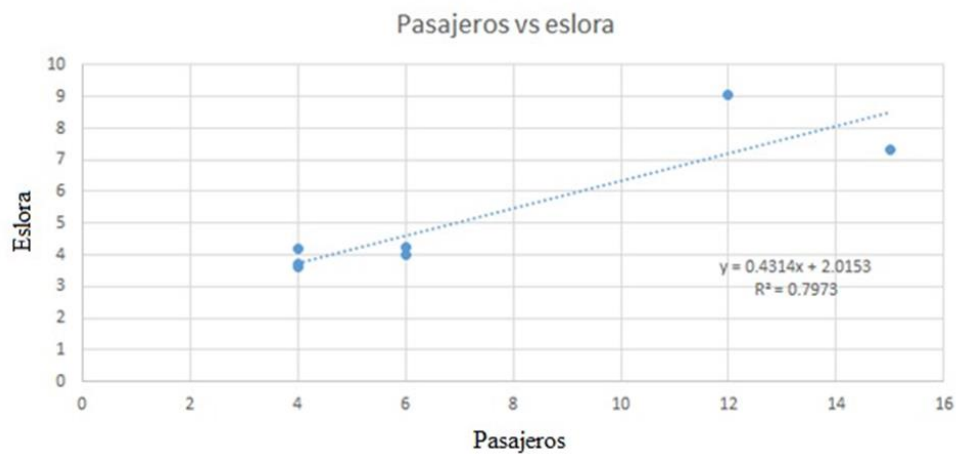


Figura 14. *Pasajeros vs Eslora*

Para cerciorarnos que estas regresiones lineales sean fiables, se verificará que el grado de dispersión (R) sea mayor a 0.7 (como se puede ver en la figura 14).

$$R = \sqrt{R^2} = \sqrt{0.7973} = 0.89$$

$$y = 0.4314x + 2.0153$$

donde $x = 6$ pasajeros despejando $y = \text{eslora} = 4.6 \text{ m}$

5.2.4. Cálculo de la manga.

Ahora para calcular el valor de la manga se tiene en cuenta el mismo procedimiento.

La siguiente imagen muestra el resultado de la tabulación de datos en una gráfica con su respectiva fórmula de regresión para el cálculo de la manga dependiendo del número de pasajeros para la embarcación en proceso de diseño.

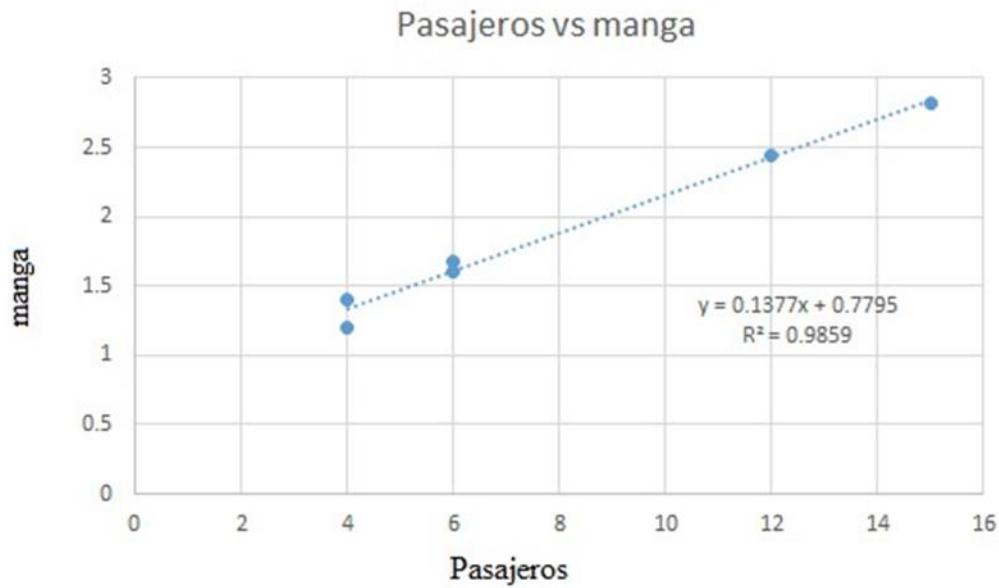


Figura 15. *Pasajeros vs Manga*

$$R = \sqrt{R^2} = \sqrt{0.9859} = 0.9929$$

$$y = 0.1377x + 0.7795$$

donde $x = 6$ pasajeros

despejando $y = \text{manga} = 1.6 \text{ m.}$

Conociendo el valor de la manga, la eslora y el número de personas se procede a realizar el cálculo de las demás dimensiones principales para el respectivo diseño del casco de la embarcación.

Según las condiciones del medio donde va a operar la embarcación, la forma del casco que más se adapta para condiciones de baja velocidad, es decir, que la embarcación sea de solo desplazamiento, es una de fondo plano, dentro de esta categoría podemos encontrar las barcazas.

En el software de ingeniería naval, MAXSURF modeler advanced se encontró un diseño preliminar con las formas requeridas para este proyecto, partiendo de ese modelo y como se conocen algunas dimensiones, se procede a ajustar el modelo a las medidas previamente estimadas.

La siguiente imagen muestra la forma de una barcaza obtenida del programa de diseño naval (MAXSURF).

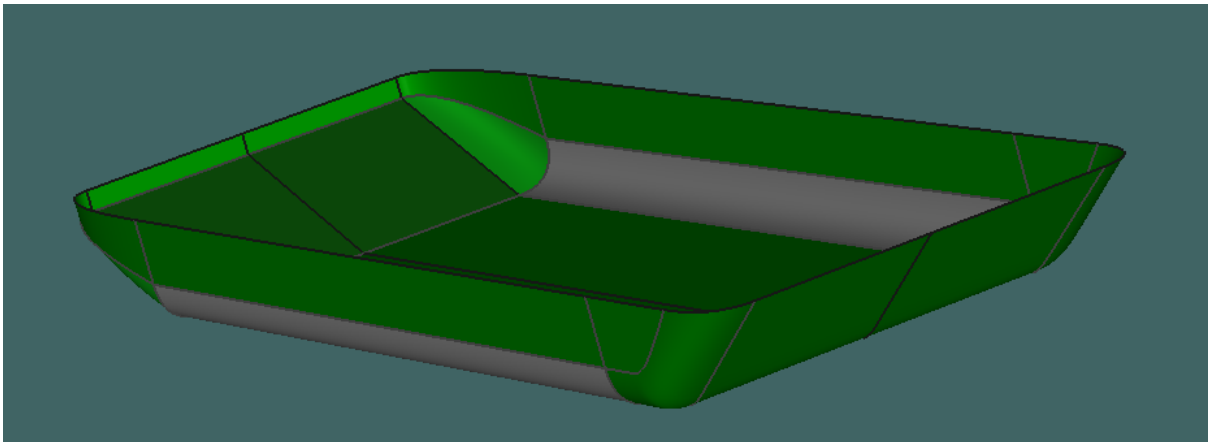


Figura 16. *Casco tipo barcaza*

Se procede a realizar los cálculos de manera convencional y compararlos con los obtenidos con el software de ingeniería naval MAXURF. Los cálculos se pueden visualizar en el apéndice B.

Los cálculos de las dimensiones y coeficientes utilizando el programa y de manera convencional como en el apéndice dos se muestran de manera comparativa en la siguiente tabla:

Tabla 9.

Comparación entre cálculos convencionales y utilizando el programa MAXSURF.

Especificaciones	Cálculos manuales	Cálculos del software
Eslora total (LOA)	4.6 m	4,6 m
Eslora en la flotación (LWL)	4.13 m	4,126 m
Manga (B)	1.6 m	1,6 m
Puntal	0.5 m	0,5 m
Calado (D)	0.16 m	0,175 m
Número de froude (Fn)	0.383	-
Coefficiente de bloque (Cb)	0.937	0,896
Coefficiente prismático (Cp)	0.945	0,93
Desplazamiento ()	1 t	1 t
Velocidad	2,572 m/s (5 nudos)	-

Según la tabla de comparación los valores que son diferentes son: eslora de flotación, calado, coeficiente de bloque y coeficiente prismático. El porcentaje de diferencia entre el uno y el otro es:

Eslora de flotación

$$\% = \frac{4.13 - 4.126}{4.13} * 100$$

$$\% = 0.096$$

Calado

$$\% = \frac{0.175 - 0.16}{0.175} * 100$$

$$\% = 8.57$$

Coefficiente de bloque

$$\% = \frac{0.937 - 0.896}{0.937} * 100$$

$$\% = 4.4$$

Coefficiente prismático

$$\% = \frac{0.945 - 0.93}{0.945} * 100$$

$$\% = 1.587$$

Teniendo en cuenta estos resultados ya se tienen las dimensiones principales y sus coeficientes, en nuestro caso se utilizarán los valores obtenidos del software de ingeniería naval MAXSURF mostrados en la tabla 1.

De acuerdo con los requerimientos y por criterio del diseñador el diseño del casco queda de la siguiente manera:

La siguiente imagen muestra el diseño preliminar del casco realizado en SOLIDWORKS 2019.

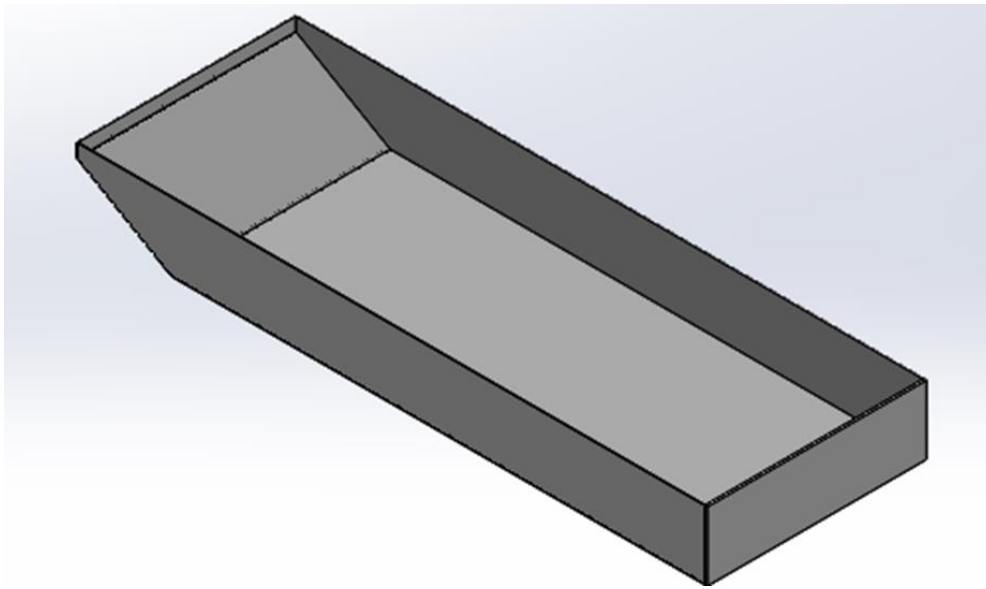


Figura 17. *Casco tipo fondo plano*

5.2.5. Cálculo de la potencia requerida para la embarcación.

Una vez se diseñó el casco se procede al cálculo de la resistencia de avance para poder hacer una estimación de la potencia necesaria para vencer dicha resistencia y hacer avanzar la embarcación con la velocidad requerida.

El cálculo de la resistencia al avance se presenta en el apéndice C donde los resultados obtenidos del programa se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 10.

Cálculo de la resistencia al avance.

Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	KR Barge Resist. (kN)	KR Barge Power (kW)
4,525	0,366	0,745	0,5	1,204
4,600	0,372	0,757	0,5	1,265
4,675	0,378	0,769	0,6	1,328
4,750	0,384	0,782	0,6	1,393
4,825	0,390	0,794	0,6	1,460
4,900	0,396	0,806	0,6	1,529
4,975	0,402	0,819	0,6	1,600
5,050	0,408	0,831	0,6	1,674

Se tienen los dos resultados para el número de Froude, uno que depende de la eslora de la embarcación y el otro del volumen de agua desplazada o desplazamiento, la resistencia al avance y su respectiva potencia para vencerla. Dependiendo de la forma de la proa elegida en el apéndice C, las dimensiones en el cálculo de la potencia requerida se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Principales dimensiones de la embarcación obtenidas de MAXSURF resistanse

Especificaciones	Cálculos Del Software
Eslora total (LOA)	4,6 m
Eslora en la flotación (LWL)	4,136 m
Manga (B)	1,6 m
Puntal	0,5 m
Calado (D)	0,174 m
Número de froude (Fnl)	0.404
Coefficiente de bloque (Cb)	0,927
Coefficiente prismático (Cp)	0,925
Desplazamiento ()	0,99 t
Velocidad	-
Resistencia	0.6 KN
Potencia	1.674 KW

5.2.6. Motor

El motor que se utiliza para vencer la resistencia al avance y cumplir con las especificaciones de diseño es el siguiente:

Tabla 12.

Especificaciones del motor.

Término	Especificación
Tipo de motor	1 cilindro
Cilindrada	10 cm ³
Régimen máximo	5500 RPM
Potencia máxima	2,2 Kw (3HP)
Sistema de lubricación	Premezcla
Aceite	Yamalube TCW3
Relación de mezcla	50:1
Bujía	B6HS10
Alternador opcional	12 v – 40 w
Arranque	Manual
Trimado	Manual
Sistema de escape	Antes de hélice
Peso	17 Kg
Longitud	S= 442 mm, L=569 mm-

La siguiente imagen muestra el motor que se seleccionó para la embarcación en proceso de diseño.



Figura 18. Motor Yamaha,

Con estos resultados teniendo en cuenta su respectiva resistencia al avance, se procede a desarrollar el cálculo del escantillonado de la embarcación.

5.3. Escantillonado

En este apartado se procede al cálculo del espesor requerido según la norma NTC- ISO 12215-5, también las dimensiones de los respectivos refuerzos para poder continuar con el proceso de laminado según la norma.

Según la normativa es necesario dividir la estructura como cubierta, fondo y costado, debido a que se utilizan diferentes ecuaciones para el cálculo de sus respectivos espesores. Los planos de esta división se encuentran en el apéndice D.

Los respectivos resultados se basan en las presiones que se ejercen sobre cada estructura dependiendo de la velocidad de 5 nudos. Esta velocidad es adecuada para una embarcación de desplazamiento en zona de navegación 7.

Los parámetros para utilizar son los estimados anteriormente mediante las bases de datos, el desplazamiento de máxima carga estimado puede variar con respecto al real que se calcula cuando el diseño este completo, si la diferencia entre el estimado y el real no es considerable es innecesario recalcular, se puede utilizar como factor de seguridad.

Los datos necesarios para el cálculo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13.

Datos requeridos para el cálculo del escantillonado.

Datos para introducir	Valor	unidad
L_{wl}	4.13	m
B	1.6	m
β	0	°
v	5	knots
m_{wl}	1000	kg

Nota: * L_{wl}: eslora de flotación; B: manga de la embarcación; β: Angulo de astilla muerta: v: velocidad máxima de la embarcación; m_{wl}: desplazamiento en condición de máxima carga en kg.

5.3.1. Cálculo de los espesores

El procedimiento de este cálculo se encuentra en el apéndice D, cuyos resultados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 14.

Espesores del escantillonado

	Presión de diseño $\frac{N}{m^2}$	Espesor mm
Fondo	5.88	3.464
Costado	4.357	2.982
Cubierta	5	3.194

Tabla 15.

Espesores mínimos del escantillonado

	W_{MIN} Kg/m ²	Espesor mínimo mm
Fondo	1.339	3.133
Costado	4.357	2.984
Cubierta	6.66	1,998

Nota: * W_{MIN} : esfuerzo mínimo permisible.

Por lo tanto, el espesor del forro exterior del casco (tanto fondo como costado) será de 5 mm debido a que en la norma para el pegado de los refuerzos o hats es recomendable que el espesor sobre el cual se vayan a laminar sea mínimo de 5 mm de espesor, además, al aumentar el espesor del forro exterior del casco con respecto a los calculados con las ecuaciones, éste será más seguro.

5.3.2. Refuerzos del escantillado (Hats)

El proceso del cálculo de las especificaciones mínimas que deben cumplir los refuerzos se encuentra en el apéndice E esto con el fin de seleccionar el tipo de refuerzo más adecuado que cumpla con dichos requisitos, los resultados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 16.

Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos

Zona	Tipo	A_w [cm ²]	SM [cm ³]	I [cm ⁴]
Fondo	Longitudinal	0.59	3.582	0.746
	Cuadernas	0.59	3.582	0.746
Costado	Longitudinal	0.439	2.654	0.553
	Cuadernas	0.439	2.654	0.553

Nota: * A_w : área de la sección transversal; SM: momento resistente; I: momento de inercia.

Con las respectivas especificaciones que deben cumplir los refuerzos se pueden determinar las propiedades mecánicas de los refuerzos con ayuda de tablas encontradas en la norma NTC ISO 12215-5 de 2018 en el anexo G. En la tabla G.1. de la norma se encuentran las diversas dimensiones de los refuerzos tipo Hat achatados como se muestra en la siguiente gráfica:

La siguiente imagen muestra la forma del refuerzo denominado Hat con su respectiva nomenclatura.

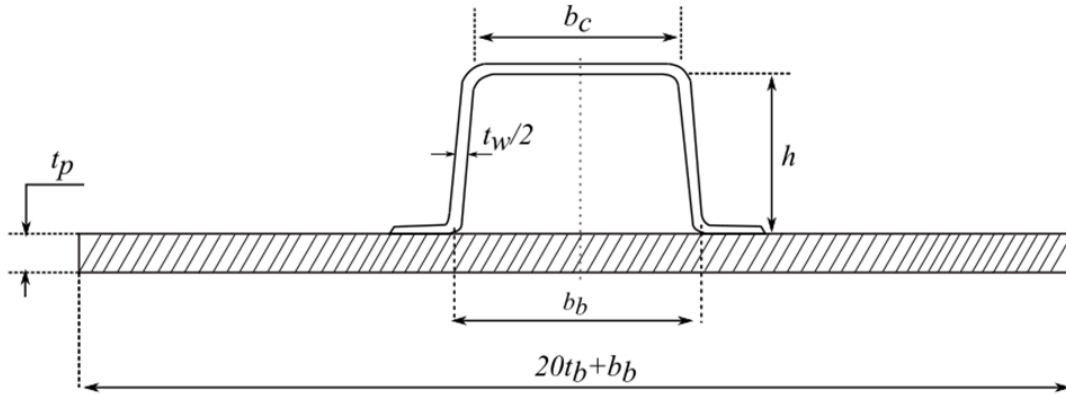


Figura 19. Geometría de Hat.

Los Hats achatados tienen una anchura en la parte superior de sus formas (ala) de 0.85 veces la anchura de la base con $b_c = 0.85 * b_b$ y una altura alrededor de $h = 0.7 * b_b$. el espesor del refuerzo es $\frac{T_w}{2} = 2.34 * W_f$.

Según la tabla G.1. con las especificaciones mostradas en la tabla anterior se selecciona cierto refuerzo, cuyas propiedades son:

Tabla 17.

Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos

Dimensiones del Hat			Espesor del costado	Forro asociado	Peso del vidrio de refuerzo	Propiedades geométricas		
h	b _b	b _c	t _p	20t _p +b _b	W _f	SMmín	A _w	I
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	Kg/m2	[cm ³]	[cm ²]	[cm ⁴]
40	60	50	5	160	0.6	4.5	1.1	17

Fuente: *Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillado, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC. Página 86

5.3.3. Forro efectivo

El cálculo de la extensión efectiva del forro asociada b_e se realiza de acuerdo con la tabla 19 de la norma NTC ISO 12215-5 de 2018, no se debe tomar un valor superior a la separación real entre refuerzos. Esto se hace simplemente para cerciorarse de que la separación entre refuerzos (b) sea adecuada de acuerdo con la norma NTC ISO 12215-5 de 2018.

El valor de b_e para laminado solido de FRP está dado por:

$$b_e = 20 * t$$

$$b_e = 20 * 5\text{mm} = 100 \text{ mm} < b$$

El forro es efectivo para el barco en proceso de diseño.

Mamparo estructural

Este mamparo debe cumplir con las siguientes especificaciones mínimas, diseñado para utilizarse en todas las partes donde sea necesario. Esto se logró diseñándolo con los valores más críticos que debe cumplir.

Tabla 18.

Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos

Mamparo	Posición	SM	I
		$\left[\frac{\text{cm}^3}{\text{cm}} \right]$	$\left[\frac{\text{cm}^4}{\text{cm}} \right]$
Estructural	Popa	1.836	1.818

Los datos para los mamparos se han obtenido del apéndice E donde se escoge el perfil más adecuado según los requerimientos, según la norma NTC ISO 12215-5 de 2018 se ha escogido un mamparo tipo sándwich con caras simétricas donde las capas exteriores son iguales. Las dimensiones son las siguientes:

Tabla 19.

Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos

Mamparos	t_s [mm]	t_c [mm]	t [mm]	SM	I
				$[\text{cm}^3]$	$[\text{cm}^4]$
Colisión	14.142	10.101	18.182	1.138	
Cuaderna maestra	14.142	10.101	18.182	1.138	1.818
Espejo de popa	14.142	10.101	18.182	1.138	1.818

El espesor de los mamparos se diseñó a partir del panel más crítico, en este caso el de espejo de popa es en el que el motor fuera borda está sujeto. Por lo tanto, es necesario que el espesor sea el apropiado para no tener problemas con el sistema de sujeción del motor.

5.3.4. Refuerzos

Los refuerzos utilizados en este proyecto son tales que se utilice uno solo con el mismo perfil para el fondo y el costado, las propiedades de estos con sus respectivas dimensiones están calculadas en el apéndice E. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 20.

Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos

	Refuerzo	Fondo		costado	
		Longitudinal	Cuaderna	Longitudinal	Cuaderna
Propiedades	A_w [cm ²]	0.59	0.59	0.59	0.59
mecánicas	SM [cm ³]	3.582	3.582	3.582	3.582
	I [cm ⁴]	0.747	0.747	0.747	0.747
Dimensiones del	t_w [mm]	2.808	2.808	2.808	2.808
refuerzo	b_b [mm]	60	60	60	60
	b_c [mm]	50	50	50	50

El tipo de refuerzo utilizado para la estructura de la embarcación es el denominado Hat achatado, cuyas dimensiones se ilustran en la siguiente imagen:

La siguiente imagen muestra la forma del refuerzo denominado Hat con su respectiva nomenclatura.

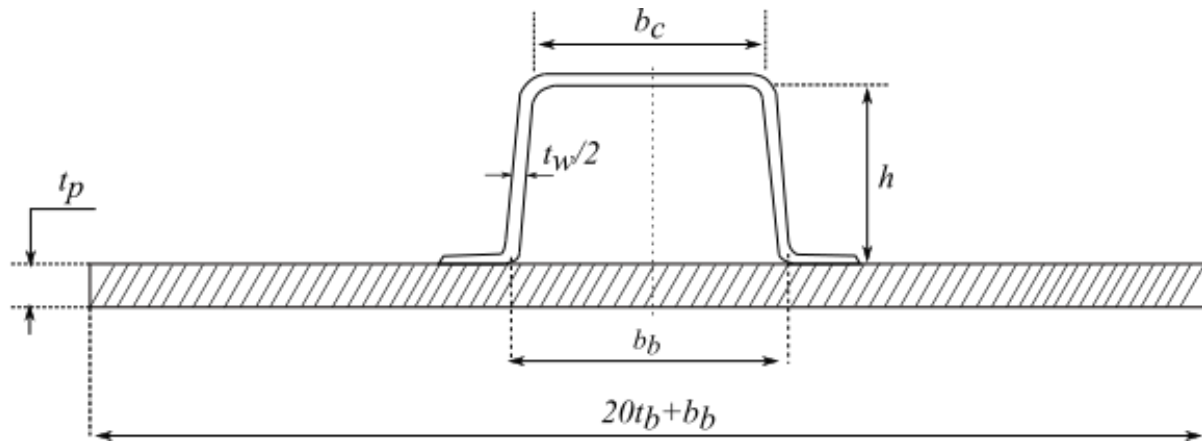


Figura 20. Hat achatado utilizado para la embarcación en proceso de diseño.

Las dimensiones escogidas de la norma son aptas para planchas asociadas con un espesor t_p mínimo de 5 milímetros, la plancha asociada es donde se va a laminar el Hat.

5.4 Desplazamiento

Con los datos obtenidos del escantillonado se procede al cálculo del peso en rosca (desplazamiento de la embarcación) y el centro de gravedad de dicha nave. Para este desplazamiento se deben tener en cuenta todos los elementos de seguridad que se deben llevar a bordo, además se debe calcular el desplazamiento máximo (con todas las personas a bordo y el peso del motor).

Los elementos para el análisis del desplazamiento se dividirán en: casco, estructura, sistema de propulsión, cubierta, recubrimiento interior, luz de popa, cubiertas, toldo y las sillas con sus respectivos pasajeros. El centro de gravedad y peso de los elementos se toman del modelo realizado en SOLIDWORKS.

El punto de origen para el valor del centro de gravedad está ubicado en el punto más a popa, centro de la embarcación y sobre la línea base. El valor del vector es positivo si apunta en dirección hacia proa, estribor y hacia arriba. A continuación, se muestran los resultados de desplazamiento con peso en rosca.

Tabla 21.

Sistemas de la embarcación con sus respectivos pesos y posición del centro de gravedad.

ELEMENTO	PESO [Kg]	LCG [mm]	YG [mm]	KG [mm]
Estructura	264,51848	1843,06	178,98	23,15
Casco	164,77451	2322,37	121,64	29,17
Propulsión	20	-614,01	2,03	161,38
Toldo	26.2	1911,69	23,05	1722,3
Sillas	60	1745,46	411	21,72
Total	535,149	2018,38	280,65	25,29

Nota: * LCG: distancia longitudinal del centro de gravedad con respecto al origen; YG: distancia transversal del centro de gravedad respecto al plano de crujía; KG: distancia vertical del centro de gravedad respecto a origen. MOTOR: el motor en estudio es un motor Yamaha de 3 HP.

Estructura: Corresponde al peso de la embarcación que está conformado por: hats, luz de popa, refuerzos, recubrimientos interiores y cubiertas.

Casco: Corresponde al forro exterior diseñada para la embarcación.

Propulsión: Es el peso del sistema encargado de la potencia necesario, teniendo en cuenta que el tanque este totalmente lleno.

Toldo: Toldo Bimini, el peso y centro de gravedad lleva incluidos la tornillería, codos, bases y todo lo necesario para su respectivo ensamble.

Sillas: Corresponde a los elementos donde se van a sentar todos los tripulantes en sus respectivos lugares. (El distanciamiento entre sillas se muestra en el apéndice D)

El desplazamiento máximo de la embarcación se halla teniendo en cuenta los tripulantes con un peso establecido por la norma EN ISO 14946 de 2001, lo cual estipula que la nave se diseñara teniendo en cuenta el peso por persona de 75 kg.

Tabla 22.

Tripulantes

TRIPULACION	PESO [Kg]	LCG [mm]	YG [mm]	KG [mm]
Capitán	75	3081,14	450,13	590
TR 1	75	3081,14	450,13	590
TR 2	75	2125,7	450,13	590
TR 3	75	2125,7	450,13	590
TR 4	75	1170,25	450,13	590
TR 5	75	1170,25	450,13	590
TR 6	75	215,17	550.13	660
TOTAL	525			

Nota: * según el centro de gravedad de los tripulantes se ha considerado su centro de gravedad en la pelvis, 20 cm más alto de la superficie de donde se encuentra sentado.

Con los cálculos anteriores se sabe que el desplazamiento máximo de la embarcación es el peso en rosca más el peso total de los tripulantes.

$$\forall = (\text{peso en rosca}) + (\text{peso total de tripulantes})$$

$$\forall = 535,149 + 525 = 1060,149 \text{ kg}$$

5.5 Estabilidad

En este apartado se estima la estabilidad de la embarcación, para ello se necesita el cálculo del centro de gravedad y desplazamiento calculados anteriormente.

5.5.1 Condiciones de estabilidad.

Estable si KM mayor que KG. (ver figura 22)

Inestable si KM menor que KG. (ver figura 22)

Indiferente si KM = KG. (ver figura 22)

La Organización Marítima Internacional, (OMI) fijó un criterio de orden mundial para los buques, barcas, carga y pasajeros menores a 100 m de eslora. Este criterio puede ser resumido en las siguientes pautas:

- La curva de brazos GZ a partir de 30° deberá tener brazos mayores de 0,20 m.
- El área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada de 40° será igual o mayor a de 0,090 m*radián.

- El área encerrada por la curva GZ y las ordenadas de 30° y 40° de escora y/o la ordenada correspondiente al ángulo de inundación (si fuera menor a 40°) deberá ser mayor de 0.030 m*radián.

- El área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada de la escora de 30° será igual o mayor a 0,055 m*radián.

Dimensiones.

- Eslora 4.6 m

- Eslora en flotación 3.757 m

- Manga 1.6 m

- Volumen desplazado 1 m³

- Calado: 0.186 m.

Un dato importante para poder calcular los brazos adrizantes es la ubicación del centro de gravedad de la embarcación, esta se calcula con la ayuda del programa SOLIDWORKS 2019.

La siguiente imagen nos muestra las variables necesarias para el cálculo del metacentro de la embarcación.

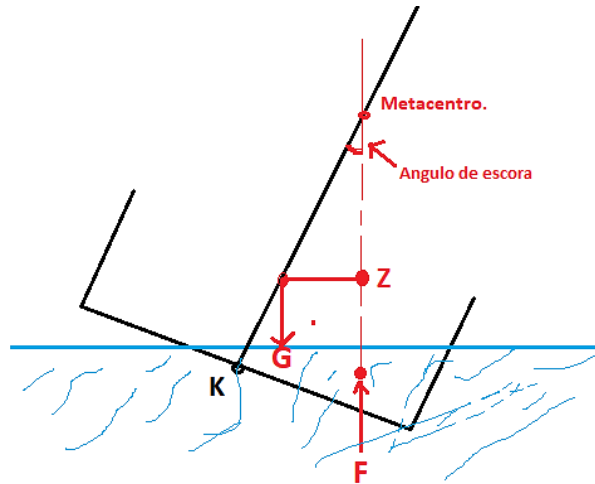


Figura 21. Determinación del metacentro

Determinación del metacentro transversal (KM_t).

$$KM_t = KB + BM$$

Para determinar el KB (altura del centro de flotación) por ser un cuerpo flotante con forma de caja, tendremos que la altura del centro de flotación será la mitad del calado.

$$KB = \frac{CALADO}{2} = \frac{0.186}{2} = 0.093 \text{ m}$$

Para encontrar la distancia del centro de flotación hasta el metacentro (BM) se utiliza la siguiente ecuación.

$$BM = \frac{\text{Inercia}}{\text{Volumen desplazado}}$$

La siguiente imagen muestra la manga y eslora de la embarcación necesarias para el cálculo de la inercia.

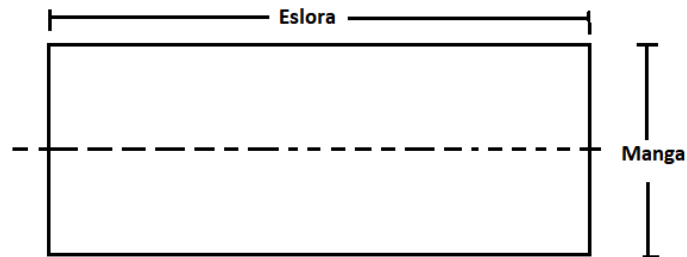


Figura 22. Eslora y manga de una embarcación.

$$\text{Inercia} = \frac{\text{Manga}^3 * \text{Eslora}}{12}$$

$$\text{Inercia} = \frac{1.6^3 * 3.757}{12} \quad \text{Inercia} = 1.282$$

$$\text{BM} = \frac{1.282 \text{ m}^4}{1.\text{m}^3} \quad \text{BM} = 1.282 \text{ m}$$

Entonces:

$$\text{KM}_t = \text{KB} + \text{BM}$$

$$\text{KM}_t = 0,093 + 1,282$$

$$\text{KM}_t = 1,375 \text{ m}$$

Para hallar la gráfica de la curva de los brazos adrizantes hay que simular un ángulo de escora (ver figura 24 y 25) de la embarcación y ver si el valor del área de la curva de los brazos adrizantes cumple con los parámetros fijados por la Organización Marítima Internacional (OMI).

5.5.2 Primer valor de brazos adrizantes. Escora a 10° .

Para esto, las medidas donde se ubican los puntos del metacentro transversal y el centro de boyantes (donde se aplica la fuerza de flotación) se pueden calcular geoméricamente ya que a este ángulo de escora la embarcación se encuentra en estabilidad inicial y la ubicación del metacentro no varía mucho y además se encuentra en el plano de crujía en comparación con ángulos de escora mayores a 10° .

La siguiente imagen muestra la escora para 10° .

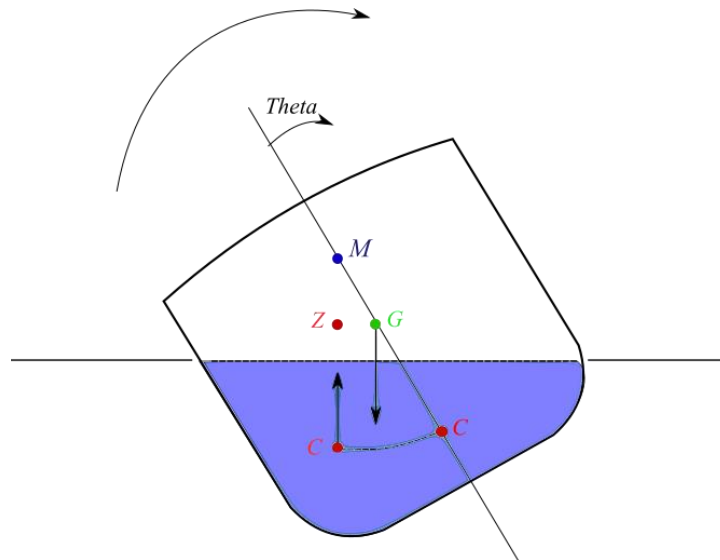


Figura 23. Ángulos de escora

En conclusión, para el cálculo del GZ (ver figura 23) en estabilidad inicial se puede hacer mediante la siguiente ecuación.

$$GZ = GM * \sin(\theta)$$

$$GM = KM_t - KG = 1,375 - 0,3947$$

$$GM = 0,9803 \text{ m}$$

$$GZ = 0,9803 * \sin(10)$$

$$GZ = 0,17 \text{ m}$$

5.5.3 Escora a 20°

Para la estabilidad a grandes inclinaciones se inicia hallando el punto donde estará ubicada la fuerza de flotación, el cual se encuentra en el centro de masa del volumen sumergido. Para encontrar la ubicación de esta fuerza se utilizará el programa SOLIDWORKS. Luego de saber la ubicación de la fuerza esta se proyecta hasta que cruce el plano de crujía (plano donde están ubicados K, G y el metacentro de acuerdo a la figura 25) y allí estará ubicado el metacentro.

La siguiente imagen muestra la ubicación del metacentro cuando la escora tiene un valor de 20°.

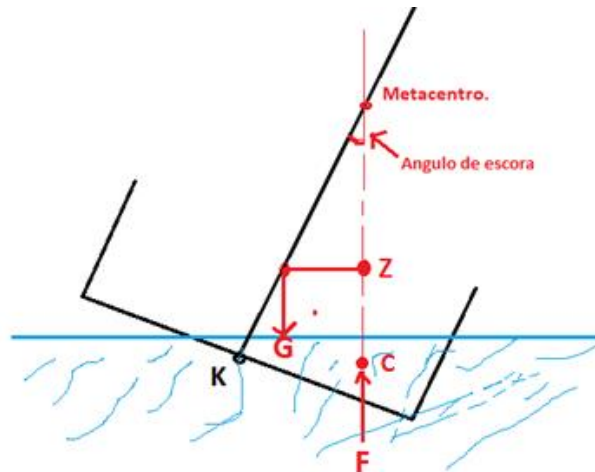


Figura 24. Angulo de escora y punto del metacentro

La siguiente figura muestra los valores de la distancia entre los puntos de la figura 19.

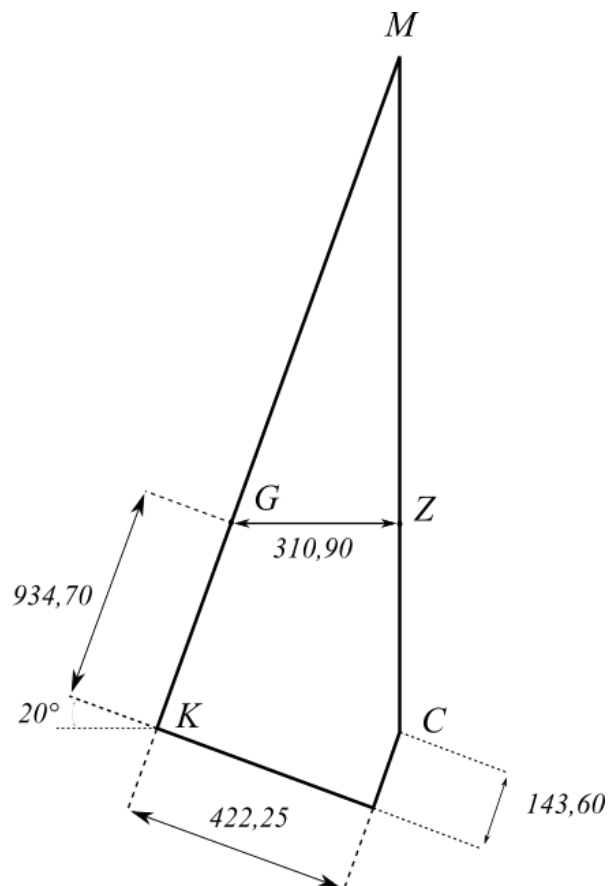


Figura 25. Brazo a 20°

Centro de masa (milímetros):

$$X = -122.35$$

$$Y = 143.60$$

$$Z = -422.25$$

Sabiendo las coordenadas del punto C (donde se aplica la fuerza de flotación) de la geometría se puede observar que el brazo adrizante para 20° de escora es de 0.3109 m.

5.5.4 Escora a 30° .

Se sigue el mismo procedimiento que se utilizó para la escora de 20° .

Brazo adrizante

$$(GZ) \text{ PARA } 30^\circ = 0.432 \text{ m.}$$

5.5.5 Escora a 40° .

Brazo adrizante (GZ) para $40^\circ = 0.31596 \text{ m.}$

5.5.6 Gráfica de brazos adrizantes.

En la siguiente tabla se muestra los brazos adrizantes a diferentes escoras.

Tabla 23.

Valor del brazo adrizante con su respectiva escora.

Escora (°)	Brazo (m)
0	0
10	0.17
20	0.3109
30	0.32456
40	0.29146

La siguiente imagen muestra el valor máximo del brazo adrizante (GZ) con su respectivo valor de escora. (Mediante Excel).

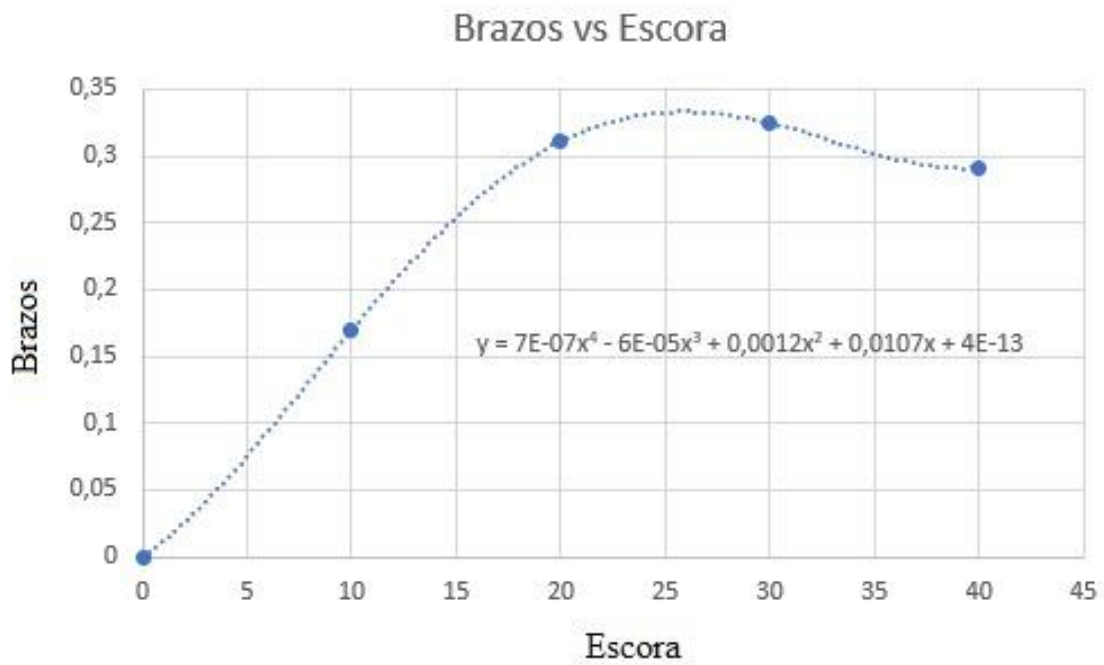


Figura 26. Brazos vs escora

Con la ecuación de línea de tendencia que se obtiene de la gráfica podemos hallar el área bajo la curva para poder chequear si cumple con los criterios establecidos por la OMI.

El área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada de 40° será igual o mayor a de 0,090 m*radián (5.1566 m*deg).

Resolviendo la integral de $y = 7E-07x^4 - 6E-05x^3 + 0,0012x^2 + 0,0107x + 4E-13$ desde 0 hasta 40 de como resultado 10.096 m*grados, por lo tanto **cumple con este criterio.**

El área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada de la escora de 30° será igual o mayor a 0,055 m*radián (3.1512 m*deg).

Resolviendo la integral de $y = 7E-07x^4 - 6E-05x^3 + 0,0012x^2 + 0,0107x + 4E-13$ desde 0 hasta 30 da como resultado 6.867, por lo tanto **cumple con este criterio.**

El área encerrada por la curva GZ y las ordenadas de 30° y 40° de escora y/o la ordenada correspondiente al ángulo de inundación (si fuera menor a 40°) deberá ser mayor de 0.030 m*radián (1.7188 m*deg).

Se hace una resta de los valores de las areas a 40° y 30° =10.096*deg - 6.867 m*deg = 3.229 m*deg, por lo tanto **cumple con este criterio.**

La curva de brazos GZ a partir de 30° deberá tener brazos mayores de 0,20 m.

En la gráfica se puede observar que también cumple este criterio.

5.5.7 Curva de brazos adrizantes en MAXSURF.

MAXSURF Stability nos permite calcular la curva de brazos adrizantes con más precisión, para esto se le introducen los datos de la ubicación del centro de gravedad calculado con SOLIDWORKS 2019 y se procede a correr el programa.

La siguiente imagen muestra los datos del brazo adrizante y la escora obtenidos de MAXSURF.

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0
GZ m	0,000	0,098	0,192	0,308	0,330	0,295	0,232	0,153
Area under GZ curve f	0,0000	0,2414	0,9794	3,5375	6,8023	9,9572	12,6131	14,5450

Figura 27. Valores obtenidos en MAXSURF de escora y brazos adrizantes

La siguiente imagen muestra la gráfica de los datos tabulados en la figura 22. (grafica obtenida del programa de diseño naval MAXSURF).

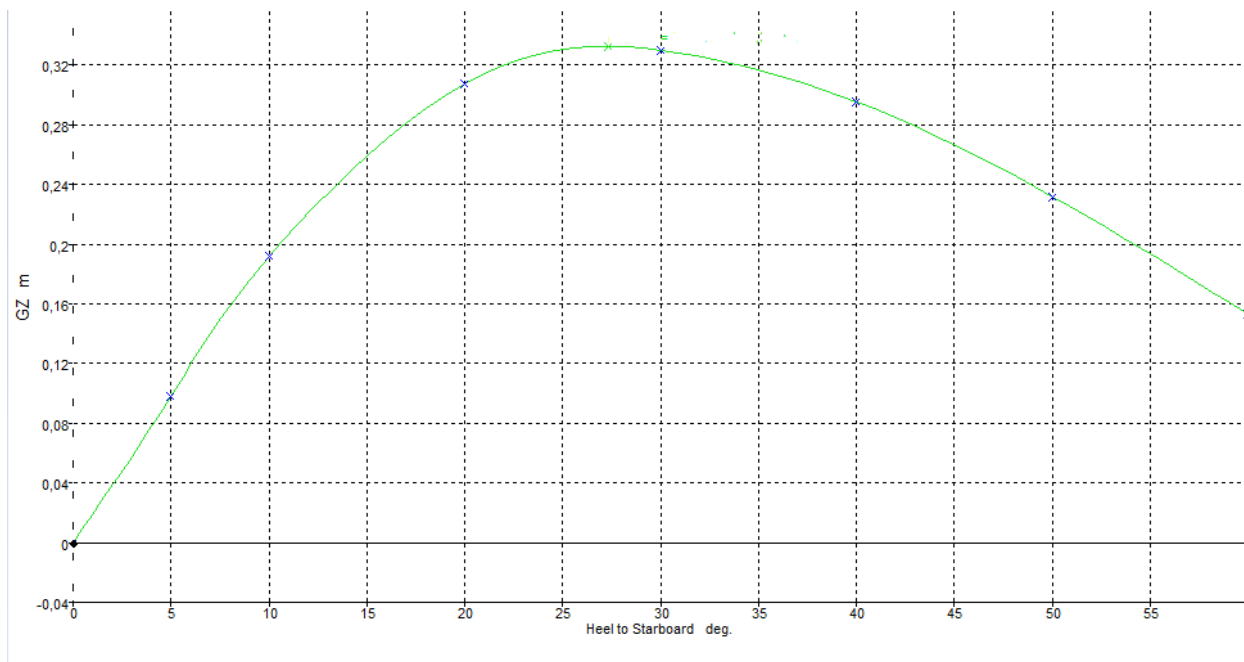


Figura 28. Brazos vs Escoras obtenidos del programa MAXSURF

Los resultados obtenidos manualmente dan un valor aproximado a los arrojados por MAXSURF, por lo tanto, se comprueba que el diseño del casco cumple con los requisitos de estabilidad establecidos por la Organización Marítima Internacional (OMI), a continuación, se muestra la tabla comparativa de los brazos adrizantes.

Tabla 24.

Comparación de los valores de brazo adrizante.

Escora (°)	Brazo(m). Método	
	manual	MAXSURF
0	0	0
10	0.17	0.192
20	0.3109	0.308
30	0.32456	0.330
40	0.29146	0.295

El porcentaje de error con respecto al cálculo en MAXSURF es:

$$\text{Escora a } 10^\circ: \% = \frac{|0.17-0.192|}{0.192} * 100 = 11.4$$

$$\text{Escora a } 20^\circ: \% = \frac{|0.3109-0.308|}{0.308} * 100 = 0.94$$

$$\text{Escora a } 30^\circ: \% = \frac{|0.32456-0.33|}{0.33} * 100 = 1.64$$

$$\text{Escora a } 40^\circ: \% = \frac{|0.29146-0.295|}{0.295} * 100 = 1.2$$

6. Manual de uso

En este manual de uso se especifican las características de la embarcación y los pasos a seguir para hacer un uso adecuado del mismo sin poner en riesgo vidas humanas y evitar daños en la embarcación como lo es el elemento propulsor (motor fueraborda).

6.1 Consejos antes de salir a navegar

Es muy importante realizar una serie de chequeos y acciones antes de salir a navegar, esto con el objetivo de tener como primera instancia la seguridad de la tripulación. Se enumerará una serie de consejos que sirven para prevenir fallos, accidentes y conocer también un buen funcionamiento de la embarcación.

- estibar correctamente todos los pertrechos en la embarcación
- Antes de empezar a estibar se deben encender los motores para que vayan calentando antes de colocarlos en marcha.
- En este caso se deben distribuir correctamente los tripulantes que se encuentren a bordo antes de comenzar el desplazamiento de la embarcación.
- Si no se distribuyen correctamente puede ocurrir algún accidente.
- No dejar nada suelto sobre la cubierta de la embarcación para evitar accidentes.
- Colocar los pesos hacia la línea de crujía.

6.2 Controles antes de arrancar los motores

1. Abrir llaves de paso de combustibles.
2. Revisar que el depósito de combustible siempre lleno antes de salir a navegar.
3. Controlar los filtros del combustible
4. Revisar niveles de aceite del motor

Es importante hacer los cambios de aceite indicados por el fabricante o encargado del mantenimiento ya que este es la vida del motor, debe hacerse antes de invernar el barco, cuando ha estado mucho tiempo parado y cuando se ha completado el año si aún no cumple con las 100 horas de trabajo.

5. Revisar que los mandos de aceleración e inversión de la marcha estén en punto muerto.
6. Poner los motores a las RPM indicadas por el fabricante para que se calienten.
7. Comprobar que no hay fugas en los motores ni en ningún otro accesorio.
8. Comprobar que sale agua por los escapes de los motores.

Comprobar que sale agua por la salida de humos, de no ser así se debe parar el motor y revisar que los grifos del fondo de sentina estén abiertos, revisar si hay suciedad o estrangulamientos. Se debe limpiar y chequear.

9. Aflojar amarras.
10. Comprobar que se llevan suficientes defensas, cabo para amarra y remolque.
11. Se debe obtener información confiable de meteorología.

Si se observa cualquier cambio anormal en el cauce del río y fuertes vientos volver inmediatamente al puerto.

12. Conocer a fondo el lugar donde se va a navegar.

6.3 Lo que nunca se debe hacer a bordo

- Navegar solo.
- Hacer fuego a bordo.
- Estar fumando cuando se va a encender el motor o cuando se está gobernando.
- Quitarse el chaleco a bordo de la embarcación.
- Hacer maniobras bruscas.
- Sentarse en el borde de la embarcación o en el solárium.

6.4 Comunicaciones

Cerciorarse que los instrumentos de comunicación estén funcionando correctamente pidiendo control al centro de salida.

Comunicar a la base la hora de salida del recorrido y una posible hora de llegada de este.

6.5 Estudio del recorrido de la ruta.

Conocer los cambios de rumbo que se toman durante el recorrido y la una hora estimada de llegada. Estas recomendaciones contribuyen a que el recorrido sea seguro y entretenido.

6.6 Control de la velocidad.

Hay que tener en cuenta que la embarcación está diseñada dentro de una categoría de desplazamiento, por lo tanto, no hay que exceder límites de velocidad establecidos, de esta forma se logra que las travesías sean seguras y agradables.

6.7 Salvamento.

Antes de cada recorrido verificar que el equipo de salvamento esté en perfectas condiciones como lo son los chalecos, botiquín, extintores etc. en caso de estar dañados sustituir inmediatamente.

Sistema de propulsión (motor fueraborda).

Por lo general el motor se envía sin aceite de lubricación por lo que es necesario administrarle el aceite indicado según el manual del motor.

6.8 Rodaje del motor.

Este se hace cuando el motor a utilizar es nuevo para asegurarse que las piezas acopladas al motor se desgasten uniformemente, si no se hace el rodaje del motor podría reducir la vida útil de este y hasta sufrir grandes daños

Para que haya un desgaste uniforme es necesario que el rodaje del motor sea de 10 horas en las cuales se debe procurar trabajarlo a diferentes revoluciones, evitando un funcionamiento prolongado a la velocidad de ralentí y las aguas turbulentas.

6.9 Conocer la embarcación.

Según la geometría de la embarcación esta se comporta de una manera diferente en comparación a otras geometrías de cascos, por lo tanto, hay que navegar con precaución mientras conoce el comportamiento de la embarcación a diferentes condiciones.

Se debe tener en cuenta sacar el agua que se entre dentro de la embarcación, se debe sacar al terminar casa salida.

Comprobaciones antes de arrancar el motor.

- **Nivel de combustible.**

Asegúrese de tener suficiente combustible para el recorrido. Una buena norma que se puede utilizar es utilizar 1/3 de combustible para llegar al destino, 1/3 de combustible para regresar y 1/3 de combustible de reserva.

- **Comprobar si hay fugas de combustible.**

Revisar la embarcación en busca de fugas de gasolina.

Examinar tubos y depósitos de combustible en busca de grietas o algún daño.

- **Revisar filtro de gasolina.**

Cerciorarse que el filtro de combustible esté limpio y sin agua.

Controles.

- **Mando popero**

Mover el mando popero hacia la derecha e izquierda para asegurarse de que su operación sea suave.

Girar el acelerador desde la posición de mínima velocidad hasta máxima velocidad.

Asegúrese de que gire suavemente y de que regrese a su posición inicial.

Revisar que no estén flojas las conexiones de los cables del acelerador y el cambio.

- **Aceite de motor.**

Poner el motor fueraborda en posición vertical.

Si el motor fueraborda no está nivelado la lectura del nivel de aceite no será la correcta.

Extraer la varilla medidora y limpiarla con un trapo.

Introducir la varilla nuevamente y volverla a sacar.

Comprobar que el nivel de aceite esté dentro de las marcas indicadas.

- **Motor.**

Revisar el motor y su montaje

Revisar que los elementos de sujeción no estén sueltos ni dañados.

Cerciorarse de que la hélice esté en buenas condiciones.

Comprobar si hay fugas de aceite en el motor.

- **Batería.**

Comprobar que la batería esté cargada. Una batería en buen estado proporciona un voltaje de 12 voltios.

Revisar que las conexiones de la batería estén limpias, sujetadas y con tapas aislantes.

Funcionamiento del motor antes de encenderlo.

Asegurarse que el barco esté bien amarrado y que no presente dificultad para gobernarlo.

Comprobar que no haya bañistas en las proximidades al motor.

Aflojar el suspiro del tanque. Al realizar esta operación salen gases de gasolina y como estos son inflamables hay que evitar fumar mientras se realiza esta operación.

- **Calentamiento del motor.**

Calentar el motor hasta que se estabilice a la velocidad de ralentí para que haya un máximo rendimiento en el funcionamiento y la aceleración.

Comprobar que el indicador de alerta de baja presión de aceite se encuentre apagado.

- **Comprobaciones después del calentamiento del motor.**

Con la embarcación firmemente amarrada y sin acelerar, comprobar que el motor cambie suavemente la marcha adelante y atrás.

7. Comparación económica

En este capítulo se realizará la comparación económica entre importar y hacer la embarcación en Colombia, para ello se buscaron embarcaciones en china, debido a que es un país muy industrializado la mayoría de las embarcaciones se consiguen a un muy bajo precio. También se averiguo el costo del envío del producto.

7.1 Cotización de envío

Realizando la cotización de envío en la empresa KNLCL (Seafreight transportation in a consolidation container) con un volumen a transportar de 5 m³, el transporte desde china hasta Bogotá (Colombia) tiene un precio de 1,287.81 USD (COP 4'484,662.8).

7.2 Costo de embarcaciones. (Embarcaciones para importar)

- **Embarcación ZHY-B121**

Material: fibra de vidrio.

Número de personas: 4-8 personas

Lugar de fabricación: china.

Precio sin envío: 688 USD, (2'378.911.36) COP

La siguiente imagen muestra una embarcación en venta fabricada en shangai china, utilizado para pasaje o limpieza.



figura 29. Embarcación ZHY-B121.

- **Embarcación ZB11020**

Material: fibra de vidrio.

Número de personas: 6 personas

Lugar de fabricación: china.

Precio sin envío: 899 USD, (3'108.490.28) COP

La siguiente imagen muestra una embarcación en venta fabricada en shangai china no toxico y resistente a la UV, utilizado para pasaje o limpieza.



figura 30. Embarcación ZB11020.

- **Embarcación ZHYB-11028**

Material: fibra de vidrio.

Número de personas: 6 personas

Lugar de fabricación: china.

Precio sin envío: 899 USD, (3'108.490.28) COP

La siguiente imagen muestra una embarcación de fondo plano utilizada para pesca o para actividades deportivas o de relajación fabricado y a la venta en shangai china.



figura 31. Embarcación ZHYBT-11028.

- **Embarcación MG-RB-420C**

Material: fibra de vidrio.

Número de personas: 6-8 personas

Lugar de fabricación: china.

Precio sin envío: 1,380 USD, (3'771.653.6) COP

La siguiente imagen muestra una embarcación de fondo plano fabricada en china, a la venta por alibaba.com, el barco es utilizado para pesca deportiva o para el rescate.



figura 32. Embarcación MG-RB-420C-

7.3 Cotización en Colombia.

Para la fabricación de embarcaciones en cuanto a costo es más económico la fabricación e importación de equipos fabricados en china, debido a que es un país mucho más desarrollado que Colombia.

Teniendo en cuenta que la embarcación está dirigida a la hidroeléctrica del río Sogamoso, se encontraron algunos lugares en la ciudad de Bucaramanga para la fabricación de la embarcación, de los cuales se seleccionó la empresa en la cual es más confiable, económica y de buena calidad (estas especificaciones se tuvieron en cuenta según clientes e información sacada de la web), según el propietario de la empresa ya han tenido la posibilidad de trabajar la fibra de vidrio para estas aplicaciones

- El lugar de la cotización fue: fibras la 20 (calle 20 No. 18-48) donde la embarcación tiene un costo estimado de fabricación de:

Casco y sus elementos: 10 millones de pesos.

- **Silletería:** la cotización de estas se realizó la empresa colombiana caelca.

Sillas: 571.200 COP

La siguiente imagen muestra la cotización de las sillas la cual se realizó en Colombia.

COTIZACION PROFORMA		FECHA		caelca ^{SAS}	
No. CO: 897		03	10	Cauchos el Cacique Colombia SAS NIT 900.226.455-3	
SEÑOR(ES):		ENRIQUE DELGADO		CAELCA SAS - sede principal: Cr. 34 No. 45 B - 45 Sur (Venecia) PBX: 7242890 // Planta: Cra. 34 No. 46 - 69 Sur - Bogotá, DC E-mail: industria@caelca.com.co * www.caelca.com.co	
NIT	DIRECCION	CIUDAD	TELEFONO		
	kikedelgado22@gmail.com	BOGOTA			
NOS PERMITIMOS COTIZAR LOS DESCRITOS ITEMS					
CANT.	TIEMPO	U/M	DESCRIPCION	V. UNITARIO	V. TOTAL
6	INMEDIATO	UNIDAD	SILLA PROMIURBAN PLASTICA	\$80.000	\$480.000
VALIDEZ DE ESTA COTIZACION: 15 DIAS CALENDARIO.				SUBTOTAL	\$ 480.000
OBSERVACIONES: Precios dados en pesos colombianos.				IVA 19%	\$ 91.200
1) POR COMPRAS NETAS SUPERIORES A \$500,000, EL SERVICIO DE ENVIO NO TIENE COSTO EN BOGOTA				RET. FUENTE	
2) POR COMPRAS SUPERIORES A \$1'000,000, EL SERVICIO DE ENVIO NO TIENE COSTO EN BOGOTA Y ALREDEDORES (CUNDINAMARCA)				RET. ICA	
3) NO SE GENERAN VENTAS SIN IVA Y LOS ENVIOS VAN POR CUENTA DEL COMPRADOR FUERA DE BOGOTA				RET. IVA	
COMERCIAL:	SHIRLEY USEDA MOREA			VR TOTAL	\$ 571.200
ATENTAMENTE,		RECIBIDO A PLENA SATISFACCION:		ISO 9001:2008 BUREAU VERITAS CauchoCable # 023086	
ELABORADO POR: SHIRLEY USEDA MOREA		TELEFONO: 57-7242890 EXT 121 318688193 / 3504384144		NOMBRE: C.C.	

figura 33. cotización caelca.

- **Precio del Motor:** 2'400.000 COP (ver tabla 12)

- **Toldo**

La siguiente imagen muestra el tipo de toldo que se cotizo.



Figura 34. Toldo Bimini.

El toldo se cotizo en DHnautica y es un toldo bimini plegable de 3 arcos y tiene un costo de 674.000 pesos colombianos. Las especificaciones de las medidas se pueden ver en el anexo D.

Por lo tanto, fabricar la embarcación en Colombia sin tener en cuenta el costo del toldo, tiene un valor estimado de 12'971.200 COP.

A continuación, se muestra una figura de los costos de las embarcaciones importadas y la fabricada en Colombia.

nombre(embarcacion importada)	costo (\$)	costo+envio (\$)
Embarcación ZHY-B121	2'378.911.36	6.863.574,16
Embarcación ZB11020	3'108.490.28	7.593.153.08
Embarcación ZHYB-11028	3'108.490.28	7.593.153.08
Embarcación MG-RB-420C	3'771.653.6	8.256316.4
costo fabricación del la embarcación con silleteria		10.571.200

Figura 35. Comparación de costos.

Según la imagen se puede observar en definitiva que es más económico la importación de la embarcación que la fabricación de esta.

8. Conclusiones.

Dependiendo de la aplicación ya sea desplazamiento, semidesplazamiento o para velocidad, el diseño del casco de una embarcación debe ser diferente, en nuestro caso, para modo desplazamiento y las condiciones que lo rodean como lo son, estar en aguas protegidas, el diseño óptimo es un diseño de casco tipo fondo plano.

La potencia necesaria para impulsar una embarcación depende de las condiciones del medio; aguas abiertas o aguas protegidas, también de la velocidad para la que se quiera diseñar la embarcación; a menor velocidad menor potencia requerida como ocurre en nuestro caso y a mayor velocidad mayor potencia. Para este diseño por ser de una categoría de solo desplazamiento el motor a utilizar es un motor de 3 caballos de potencia (hp).

La disposición del motor juega un papel importante en el diseño del casco, en nuestro caso para embarcaciones pequeñas y de desplazamiento la mejor opción es un motor fuera borda ya que este permite tener mayor espacio en cubierta y además es más fácil de desmontar para llevar a un taller si de reparaciones o mantenimiento se trata.

El espesor del forro del casco depende de cómo ballan distribuidos los refuerzos de éste, cuando los paneles en que se dividan el fondo y los costados del casco sean grandes el espesor necesario para soportar las presiones de diseño será mayor, para este diseño el espesor requerido para soportar dichas presiones es de 5 mm y de material de fibra de vidrio.

El costo de fabricar una embarcación y en especial cuando no es fabricación en serie es alto, y si se compara con embarcaciones similares que son fabricadas en países mucho más desarrollados industrialmente económicamente es más viable el proceso de importación

9. Recomendaciones

Para tener una idea de las dimensiones principales de una embarcación y estar más seguros sobre cuáles serán las dimensiones más apropiadas, es importante, realizar un estudio donde se recolecte información de embarcaciones similares que estén presentes en el mercado y partiendo de éstas realizar una base de datos con las dimensiones principales como por ejemplo manga, eslora y también el número de tripulantes, hacer una regresión lineal con estos datos y de esta forma conocer cuales dimensiones serían las más convenientes para nuestro caso.

Para el cálculo del espesor del forro de un casco de una embarcación menor y si su fabricación es de una sola pieza y el material es fibra de vidrio, al momento de calcular las presiones de diseño, éste se debe dividir en forro de fondo y costado y aplicar la norma ICONTEC 12215-5 embarcaciones menores, construcción de casco y escantillando.

En el caso de cálculos de estabilidad se recomienda utilizar un software, en este caso MXSURF stability, para comparar los resultados que se obtienen al hacer cálculos de manera manual y de esta manera cerciorarnos que se cumpla con normas exigidas por la OMI (Organización Marítima Internacional).

Referencias Bibliográficas

America. international marine publishing company. Recuperado de:

<https://epdf.pub/boatbuilding-manual-2nd-edition.html>

Bantley system, (2013). MAXSURF resistance. [archivo PDF]. MAXSURF Resistance Program & User Manual.

Deportes Acuaticos . (23 de Abril de 2011). Recuperado el 1 de Julio de 2019, de

<http://deportesacuaticos.info/moto-de-agua-motos-acuaticas/>

Fernandez, E. (2017). Diseño preliminar de un buque restaurante para navegacion fluvial (tesis de pregrado). Universidad politecnica de cataluña, España.

Korean register, (2010). *Rules for the towing survey of barges and tugboats*. [archivo PDF].

Korea. Korean register of shipping. Recuperado de:

<https://maddenmaritime.files.wordpress.com/2014/02/kr-rules-for-the-survey-of-tugboats.pdf>.

La Mar en Calma . (15 de Noviembre de 2016). Recuperado el 10 de Junio de 2019, de

http://wiki.lamarencalma.com/index.php?title=CLASIFICACION_DE_EMBARCACIONES#EMBARCACIONES.C3.93N_DE_RECREO

Larson, L. (2000). *Principles of yach Desing*, GREAT BRITAIN, Hillman printers (frome) Ltd

Lawyer Spain , Y. (2003). *Nautalegal*. Recuperado el 1 de Junio de 2019, de

<https://www.nautalegal.com/es/informes/88-registro-y-lista-de-embarcaciones-de-recreo>

Navegar . (2015). Recuperado el 15 de Junio de 2019, de [http://www.navegar.com/barcos-de-](http://www.navegar.com/barcos-de-vela-ligera/)

[vela-ligera/](http://www.navegar.com/barcos-de-vela-ligera/)

Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillonados, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC.

Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). *Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillonados*, parte 6.(disposiciones estructurales y detalles de construcción) Bogotá, Colombia: ICONTEC.

Sailing Heaven. (2019). Recuperado el 28 de Junio de 2019, de <https://sailingheaven.com/es/navegacion-a-vela/significado-de-yate/>

Sanches, J, (2010). *Proceso de diseño, calculo y construcción de una embarcación menor* (tesis de pregrado). Facultad de náutica de Barcelona, España.

Sanches, P. (2013). *Diseño de una embarcación de 7 metros de loa* (tesis de pregrado). Universidad politécnica de Cataluña, España.

Stanberg Torquedo, (2012). *Líder en propulsión limpia, catalogo*. [Archivo PDF]. Grmany.

Steward, R, (2000). Boatbulding manual (6ed) [archivo PDF]. Estados Unidos de Norte
Recuperado de: <https://dokumen.tips/documents/el-lider-en-propulsion-limpia-catalogo-2012-techno-comparar-todos-los-motores.html>

Teale, J (2002). *Cómo diseñar un barco*. Fernández, España: Jesús Domingo.

Apéndices

Apéndice A. Embarcaciones seleccionadas para el estudio.

HasCraft 500:

Características principales

- Tipo: Barcaza
- Eslora :5 M
- Manga: 1,85 M
- Espesor: 4 Mm
- Material: Aluminio De Alto Grado
- Peso: 320 Kg
- Capacidad De Carga: 750 Kg / 6 Personas
- Velocidad: -
- Puntal: -
 - Calado: -

La siguiente imagen muestra una embarcación de aluminio en forma de barcaza utilizada para pesca.



HasCraft 500,

HasCraft 500 a menudo se elige un barco de trabajo multifuncional, gran cantidad de espacio de trabajo, construcción pesada, libre mantenimiento, bajo calado y alta capacidad de carga. totalmente diseñados y fabricados en los países bajos con marcado CE. estos barcos de trabajo de aluminio están diseñados para ser muy confiables, estables y sobre todo tiene larga vida útil, no se desvalorizan al pasar el tiempo.²

Ribboat rib 900 p.

En la siguiente imagen se muestra una embarcación de recreo de 9.5 metros de eslora.



Ribboat rib 900 p, New Built.

² <https://www.aluminiumworkboat.com/aluminium-workboats/new/>

- Eslora: 9.5 metros
- Manga: 2.45 metros
- Pasajeros: 12

Bote VP 14.

- eslora: 4.25 m
- manga: 1.68 m
- capacidad: 6 personas
- Duraluminio calibre 0.08
- peso: 105 kg
- carga: 450 kg

la siguiente imagen muestra una embarcación de planeo con capacidad para seis personas.



Bote VP14. Dura botes.

Esta embarcación está diseñada para navegar en aguas protegidas, posee un motor tipo intro fueraborda, de gran estabilidad, comodidad y navegación a bajas velocidades.

Arquin pescador.

- eslora: 4.2 m
- manga: 1.4 m
- pasajeros: 4

la siguiente imagen muestra una lancha casco Arquin con motor Jonhson 30 en Junín buenos aires.



Arquin Pescador. clasf (2018). Lancha casco Arquin con motor Jonhson 30 en Junín-buenos aires.

Este bote está diseñado para realizar pesca en aguas protegidas, de baja velocidad y gran estabilidad.

Barcaza Wide Beam Narrowboat Collingwood 60 x 12

Características principales:

- tipo: barcaza
- eslora: 18,5 m
- manga: 3,66 m
- calado: 0,6 m
- material: acero
- tipo de motor: intraborda
- potencia: 25 HP
- número de pasajeros: -
- velocidad: -

la siguiente imagen muestra una embarcación de ocasión con casco tipo barcaza.



Barcaza Wide Beam, (2011) cosas de barcos.

La barcaza wide beam es para navegación fluvial en Berkshire (Reino Unido), es una embarcación de ocasión, con su diseño interior está equipada para pasar días dentro de ella sin la necesidad de llegar a puerto por provisiones o combustible.

Bote 5000 g.

Características principales.

- Eslora: 5 m
- Manga: 1.52 m
- Altura: 0.48 m
- Peso: 87 Kg
- Capacidad: 6-7 personas
- Carga: 475 Kg
- Material. aluminio.
- Potencia: 6 -15 hp

La siguiente imagen muestra un bote con motor fueraborda utilizada para pesca deportiva.



Bote 5000g, maltiere. (s.f). bote 5000g.

Bote fibra de vidrio.

Características principales.

- Eslora: 3.7 m
- Manga: 1.2 m
- Altura: 0,40 m
- Capacidad: 4 personas.
- Material: fibra de vidrio.

La siguiente imagen muestra una embarcación utilizada para el transporte de pasajeros a través de un río.



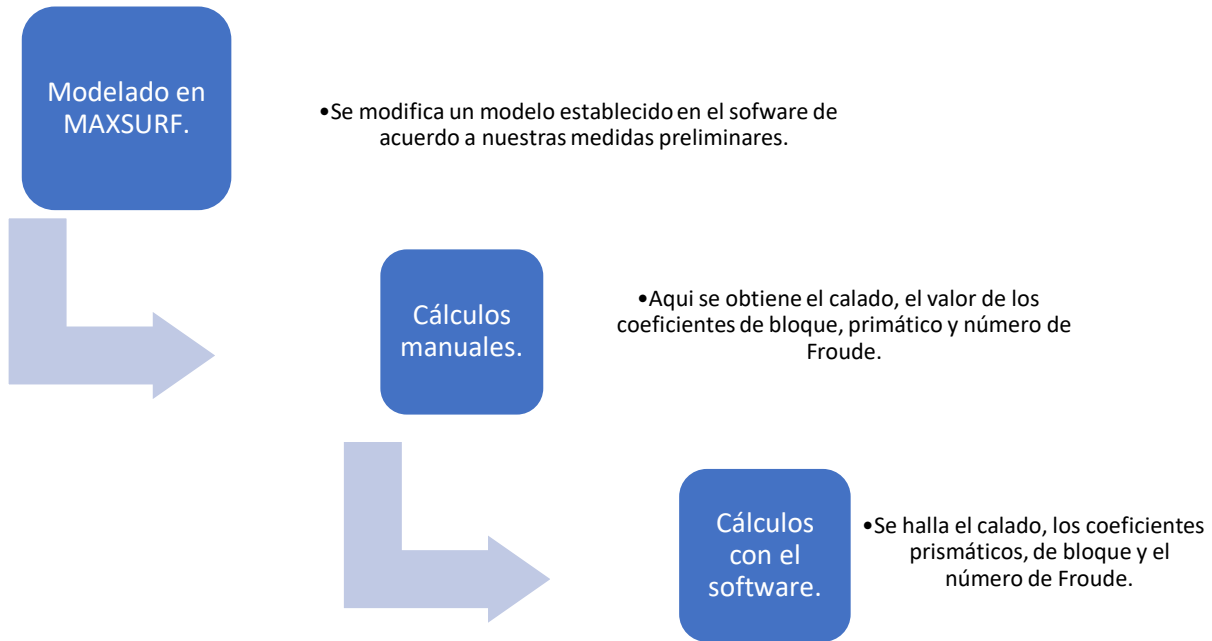
Bote fibra de vidrio 621, (2018).

Dimensiones y coeficientes calculados de manera convencional

Nombre de la embarcación	Eslora (m)	Manga (m)	Tripulantes	Peso en rosca (Kg)
Liya SW580	5.8	1.98	8	450
LY50	5.1	1.9	8	370
6MT Dimarine	6	1.96	-	520
Bote fibra de vidrio	4.26	1.35	4	150

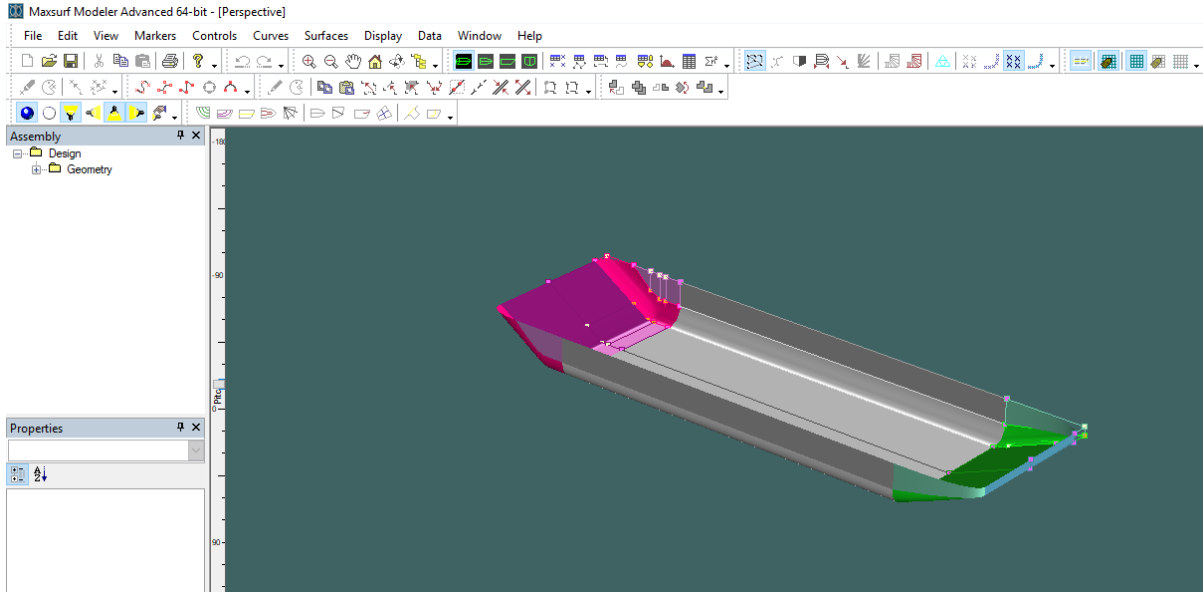
Apéndice B. Cálculos de calado y coeficiente de bloque.

La siguiente imagen muestra el resumen de lo que se verá en este apéndice.



Del modelo del casco mostrado por el programa MAXSURF modeler advanced se realizan los respectivos ajustes para conocer algunas características más específicas de la embarcación, los ajustes se hacen de la siguiente manera:

La siguiente imagen muestra el modelo de la barcaza obtenida por MAXSURF.



Modelo de barcaza en MAXSURF.

Estas formas son adecuadas para el presente estudio ya que mantiene la manga durante toda la eslora lo que aumenta la superficie de cubierta, esto quiere decir que habrá más espacio para la habilitación y el pasaje.

Para poder modificar las medidas de la barcaza estándar en MAXSURF primero hay que deshabilitar locking, para poder llegar a esta ventana se busca la pestaña Windows y Surface.

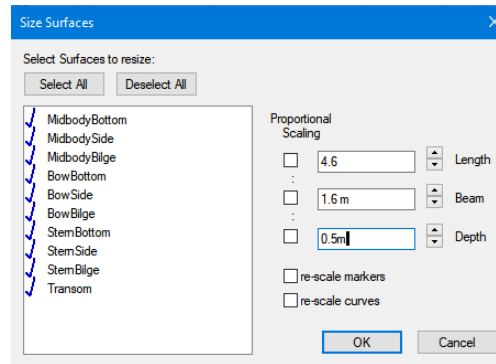
La siguiente imagen muestra las pestañas que se deben desmarcar para poder ajustar las medidas a la embarcación en proceso de diseño.

	Name	Assembly	Type	Use	Rows	Cols	Long. Stiff.	Trans. Stiff.	Visibility	Locking	Symmetry	Split	Para. Grid Rows	Para. Grid Cols	Group
1	MidbodyBottom	Mid	B-Spline	Hull	2	2	2	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
2	MidbodySide	Mid	B-Spline	Hull	2	2	2	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
3	MidbodyBilge	Mid	B-Spline	Hull	3	2	2	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
4	BowBottom	Bow	B-Spline	Hull	2	5	3	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
5	BowSide	Bow	B-Spline	Hull	2	5	3	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
6	BowBilge	Bow	B-Spline	Hull	3	5	3	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
7	SternBottom	Stern	B-Spline	Hull	2	2	2	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
8	SternSide	Stern	B-Spline	Hull	2	3	3	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
9	SternBilge	Stern	B-Spline	Hull	3	3	3	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	
10	Transom	Stern	B-Spline	Structure	2	2	2	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	auto	auto	

Ventana surfaces en el programa MAXSURF.

Para cambiar las dimensiones se entra a la pestaña surfaces luego size surfaces como se muestra en la siguiente pestaña, acá se colocan las dimensiones estimadas por medio de las regresiones lineales.

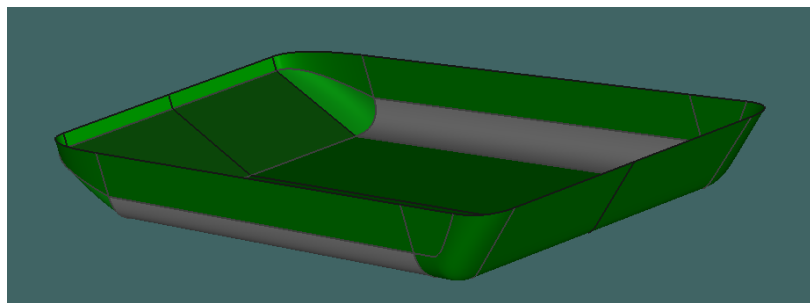
En la siguiente imagen se muestra la ventana en la cual se ajustan las medidas de la embarcación a diseñar.



Ventana Size surfaces

Concluido este proceso de cambiar las dimensiones el programa muestra si siguiente gráfico:

La siguiente imagen muestra el casco de la embarcación obtenido al ajustar los valores calculados anteriormente para el diseño.

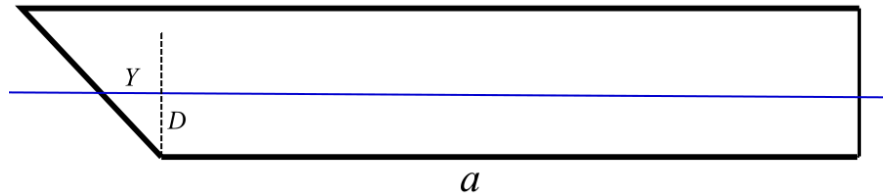


Modelo modificado de la barcaza.

Y las dimensiones principales son las siguientes:

El modelo se aproxima al siguiente gráfico para el cálculo del calado, eslora de flotación, coeficiente de bloque, coeficiente prismático entre otros para luego ser comparados con resultados que se obtienen del programa MAXSURF advanced.

La siguiente imagen muestra las variables utilizadas para el cálculo del calado.



Cálculo del calado.

La línea azul es la ubicación de la eslora de flotación.

De las transformaciones paramétricas realizadas en el software como lo fueron la eslora y la manga, de estas se obtiene como resultado las siguientes medidas:

$$\text{calado} = D$$

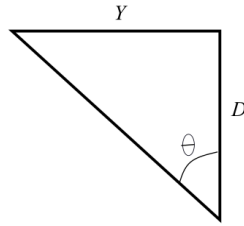
$$\text{Manga} = 1.6 \text{ m}$$

$$a = 3.909 \text{ m}$$

$$\alpha = 54.11$$

$$\theta = 35.89$$

La siguiente imagen muestra el ángulo tomado del diseño montado en SOLIDWORKS 2019 para el cálculo del calado y la eslora de flotación.



Angulo del calado

Se hace una relación de Y con el calado mediante el ángulo que es conocido para luego poder reemplazarlo en las siguientes ecuaciones y poder despejar el calado.

$$\tan(\theta) = \frac{Y}{D}$$

$$Y = \tan(\theta) * D$$

V= volumen sumergido de la embarcación.

M_{LDC} = desplazamiento total en kilogramos (se asumió de 1000 kg).

$$V = \left((a * D) + \frac{Y * D}{2} \right) * Manga$$

$$\rho = \frac{M_{LDC}}{V}$$

Conociendo el valor de theta y el peso total que se asumió se calcula el valor del calado y el valor de la eslora de flotación:

$$D = 0.16 \text{ m}$$

$$L_{WL} = 4.13 \text{ m}$$

Cálculo del coeficiente de bloque C_b .

Este se halla mediante la ecuación del libro como diseñar un barco de Jhon Teale página 14.

$$C_b = \frac{\Delta * 35}{L_{WL} * B * D}$$

Donde: Δ : desplazamiento (toneladas)

L_{WL} : eslora de flotación. (ft)

B: manga de flotación. (ft)

D: calado. (ft)

$$C_b = \frac{(1 \text{ ton}) * 35}{(13.55) * (5.249) * (0.525)}$$

$$C_b = 0.937$$

Cálculo del coeficiente prismático Cp.

$$Cp = \frac{Cb}{Cm}$$

Cm= coeficiente de la maestra.

Para hallar el Cp es necesario hallar el coeficiente de maestra el cual se halla mediante la correlación de Kernel:

$$Cm = 1.006 - 0.0056 * Cb^{-3.56}$$

$$Cm = 0,999$$

Si Cp es mayor o igual al Cb el cálculo del coeficiente de bloque es correcto.

$$Cp = \frac{0.937}{0.999}$$

$$Cp = 0.945$$

El resulta es correcto debido a que Cp es mayor que Cb.

Cálculo del número de froude.

Este se halla con la siguiente ecuación.

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g * L_{WL}}}$$

v = velocidad máxima de la embarcación.

g= gravedad.

Para la velocidad hay que tener en cuenta la categoría del barco, baja velocidad, velocidad media y velocidad alta.

Esta se halla mediante la relación de velocidad eslora que según el libro como diseñar un barco de John Teale:

- Velocidad baja: hasta relación velocidad / eslora de alrededor de 1,6
- Velocidad media: con relación velocidad / eslora de entre 1,6 y 3
- Velocidad alta: con una relación velocidad / eslora por encima de 3

En nuestro caso es una embarcación de desplazamiento; es decir de baja velocidad. Como criterio de diseño se tomó que esta relación tendrá un valor de 1,4 para no estar al límite de este valor.

$$\frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} = 1.4$$

Si $L_{wl} = 4.13 \text{ m} = 13.55 \text{ ft}$ entonces:

$$v = 5.2 \text{ kn} = \text{aproximamos a } 5 \text{ kn} = 2.572 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Fn = \frac{2.572}{\sqrt{9.82 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) * 4.6\text{m}}}$$

$$Fn = 0.383$$

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones obtenidas mediante cálculos convencionales para la embarcación a diseñar:

Dimensiones y coeficientes calculados de manera convencional

Dimensión o coeficiente	Valor
Eslora total (LOA)	4.6 m
Eslora en la flotación (LWL)	4.13 m (13.55 ft)
Manga (B)	1.6 m
Puntal	0.5 m
Calado (D)	0.16 m
Número de froude (Fn)	0.383
Coefficiente de bloque (Cb)	0.937
Coefficiente prismático (Cp)	0.945
Desplazamiento (Δ)	1 t
Velocidad	2,572 m/s

Para calcular las mismas dimensiones mediante el programa de ingeniería naval se continua el proceso que había quedado en la figura ventana size surfaces. Se especifica de la siguiente manera:

Se especifica el peso en rosca y el peso muerto para luego en MAXSURF Stability Advance calcular el calado del casco.

En la pestaña análisis, condiciones específicas se coloca el valor del desplazamiento de la embarcación.

El desplazamiento es igual a la suma del peso en rosca y muerto que ya se había estimado 1 toneladas y se seleccionan las pestañas mostradas en la figura.

En la siguiente imagen se muestra la pestaña en la cual se coloca el valor del desplazamiento estimado por el diseñador.

The image shows a software dialog box titled "Specified Condition". It contains several input fields and radio buttons for defining vessel conditions:

- Heel:** Fixed Heel (0 deg), Free to Heel
- Trim:** Fixed Trim (0 m), Free to Trim
- Centre of Gravity:** LCG (15.4 m), TCG (0 m), VCG (0 m)
- Immersion:** Displacement (1.05 t), Draft Amidships (0 m), Draft Forward (0 m), Draft Aft (0 m)

Buttons: "Get Loadcase Values", "OK", "Cancel".

Ventana specified condition.

La siguiente imagen muestra los valores de las variables obtenidos por el software (MAXSURF)

Draft Amidships m	0,175
Displacement t	1,000
Heel deg	0,0
Draft at FP m	0,175
Draft at AP m	0,175
Draft at LCF m	0,175
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	4,126
Beam max extents on WL m	1,600
Wetted Area m ²	7,339
Waterpl. Area m ²	6,563
Prismatic coeff. (Cp)	0,930
Block coeff. (Cb)	0,896
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,967
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,994
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,489
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,471
KB m	0,097
KG m	0,000
BMT m	1,423
BML m	9,448
GMT m	1,520
GML m	9,545
KMt m	1,520
KML m	9,545
Immersion (TPc) tonne/cm	0,067
MTc tonne.m	0,021
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,027
Max deck inclination deg	0,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000

Resultados Stability.

Se puede observar que el calado del casco (draft) en estas condiciones es de 0.19 m, coeficiente de bloque 0.894 y coeficiente prismático 0.927.

Para el análisis de los resultados se hacen en un cuadro comparativo:

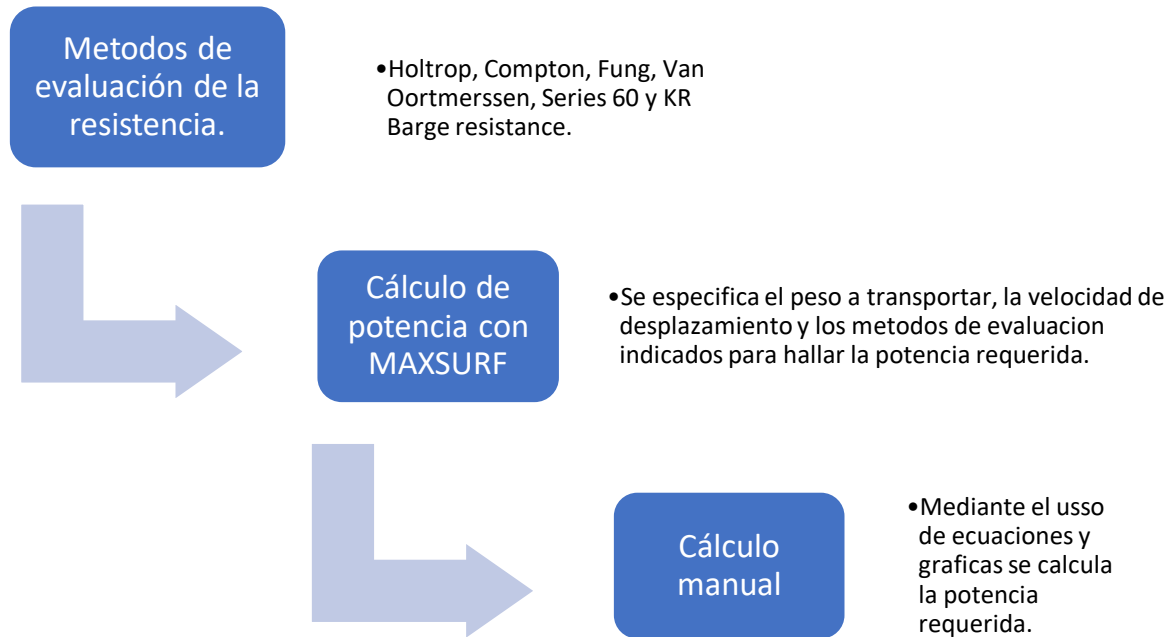
Dimensiones y coeficientes calculados por el software.

Especificaciones	cálculos del software
Eslora total (LOA)	4,6 m
Eslora en la flotación (LWL)	4,136 m
Manga (B)	1,6 m
Puntal	0,5 m
Calado (D)	0,175 m
Número de froude (Fn)	-
Coeficiente de bloque (Cb)	0,896
Coeficiente prismático (Cp)	0,930
Desplazamiento ()	1 t
Velocidad	-

El valor del calado se aproxima a 0.20 por motivos de seguridad.

Apéndice C. Cálculo de la resistencia al avance.

La siguiente imagen muestra el resumen de lo que se verá en este apéndice.



El software MAXSURF Resistense permite analizar la resistencia para embarcaciones de planeo, pre planeo y desplazamiento con sus respectivos métodos por el cual se estudia, para el diseño en curso se utiliza solo el de desplazamiento.

Los métodos para realizar dicho cálculo son los siguientes³:

- Holtrop: este algoritmo está diseñado para predecir la resistencia de petroleros, buques de carga general, buques pesqueros, remolcadores, buques portacontenedores y fragatas.

³ manual de resistencia de MAXSURF

- Compton: este algoritmo está diseñado para la predicción de la resistencia de barcos a motor, costeros, patrullas costeras, embarcaciones de casco recreativos que operan en desplazamiento o semiplaneo.
- Fung: este algoritmo está diseñado para el análisis de resistencia para buques con popa en forma de espejo y más grandes a los que utiliza el método Compton.
- Van Oortmerssen: este método predice la resistencia de barcos pequeños como arrastreros, de pesca y remolcadores.
- Series 60: este método se utiliza para estimar la resistencia de buques con un solo tornillo.
- KR barge resistance: este método está basado en la predicción de la resistencia basada en “Rules for the Towing Survey of Barges and Tugboats (Ch.3, Sec.1, 103)”⁴ emitido por “korean register of shipping” es adecuado para buques en forma de cajas (barcazas) en régimen de desplazamiento.⁵

Los diferentes métodos de aplicación deben ser utilizados para casos especificados, cada caso tiene sus límites que restringen el uso de cada método, los algoritmos de resistencia solo son útiles dentro de ciertos rangos en las dimensiones del casco. esos límites son:

Requerimientos para cumplir por cada método de análisis para embarcaciones en modo desplazamiento.

⁴ korean register 2010

⁵ manual de resistencia MAXSURF

Método	Requerimiento
Holtrop	$0,55 < C_p < 0,85$
	$3,9 < L/B < 15$
	$2,1 < B/T < 4$
Compton	$M0,13 < LCG/L < M0,02$
	$4 < L/B < 5,2$
	$0,00368 < V/L^3 < 0,00525$
Fung	$0,00057 < V/L^3 < 0,01257$
	$1,696 < B/T < 10,204$
	$0,526 < C_p < 0,774$
	$0,556 < C_x < 0,994$
	$14,324^\circ < i_e < 23,673^\circ$
	$2,52 < L/B < 17,935$
Van Oortmerssen	$0,662 < CWP < 0,841$
	$8 < L < 80$
	$3 < L/B < 6,2$
	$0,5 < C_p < 0,73$
	$-8\% < LCG/L < 2,8\%$
	$5 < V < 300$
	$1,9 < B/T < 4$
	$0,7 < C_m < 0,97$
	$10 < i_e < 46$
	Series 60
$5,5 < L/B < 8,5$	
$2,5 < B/T < 3,5$	
$M2,48\% < LCB < 3,51\%$	

Donde las variables son:

(sacados del manual de MAXSURF resístanse)

C_p = coeficiente prismático.

L = longitud en la línea de flotación.

B = manga en la línea de flotación.

T = profundidad.

LCG = centro de gravedad longitudinal, medido desde la mitad de la embarcación, positivo en dirección de las ordenadas.

V = volumen desplazado.

C_X = coeficiente del área de la sección máxima.

i_e = medio ángulo de entrada.

CWP = coeficiente de afinamiento de las líneas de agua.

C_m = coeficiente de la maestra.

LCB= centro longitudinal de flotabilidad, medido desde el centro de la embarcación.

Los algoritmos de predicción de resistencia son útiles en los siguientes rangos de velocidad, según el número de froude.

Requerimientos para cumplir por cada método de análisis para embarcaciones en modo desplazamiento.

Método	Límite inferior	Límite superior
Holtrop	$F_{nl} = 0$	$F_{nl} = 0.8$
Compton	$F_{nl} = 0.1$	$F_{nl} = 0.6$
Fung	$F_{nl} = 0.134$	$F_{nl} = 0.908$
Van Oortmerssen	$F_{nl} = 0$	$F_{nl} = 0.5$
Series 60	$F_{nv} = 0.282$	$F_{nv} = 0.677$
KR barge resistanse	0	$F_{nl} = 0,5$

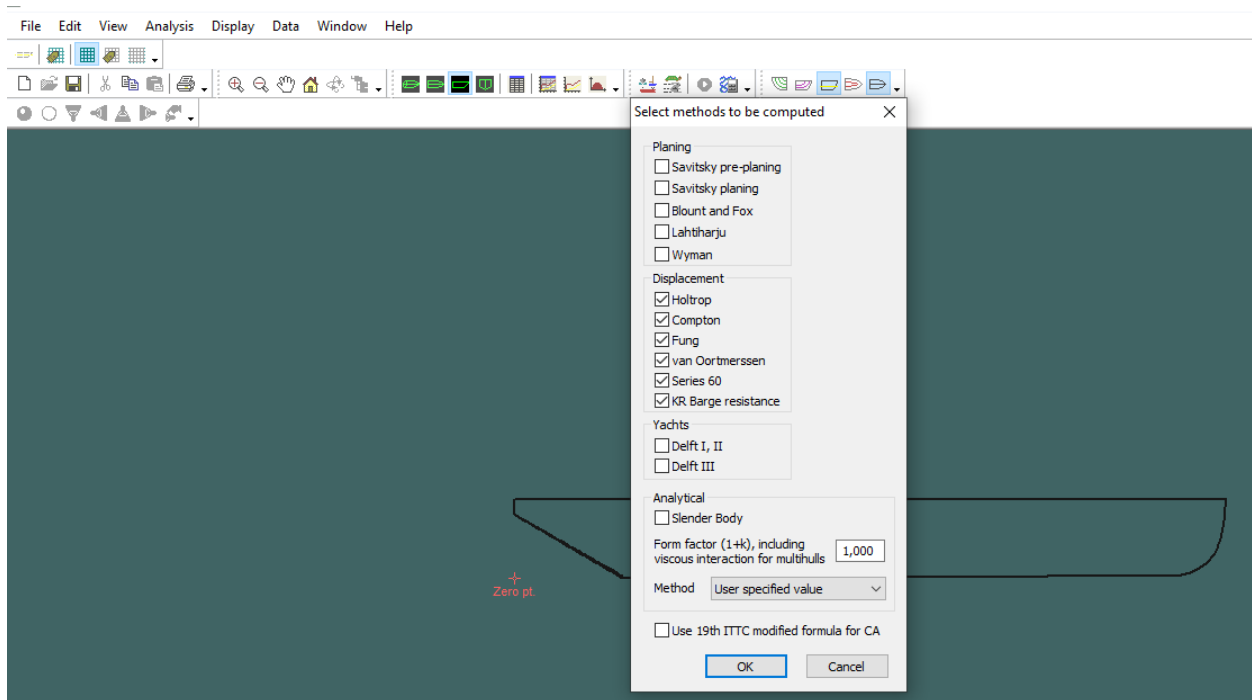
F_{nv} = número de froude basado en la velocidad.

F_{nl} = número de froude basado en la eslora.

Con los límites establecidos para cada caso específico de análisis y utilizando el software MAXSURF resístanse el cual muestra el resultado del cálculo y los valores que están dentro de los rangos como también los que han salido de las restricciones.

Para ver el cálculo de resistencia al avance se abre el programa MAXSURF resístanse, en la pestaña análisis se seleccionan todos los métodos para embarcaciones en modo de desplazamiento de la siguiente manera:

La siguiente imagen muestra los diferentes métodos que utiliza el programa para el cálculo de la resistencia al avance.



Resistencia al avance.

Los resultados del programa están en la siguiente gráfica, los valores utilizados aparecerán y los que no son relevantes aparecerá la casilla vacía.

La siguiente imagen muestra los valores de los diferentes métodos de evaluación para la resistencia al avance.

Item	Value	Units	Holtrop	Van Oortmerssen	Series60	Compton	Fung	KR Barge
LWL	4,136	m	4,136 (lo	4,136 (low)	4,136 (low)	4,136 (low)	4,136 (l	--
Beam	1,6	m	1,6 (high)	1,6 (high)	1,6 (low)	1,6 (high)	1,6	--
Draft	0,174	m	0,174 (lo	0,174 (low)	0,174 (low)	0,174	0,174	--
Displaced volume	0,99	m ³	0,99	0,99	0,99 (high)	0,99 (high)	0,99 (hi	--
Wetted area	7,314	m ²	7,314	7,314	7,314	7,314	7,314	7,314
Prismatic coeff. (Cp)	0,925		0,925 (hi	0,925 (high)	--	--	0,925 (--
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,987		0,987	--	--	--	--	--
1/2 angle of entrance	23,4	deg.	23,4	23,4	--	--	23,4	--
LCG from midships(+ve for	0,177	m	0,177	0,177 (high)	--	0,177 (high	--	--
Transom area	0	m ²	0	--	--	--	0	--
Transom wl beam	0	m	--	--	--	--	0	--
Transom draft	0	m	--	--	--	--	0	--
Max sectional area	0,259	m ²	--	0,259	--	--	0,259	0,259
Bulb transverse area	0	m ²	0	--	--	--	0	--
Bulb height from keel	0	m	0	--	--	--	--	--
Draft at FP	0,175	m	0,175	--	--	--	--	--
Deadrise at 50% LWL	0,4	deg.	--	--	--	--	--	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--	--	--	Round bilge	--	--
Frontal Area	0	m ²						
Headwind	0	kn						
Drag Coefficient	0							
Air density	0,001	tonne/						
Appendage Area	0	m ²						
Nominal App. length	0	m						
Appendage Factor	1							
Correlation allow.	0,0004		Calculate	0,0004	0,0004	0,0004	Fixed a	
Kinematic viscosity	0,0000011	m ² /s						
Water Density	1,026	tonne/						

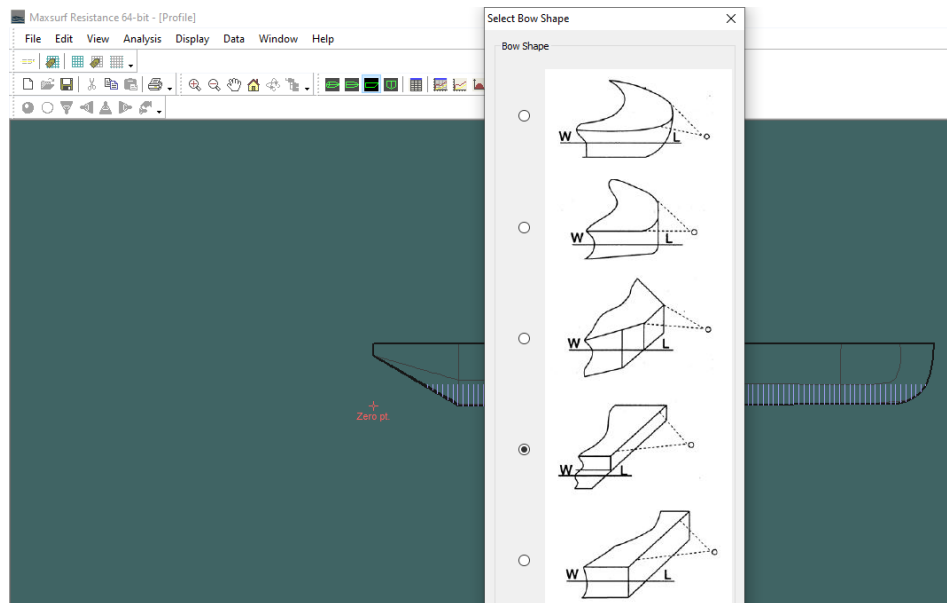
Resultados de la resistencia al avance.

La tabla de resultados permite saber si el método de selección es válido para el análisis, las mediciones que están fuera del rango válido para cada método en particular se resaltan en la columna. Los datos en rojo indican que el valor está por debajo del límite inferior, mientras que los datos en naranja están por encima del límite superior.

Con los resultados obtenidos se concluye que el método a utilizar es el KR barge⁶, ya que en el análisis ningún valor se sale del rango permitido. Además, este análisis de la predicción de resistencia al avance y potencia necesaria se enfoca en barcasas lo cual es más adecuado. Similar a la embarcación a diseñar.

Dependiendo de la geometría del casco se añade una condición especial para obtener un cálculo más preciso, en este caso se define la forma de la proa que va a tener la embarcación para obtener el valor de un coeficiente. en la barra análisis se selecciona barge analysis geometry para seleccionar la forma de la proa.

La siguiente imagen muestra las diferentes formas que puede tener la embarcación en la proa.



Forma de la proa.

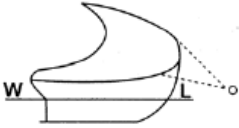


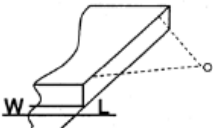
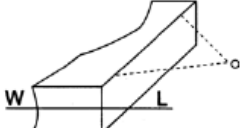
⁶ manual de korean register

La forma para utilizar es la seleccionada mostrada en la imagen, ya que tiene una forma de proa cuadrada y una manga cuadra parecida al diseño del casco en proceso de diseño.

Esta selección se enfocó en la forma recomendada por Rules for the Towing Survey of Barges and Tugboats (Ch.3, Sec.1, 103.1)⁷. en la cual según la forma de la proa se obtiene el valor de un coeficiente que está relacionado con la resistencia a las olas.⁸

Este coeficiente está mostrado a continuación:

La siguiente imagen muestra el valor del coeficiente dependiendo de la forma de la proa que se seleccionó.

Bow shape	F_2
	0.2/0.4
	0.3/0.5
	0.4/0.6
	0.3/0.5
	0.8/1.0

Coeficiente de la proa según su geometría.

⁷ korean register página 9

⁸ korean register página 9

La forma cuarta mencionada anteriormente para obtener el coeficiente de F2 que tiene un valor en el rango de 0.3 a 0.5, además, la forma de la proa es similar a la embarcación en proceso de diseño.

Con todas las especificaciones descritas, se obtiene como resultado la resistencia y la potencia en la siguiente tabla:

La siguiente imagen muestra los resultados de la resistencia al avance y la respectiva potencia necesaria para vencerla.

Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	KR Barge Resist. (kN)	KR Barge Power (kW)
4,525	0,366	0,745	0,5	1,204
4,600	0,372	0,757	0,5	1,265
4,675	0,378	0,769	0,6	1,328
4,750	0,384	0,782	0,6	1,393
4,825	0,390	0,794	0,6	1,460
4,900	0,396	0,806	0,6	1,529
4,975	0,402	0,819	0,6	1,600
5,050	0,408	0,831	0,6	1,674

Potencia del motor.

Cómo se observa la tabla muestra el valor de la resistencia al avance con su respectiva potencia necesaria para vencerla.

De acuerdo con las dimensiones establecidas anteriormente se estima una resistencia al avance de 0.6 KN con una potencia necesaria para vencerla de 1.674 kW.

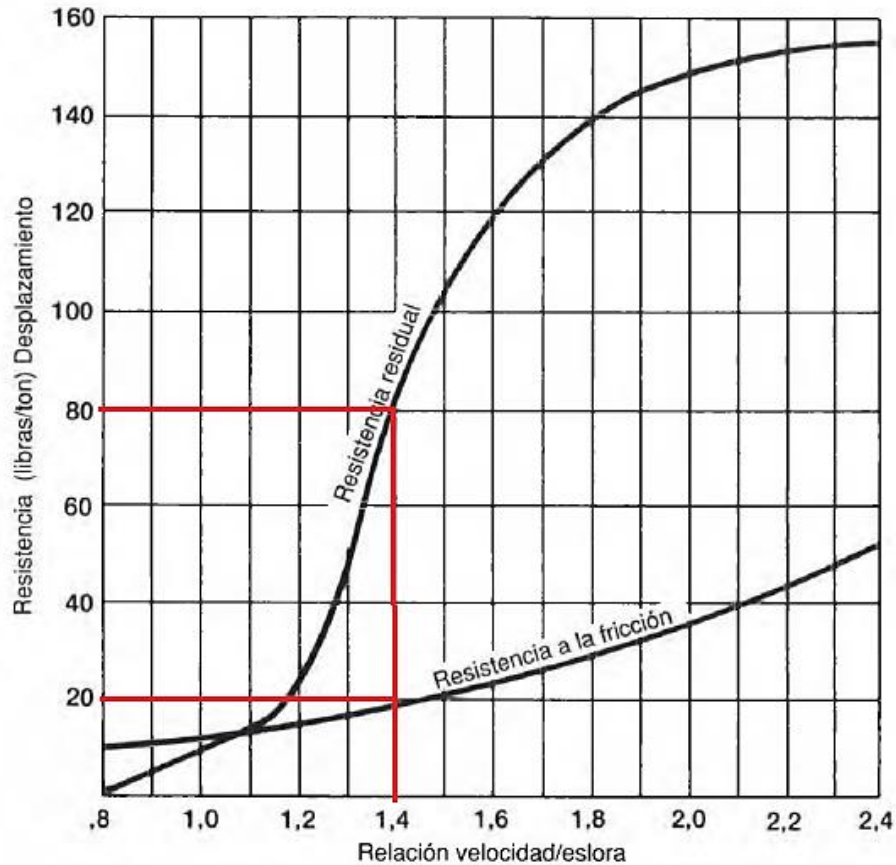
Principales dimensiones de la embarcación obtenidas de MAXSURF resistanse.

especificaciones	cálculos del software
Eslora total (LOA)	4,6 m
Eslora en la flotación (LWL)	4,136 m
Manga (B)	1,6 m
Puntal	0,5 m
Calado (D)	0,174 m
Número de froude (Fn)	-
Coefficiente de bloque (Cb)	0,927
Coefficiente prismático (Cp)	0,925
Desplazamiento ()	0,99 t
Velocidad	-
Resistencia	0.6 KN
Potencia	1.674 KW

De acuerdo con el libro titulado “como diseñar un barco escrito por Jhon Teale” se realiza un cálculo manual de la resistencia al avance para poder calcular la potencia necesaria para vencerla. Para ello se necesita el resultado de la relación velocidad de la embarcación con la eslora.

Con una relación de velocidad/eslora de 1.4 se observa en la figura 47 del libro de Jhon Teale la resistencia al desplazamiento correspondiente, de la siguiente manera:

La siguiente imagen muestra el cálculo de la resistencia al avance total de manera convencional.



Grafica de la resistencia al avance. Teale, J (2002). Cómo diseñar un barco. Fernández, España: Jesús Domingo. Pág. 94

Con dicha relación la resistencia residual es de 80 (libras/tonelada) y la resistencia a la fricción es de aproximadamente 20 (libras/tonelada), por lo tanto, la resistencia total es la suma de la resistencia residual y la resistencia a la fricción dando como resultado 100 (libras/tonelada).

$$R = r_T * V$$

R= resistencia total.

r_T = relación de la resistencia y desplazamiento.

V = desplazamiento.

Por lo tanto, la resistencia tiene un valor de 100 lb y con una velocidad de 5 nudos se calcula la potencia al freno de la siguiente manera:

$$\text{BHP} = \frac{2 * R * V}{550}$$

V = velocidad de la embarcación en pies/segundos, 5kn = 8.439 ft/s

$$\text{BHP} = \frac{2 * 100(\text{lb}) * 8.439(\text{kn})}{550}$$

$$\text{BHP} = 3.068 \text{ HP}$$

Comparando los resultados obtenidos por el programa de ingeniería naval MAXSURF y los calculados de acuerdo con el libro de Jhon Teale se saca un aproximado entre los dos resultados para estimar la potencia requerida por el motor de combustión, de esta manera se puede seleccionar dicho sistema de propulsión.

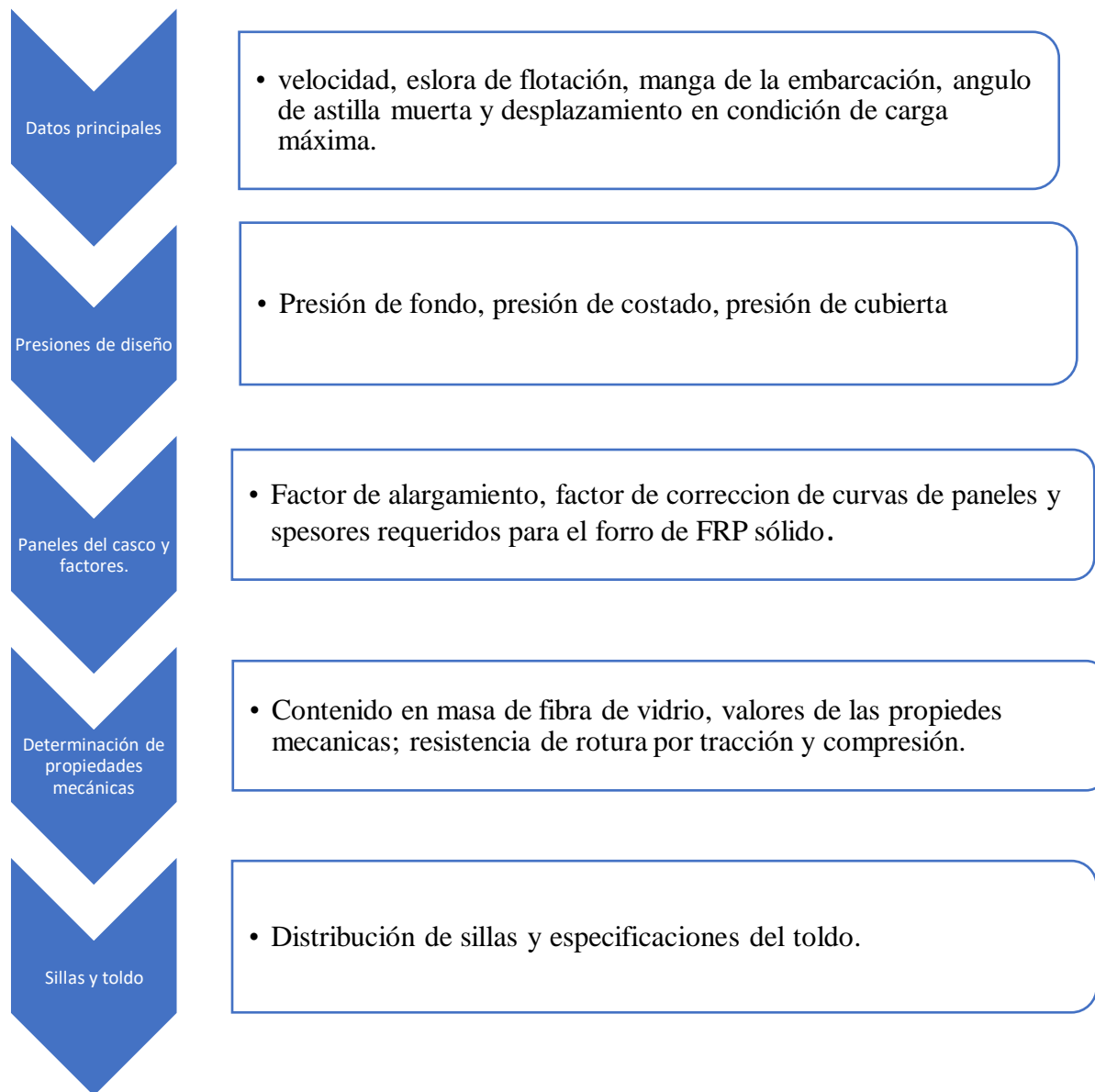
Software: 2.24 HP

Libro de Teale: 3.068 HP

Por lo tanto, la potencia requerida por la embarcación en proceso de diseño será de 3 caballos de potencia.

Apéndice D. Escantillonado.

La siguiente figura muestra el resumen del presente apéndice.



Para el cálculo del escantillado hay que utilizar una serie de fórmulas utilizadas en la norma NTC ISO 12215-5. La metodología a seguir está ordenada por la normatividad, este procedimiento se lleva a cabo teniendo en cuenta que el material a utilizar para el escantillado es la fibra de vidrio. La versión de la norma es NTC ISO 12215-5 de 2018.

Datos requeridos para el cálculo del escantillonado

Datos para introducir	valor	unidad
Lwl	4.13	m
B	1.6	m
β	0	°
v	5	knots
M_{LDC}	1000	kg

Nota: *Lwl: eslora de flotación; B: manga de la embarcación; β : Angulo de astilla muerta; v: velocidad máxima de la embarcación; m_{LDC}: desplazamiento en condición de máxima carga en kg.

Este proceso se utiliza para calcular las presiones de diseño y también el escantillando, incluye refuerzos interiores de embarcaciones pequeñas cuya eslora este comprendida entre 2,5 m y 24 m y con una velocidad máxima de 5 kn en condiciones de MLDC.

Presiones De Diseño

Este proceso del cálculo de las presiones de diseño en la norma NTC ISO 12215-5 de 2018 se encuentra en el apartado 8.1 presiones de diseño para embarcaciones a motor, el cálculo se lleva a cabo siguiendo ese orden.

Generalidades

Para la presión de diseño en el fondo de la embarcación debe ser el mayor valor de: la presión de fondo en el modo desplazamiento (PBMD) y la presión del fondo en el modo de planeo (PBMP).

En las embarcaciones de categoría de diseño C Y D la presión en el costado debe corresponder al valor de la presión de diseño en el fondo.

Presión en el fondo para las embarcaciones a motor en modo desplazamiento

La presión de diseño en el fondo de una embarcación a motor en modo desplazamiento PBMD es el mayor valor de:

$$P_{BMD} = P_{BMDBASE} * K_{AR} * K_{DC} * K_L \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

$$P_{BMMIN} = 0.45 * m_{LDC}^{0.33} + (0.9 * L_{WL} * K_{DC}) \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

En donde

$$P_{BMDBASE} = 2.4 * m_{LDC}^{0.33} + 20 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

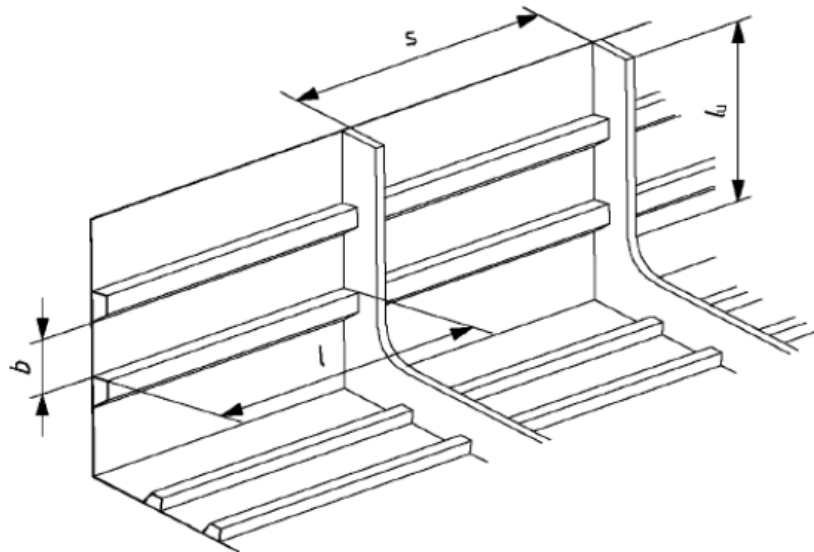
Si $m_{LDC} = 1000$ Kg entonces:

$$P_{BMDBADE} = 43.454 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

Cálculo de los factores para calcular P_{BMD}

Para calcular estos factores es necesario conocer las dimensiones l y b de los paneles

La siguiente imagen muestra las dimensiones principales para analizar en un panel.



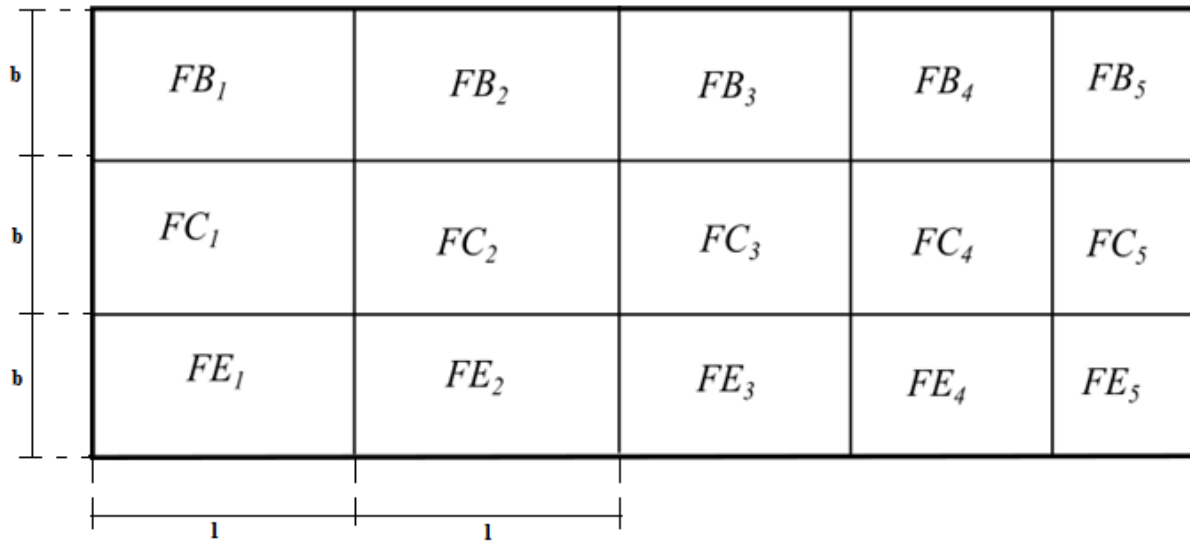
Dimensiones principales de los paneles.

b = es la menor dimensión del panel, en milímetros.

l = es la mayor dimensión del panel. en milímetros.

Distribución de los paneles de la embarcación.

A continuación, se muestra las imágenes de la distribución de los paneles. En cada línea que divide un panel va laminado un refuerzo (Hat), la selección de estos se puede ver en el apéndice E.



Distribución de paneles del fondo.

F = fondo

B = babor

C = centro

E = estribor

El espesor del fondo se calcula tomando en cuenta las dimensiones de los paneles más críticos que en este caso son los de mayor área.

No es necesario tomar para l un valor en milímetros superior a $330 \cdot LH$

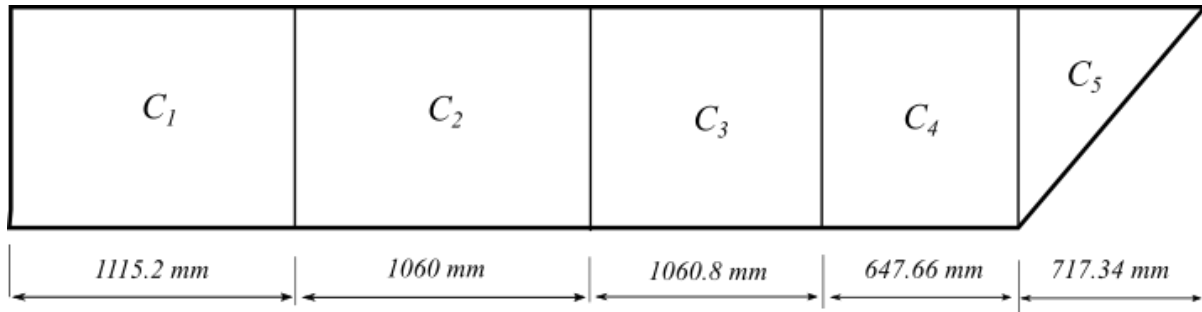
LH = eslora del casco, en metros.

A criterio del diseñador el valor mínimo de b es de 500 mm y l de 1000 mm, el cual es menor a la especificación anterior.

$$330 \cdot (4.6) = 1518 \text{ mm} < a \text{ 1000 mm}$$

Distribución paneles del costado.

En la siguiente imagen se muestran los paneles del costado. En cada línea que divide un panel va laminado un refuerzo (Hat), la selección de estos se puede ver en el apéndice E.



Distribución de paneles del costado.

K_{AR} = factor de reducción de la presión según el área.

$$K_{AR} = \frac{K_R * 0.1 * m_{LDC}^{0.15}}{A_D^{0.3}}$$

$K_R = 1.5 - 3 * 10^{-4} * b$ para los paneles de fondo, costados y cubiertas.

$$K_R = 1.35$$

A_D = área de diseño, en metros cuadrados $l * b * 10^{-6}$

$$A_D = 0.5 \text{ m}^2$$

Con el valor de los factores se procede a calcular K_{AR}

$$K_{AR} = 0.468$$

K_{DC} = factor de categoría de diseño.

Categoría de diseño.

Categoría de diseño	A	B	C	D
Valor del K_{DC}	1	0.8	0.6	0.4

Fuente: Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillado, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC. Pag 1 0

K_L = factor longitudinal de distribución de presión.

$$K_L = \frac{1 - 0.167 * n_{CG}}{0.6} * \frac{X}{L_{WL}} + 0.167 * n_{CG}$$

Sin ser > 1 para $\frac{X}{L_{WL}} \leq 0.6$: con $x=0.5$ m $\frac{X}{L_{WL}} = 0.12$

n_{CG} = factor de carga dinámica.

$$n_{CG} = 0.32 * \left(\frac{L_{WL}}{10 * B_C} + 0.084 \right) * (50 - \beta) * \frac{v^2 * B_C^2}{m_{LDC}}$$

Si el valor de n_{CG} es menor a 3 se debe tomar 3 para el cálculo del K_L

$$n_{CG} = 0.35$$

En donde n_{CG} factor de carga dinámica para embarcaciones de desplazamiento es igual a 3.

$$K_L = 0.6$$

RESULTADOS: $P_{BMD} = 4.88 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$ $P_{BMIN} = 5.88 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$

Presión en el costado para las embarcaciones a motor en modo desplazamiento.

La presión de diseño en el costado es el mayor valor de P_{SMD} Y P_{SMMIN}

$$P_{SMD} = [P_{DMBASE} + K_Z * (P_{BMDBASE} - P_{DMBASE})] * K_{AR} * K_{DC} * K_L \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

$$P_{SMMIN} = 0.9 * L_{WL} * K_{DC} \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

Donde $P_{DMBASE} = 0.35 * L_{WL} + 14.6 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$

$$P_{DMBASE} = 16.045 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

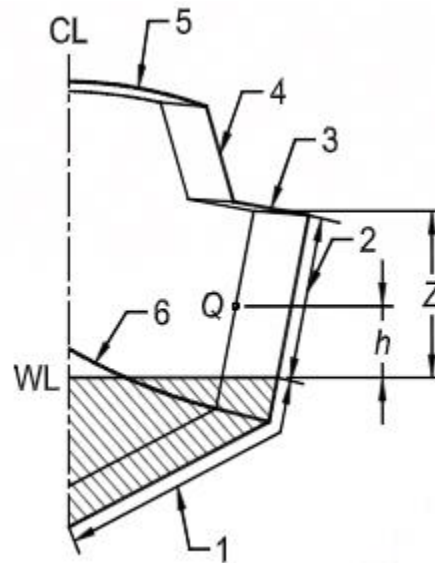
K_Z = factor de reducción de presión en el costado del casco.

$$K_Z = \frac{Z - h}{Z}$$

Donde Z es la altura de la parte superior del casco por encima de la línea de flotación, en metros.

h =altura del centro del panel por encima de la línea de flotación a plena carga, en metros.

La siguiente imagen muestra las partes principales de la embarcación.



Valores de H y Z.

Descripción

- 1: fondo (zona sombreada).
- 2: costado.
- 3: cubierta.
- 4: superestructuras.
- 5: parte superior de la superestructura.
- 6: pantoque vivo.

Según el valor del puntal y el calado dados anteriormente, los valores de h y Z son 0.05 m y 0.3 m respectivamente, por lo tanto: $K_Z = 0.83$

$$\text{RESULTADOS: } P_{SMD} = 4.357 \left[\frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \right]; \quad P_{SMMIN} = 1.486 \left[\frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \right]$$

Presión de la cubierta de las embarcaciones a motor P_{DM}

La presión de diseño en el costado es el mayor valor de P_{DM} Y P_{DMMIN}

$$P_{DM} = P_{DMBASE} * K_{AR} * K_{DC} * K_L \left[\frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \right]$$

$$P_{DMMIN} = 5 \left[\frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \right]$$

$$\text{RESULTADOS: } P_{DM} = 1.8 \left[\frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \right]; \quad P_{DMMIN} = 5 \left[\frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \right]$$

Escantillonado De Los Paneles Del Casco

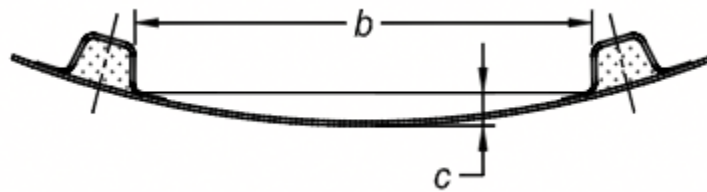
El espesor de los paneles se calcula en un panel en el cual exista un valor mayor de luz entre cuadernas (distancia entre refuerzos) con la finalidad de analizar el panel más crítico, con esta idea no es necesario analizar el resto de los paneles porque con el análisis del más crítico se determina el espesor para todos.

Factor de alargamiento del panel por resistencia K_2 .

De la tabla 5 de la norma con la relación de aspecto $\frac{l}{b}$ se encuentra el factor K_2 , para nuestro caso es de 0.497.

Factor de corrección de las curvas de los paneles K_C

Este se halla de la tabla seis de la norma, basados en la relación c/b mostrados en la siguiente figura la cual muestra la distancia de b y c para saber el valor del coeficiente.



Relación de c/b .

Como el fondo de la embarcación en proceso de diseño es fondo plano el valor de c es cero. Por lo tanto, $K_C = 1$

Forro de laminado sólido en FRP

Esfuerzo de diseño para el forro de FRP sólido.

Esfuerzo de diseño para FRP solido

Material	Elemento estructural	Esfuerzo de diseño $\sigma_d \frac{N}{mm^2}$
FRP solido	Todos los elementos	0.5 σ_{uf}

Nota: * Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillonado, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC. Pag 30

Espesor requerido para el forro de FRP solido

El espesor mínimo del forro de laminado solido es:

$$t = b * K_C * \sqrt{\frac{P * K_2}{1000 * \sigma_d}}$$

Métodos de determinación de las propiedades mecánicas

Existen tres métodos de los cuales dependen el nivel de evaluación de las propiedades mecánicas a utilizar para el cálculo del escantillonado de la embarcación. Estos tres métodos se muestran en la siguiente tabla:

Esfuerzo de diseño para FRP solido

Nivel de evaluación	Definición	Método
EL-a	Las propiedades mecánicas y el contenido de fibra de vidrio se determinan por mediciones efectuadas con ayudas de normas de ensayo reconocidas sobre escantillones representativos del producto fabricado.	utilizar los resultados de las mediciones corregidas según el literal c.1.1.
EL-b	El contenido de fibra en masa se determina por mediciones. Se efectúan verificaciones puntuales con ayuda de normas de ensayo reconocidas sobre escantillones representativos del producto fabricado para garantizar que el producto cumple o excede los valores de las tablas C.4 a la C.7	Valores por defecto tablas C.4 a la C.7.
EL-c	No se hacen mediciones explícitas ni de contenido de fibra ni de las propiedades mecánicas. El contenido de fibra se deduce de la table C.2 o de otros valores nominales	Multiplicar los valores por defecto (tablas C.4 a la C.7.) por 0.8.

Nota: * Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillado, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC. Pag 55

La norma obliga a utilizar uno de estos tres métodos para el cálculo de escantillado, en este caso no se hará ningún ensayo en las propiedades mecánicas de laminado. Por lo tanto, se utiliza el método de evaluación EL-c que obliga a aplicar la restricción de multiplicar los valores de las tablas C4 a C7 por 0.8.

Laminado de fibra de vidrio. Contenido en masa de vidrio.

“El tipo de capa a utilizar para el laminado es manual (Mat CSM laminado a mano), debido a su bajo costo y adecuación al piso de diferentes tamaños y formas sin excesivos problemas”⁹. Este

⁹ <https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=17497/2011/1/53408/22639-3142.pdf>

tipo de laminado será moldeado abierto para una superficie simple, (es aquella en la que la impregnación de la resina y de mojado de la fibra son fáciles, por ejemplo, las superficies grandes y accesibles como casco y cubierta).

Teniendo claro lo anterior el valor del contenido de masa de vidrio es:

$$\Psi=0.3$$

Valores por defecto de las propiedades mecánicas

Los valores encontrados en la siguiente tabla corresponden únicamente a la fibra de vidrio tipo E con resina poliéster:

Esfuerzo de diseño para FRP solido

Propiedad	Valores N/mm ²
Resistencia de rotura por tracción, σ_{ut}	$800 * \Psi^2 - 80 * \Psi + 37$
Resistencia de rotura por compresión, σ_{uc}	$150 * \Psi^2 + 72$
Resistencia de rotura por flexión, σ_{uf}	$502 * \Psi^2 + 107$
Resistencia de rotura por cortante en el plano (intralaminar), T_U	$80 * \Psi + 38$
Modulo elástico en el plano, E	$38000 * \Psi - 5000$

Nota: * Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillonado, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC. Pag 59.

Con estas propiedades se calculan los valores de estos refuerzos teniendo en cuenta que en la norma NTC-ISO 12215-5 de 2018 es la tabla C4 indica que se debe multiplicar por 0.8. Los valores son los siguientes:

Esfuerzo de diseño para FRP solido

Propiedad	Valor N/mm ²
σ_{ut}	68
σ_{uc}	68.4
σ_{uf}	121.744
T_U	49.6
E	5120

Para el espesor del forro sólido el esfuerzo de diseño es el correspondiente a la resistencia de rotura por flexión, al compararlo con los otros esfuerzos este valor de diseño es el más crítico, esto quiere decir que con los demás valores el espesor sería menor. Por lo cual, analizamos para σ_{uf} .

El esfuerzo de diseño es: $\sigma_d = 0.5\sigma_{uf} = 60.872 \frac{N}{mm^2}$

Esfuerzo de diseño para FRP solido

	Presión de diseño $\frac{N}{m^2}$	Espesor mm
Fondo	5.88	3.464
Costado	4.357	2.982
Cubierta	5	3.194

Espesor mínimo del forro sólido

Con esto se pretende cerciorarse de que los espesores calculados anteriormente cumplan con los espesores mínimos requeridos.

Masa mínima de fibra seca para el laminado FRP:

$$W_{\text{MIN}} = 0.43 * K_5 * (A + K_7 * v + K_8 * m_{\text{LDC}}^{0.33}) \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Según la tabla 12 de la norma NTC ISO- 12215 de 2018 para el material FRP los factores de espesor mínimo son:

Esfuerzo de diseño para FRP sólido

	A	K ₅	K ₇	K ₈
Fondo	1.5	1	0.03	0.15
Costado	1.5	1	0	0.15

Nota: * Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillado, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC. Pag 38.

Con los factores se calcula el espesor mínimo.

Teniendo en cuenta la tabla C3 del anexo C de la norma NTC ISO 12215-5 de 2018 con el valor de Ψ la relación entre el espesor en mm y la masa de fibra seca en kg/m² es:

$$\frac{\Psi}{w} = 2,34$$

Esfuerzo de diseño para FRP solido

	W_{MIN} Kg/m ²	Espesor mínimo mm
Fondo	1.339	3.133
Costado	4.357	2.984

Espesor mínimo de la cubierta

El espesor mínimo de la cubierta se puede calcular teniendo en cuenta la tabla 15 de la norma NTC ISO 12215-5 de 2018:

$$t_{min} = K_5 * (1,45 + 0,14 * L_{WL})$$

$$t_{min} = 1,998 \text{ mm}$$

Espaciamiento entre sillas.

Para el dimensionamiento de los espacios entre sillas se toma como base lo establecido en la Norma Técnica Colombiana (NTC 4901-2), para establecer la distancia mínima entre sillas en el transporte de pasajeros. A continuación, se presenta una tabla de dichas medidas.

Dimensiones de las sillas para pasajeros.

Tabla 1. Dimensiones de las sillas para pasajeros

Dimensión	Mínimo, mm	Máximo, mm
Ancho del asiento (F)	400	-----
Espacio disponible para la instalación de la silla (G)		
Silla individual	500	-----
Sillas Continuas	450	
Profundidad del asiento (J)	400	-----
Altura del asiento (I)	350	450 (NOTA 2)
Altura del espaldar (L)	500	650
Espacio vacío frente a la silla (K)	250	
Separación entre sillas (H)		
Sillas en la misma dirección	650	-----
Sillas enfrentadas	1 300	-----

Nota: Norma Técnica Colombiana (NTC 4901-2).

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4901-3 (Primera actualización)

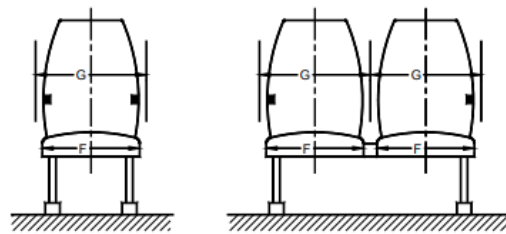
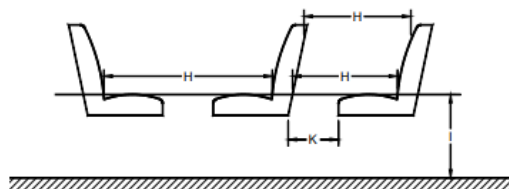
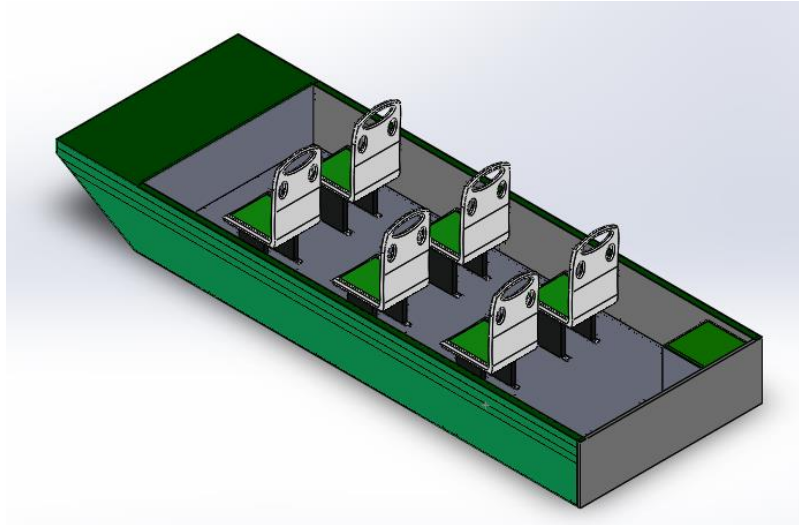


Figura 3. Ancho mínimo del asiento para pasajeros

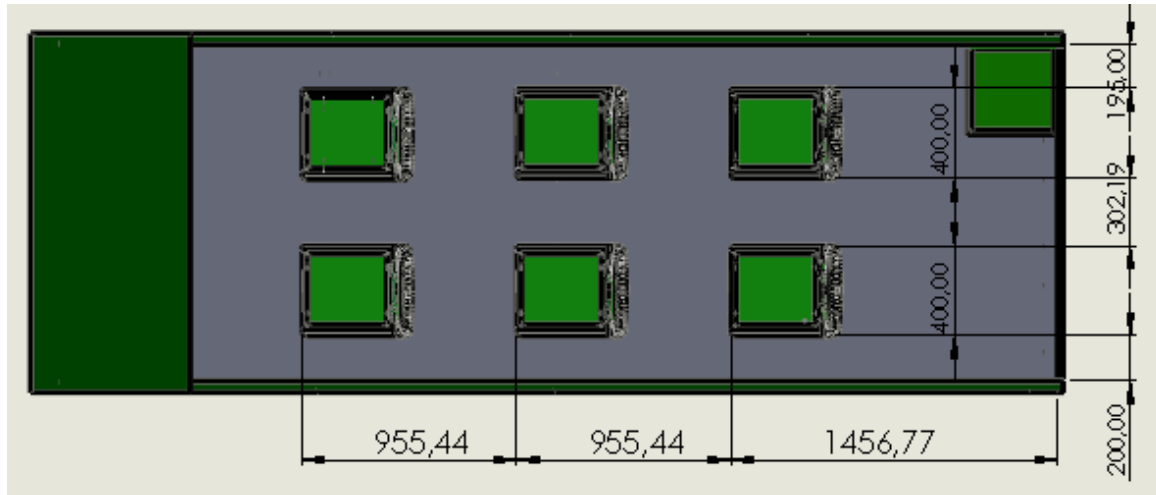


Nota: Norma Técnica Colombiana (NTC 4901-2).

Según estas distancias mínimas de separación entre sillas, en nuestro caso contamos con un área de cubierta que nos permite colocar dichas sillas a mayores distancias, lo que brinda mas comodidad a los pasajeros, en la siguiente imagen se muestra la disposición de las sillas.



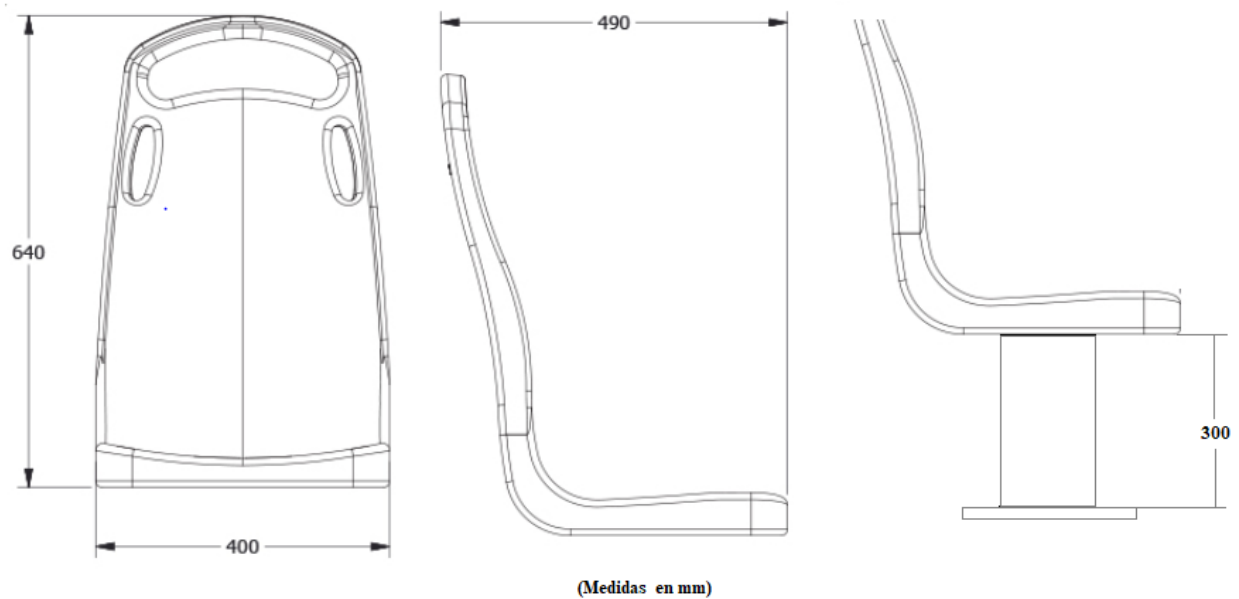
Disposición de sillas (vista isométrica).



Disposición de sillas.

Dimensiones de las sillas.

En la siguiente imagen se pueden ver las medidas principales de las sillas. La cotización de éstas se puede ver en la figura 33.



Dimensión de sillas.

- **Toldo.**

A continuación, se muestra las medidas principales del toldo seleccionado de referencia 58223.

Bimini 3 arcos con puntales

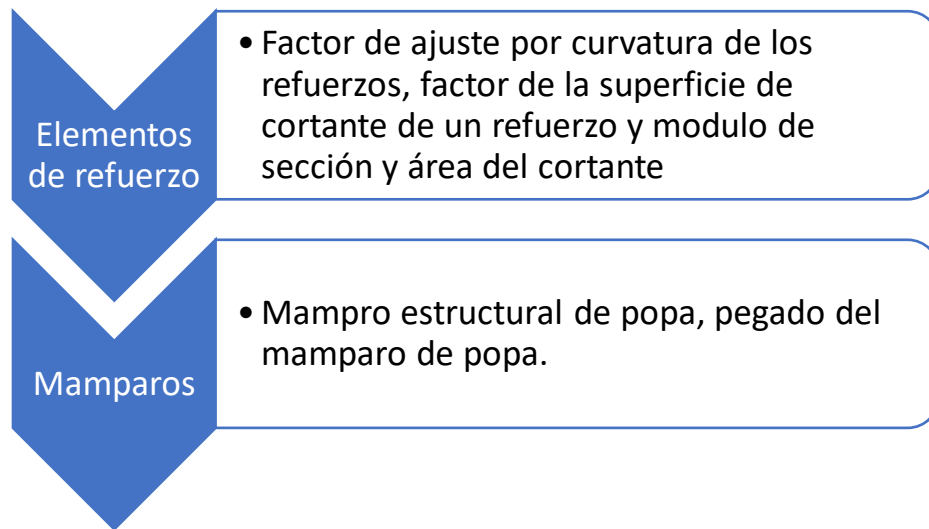
REFERENCIA:	(A x E x B)	Ø TUBO
58221	2000 x 1550 x 950	Ø22
58222	2000 x 1550 x 1200	Ø22
58223	2000 x 1550 x 1350	Ø22
58200	2000 x 1750 x 950	Ø22
58201	2000 x 1750 x 1200	Ø22
58202	2000 x 1750 x 1350	Ø22
58203	2000 x 1850 x 950	Ø22
58204	2000 x 1850 x 1200	Ø22
58205	2000 x 1850 x 1350	Ø22
58206	2200 x 2000 x 950	Ø22
58207	2200 x 2000 x 1200	Ø22
58208	2200 x 2000 x 1350	Ø22
58209	2200 x 2100 x 950	Ø22
58210	2200 x 2100 x 1200	Ø22
58211	2200 x 2100 x 1350	Ø22
58212	2200 x 2250 x 950	Ø22
58213	2200 x 2250 x 1200	Ø22
58214	2200 x 2250 x 1350	Ø22
58215	2350 x 2350 x 950	Ø25
58216	2350 x 2350 x 1200	Ø25
58217	2350 x 2350 x 1350	Ø25
58218	2350 x 2450 x 950	Ø25
58219	2350 x 2450 x 1200	Ø25
58220	2350 x 2450 x 1350	Ø25

Color de la lona a escoger Pag.14

Dimensiones principales del toldo.

Apéndice E. Requisitos de los elementos de refuerzo.

En la siguiente imagen se resume el contenido del presente apéndice.



La rigidez relativa de los elementos de refuerzos principales y secundarios debe ser tal que las cargas se transmitan del segundo al principal eficientemente y de ahí al casco y a los mamparos.

Factores de ajuste de las propiedades de los refuerzos

Factor de ajuste por curvatura de los refuerzos K_{CS} .

En la tabla 16 de la NTC ISO 12215-5 de 2018 se encuentra el valor de este factor, el cual depende de la curvatura de los refuerzos:

Valores del factor de ajuste por curvatura de los refuerzos

$\frac{c_u}{l_u}$	K_{CS}
0 a 0.03	1
0.03 a 0.18	1.1 a 0.33
> 0.18	0.5

Nota: * Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillonado, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC. Pag 39.

c_u = es el camber (flecha) del refuerzo curvado, en milímetros.

K_{CS} = se aplica a refuerzos convexos como cóncavos, no se debe tomar < 0.5 ni > 1 .

Para conocer el valor de este factor se debe conocer el valor de la relación mostrada en la siguiente figura:

Figura 11 e) de la norma

En el caso de la embarcación a diseñar los refuerzos son totalmente rectos, por ello el valor de la relación es cero, por lo tanto, el valor del factor es:

$$K_{CS} = 1$$

Factor de superficie de cortante de un refuerzo K_{SA}

Este factor se puede tomar de la tabla 17 de la norma NTC ISO 12215-5 de 2018, la tabla es la siguiente:

Valores del factor de ajuste de superficie K_{SA}

Disposición del refuerzo	K_{SA}
Unido al costado	5
Otras disposiciones (flotante)	7.5

Nota: * Norma técnica colombiana NTC ISO 12215-5 (2008). Embarcaciones menores. Construcción de cascos y escantillado, parte 5. Bogotá, Colombia: ICONTEC. Pag 40.

En la embarcación a diseñar todos los refuerzos están unidos al costado, por lo tanto, el valor de este factor es 5.

Esfuerzos de diseño de los refuerzos

Según la tabla 18 de la norma NTC ISO 12215-5 de 2018, los esfuerzos de diseño para el material laminado en FRP son:

Esfuerzos de diseño a tracción y compresión σ_d en N/mm^2 es: $0.5 \sigma_{ut}$ y $0.5 \sigma_{uc}$. Los valores son 34 y $34.2 N/mm^2$ respectivamente.

Esfuerzo de diseño a la cortante T_d en N/mm^2 es: $0.5 \cdot T_u$. cuyo valor es $24.8 N/mm^2$

Módulo de sección y área del cortante

La superficie del alma A_W y el mínimo módulo de sección SM del refuerzo no deben ser inferiores a los valores dados por las siguientes ecuaciones:

$$A_W = \frac{K_{SA} * P * s * l_U}{T_d} * 10^{-6} \text{ cm}^2$$

La presión de diseño para el caso de refuerzos que se cruzan con otros refuerzos de una profundidad similar se debe tomar utilizando un área de diseño, AD , basada en la separación entre los refuerzos y el 150% de la distancia entre los puntos de intersección.

$$SM = \frac{83.33 * K_{CS} * P * s * l_U^2}{\sigma_d} * 10^{-9} \text{ cm}^3$$

P: presión de diseño.

Requisitos suplementarios de rigidez para los laminados en FRP

Para los refuerzos de FRP el segundo momento de área no debe ser inferior al valor dado por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{26 * K_{CS}^{1.5} * P * s * l_u^3}{K_{1S} * E} * 10^{-11} \text{ cm}^4$$

$K_{1S} = 0.05$ es el factor de flexión para los refuerzos, valor establecido por la norma.

Los resultados con las respectivas presiones y esfuerzos de diseño son los siguientes:

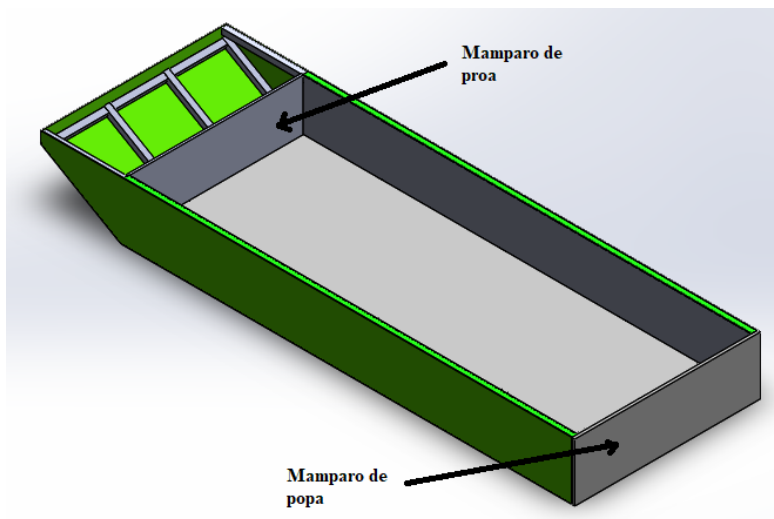
Resultados de las especificaciones a cumplir de los refuerzos

Zona	Tipo	A_w [cm ²]	SM [cm ³]	I [cm ⁴]
Fondo	Longitudinal	0.59	3.582	0.746
	Cuadernas	0.59	3.582	0.746
Costado	Longitudinal	0.439	2.654	0.553
	Cuadernas	0.439	2.654	0.553

Nota: * A_w : área de la sección transversal; SM: momento resistente; I: momento de inercia.

Mamparo estructural de popa

El mamparo estructura es un tipo de refuerzo de construcción vertical que ayuda a que haya mayor resistencia transversal. A continuación, se ilustran los mamparos de nuestra embarcación.



Mamparos estructurales

Se considera que el núcleo no es capaz de transmitir esfuerzos a flexión, solo a cortante. Cuyo espesor debe ser como mínimo 5 veces el espesor de la cara más delgada.

Según la tabla 13 el esfuerzo de cortante mínimo del núcleo dependiendo del largo de la eslora de flotación de la embarcación debe ser como mínimo 0.25 N/mm^2 . Este valor de esfuerzo de cortante mínimo corresponde a núcleos de PVC reticulado de una densidad de 50 kg/m^3 .

Para el cálculo del espesor se debe tener en cuenta que sea resistente al esfuerzo cortante, el valor de este espesor es:

$$t_s = \frac{\sqrt{K_C} * K_{SHC} * P * b}{1000 * T_d}$$

De la tabla D.1. de la norma NTC ISO 12215-5 de 2018 anexo D para PVC se calcula el valor del esfuerzo cortante último, para proceder a calcular el esfuerzo cortante de diseño.

$$T_U = 0.017 * \rho - 0.29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

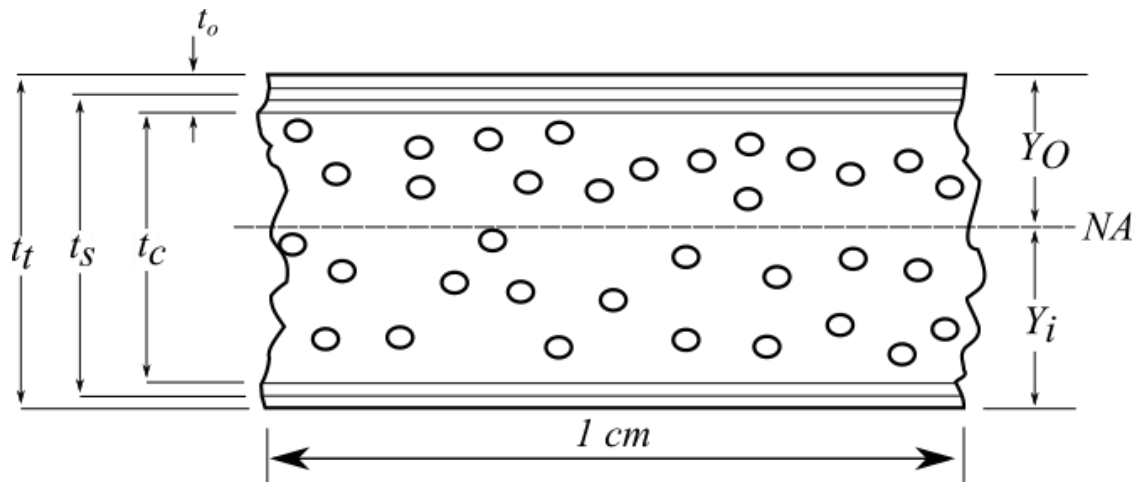
$$T_U = 0.56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{el esfuerzo de diseño es} \quad T_d = 0.55 * T_U = 0.308 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Para el factor de esfuerzo de cortante K_{SHC} relacionado con el alargamiento l/b de la tabla 12 de la norma se obtiene un valor de 0,463.

La presión de diseño a utilizar es la presión calculada en el fondo, ya que es la mayor y esto indica que se utiliza como seguridad.

$$t_s = \frac{\sqrt{1} * 0.463 * 5.88 * 1600}{1000 * 0.308} \text{ mm} \quad t_s = 14.142 \text{ mm}$$

La siguiente imagen muestra la nomenclatura utilizada para el espesor de los mamparos con forro tipo sándwich.



Dimensiones del mamparo de popa.

Si los sándwiches son simétricos y el espesor del núcleo es mínimo 5 veces el espesor de la cara más delgada se tiene que:

$$t_c = 5 * \left(\frac{t_s - t_c}{2} \right)$$

$$t_c = \left(\frac{t_s}{\frac{2}{5} + 1} \right) = 10.101 \text{ mm}$$

Con estos valores el espesor total del mamparo es: $t = 18.182 \text{ mm}$

Para los mamparos en sándwich con caras idénticas de laminado de FRP el espesor de cara y de núcleo deben ser tales que:

$$t_s * t_c \geq \frac{t_b^2}{6} * \left(\frac{25}{\sigma_d} \right) \text{ mm}^2$$

$$142.848 \geq 0.411$$

$t_b = 7 * D_b$ donde D_b es la altura del mamparo entre el fondo del casco y la línea de cubierta, en metros.

$$t_b = 2.45 \text{ mm}$$

También se debe cumplir que:

$$t_s * \frac{t_c^2}{2} \geq \frac{t_b^3}{12} * \frac{4000}{E}$$

$$721.455 \geq 0.957$$

Módulos de sección y segundos momentos de inercia para el mamparo

$$SM = \frac{t_c * t}{100} \left[\frac{cm^3}{cm} \right]$$

$$SM = 1.836 \left[\frac{cm^3}{cm} \right]$$

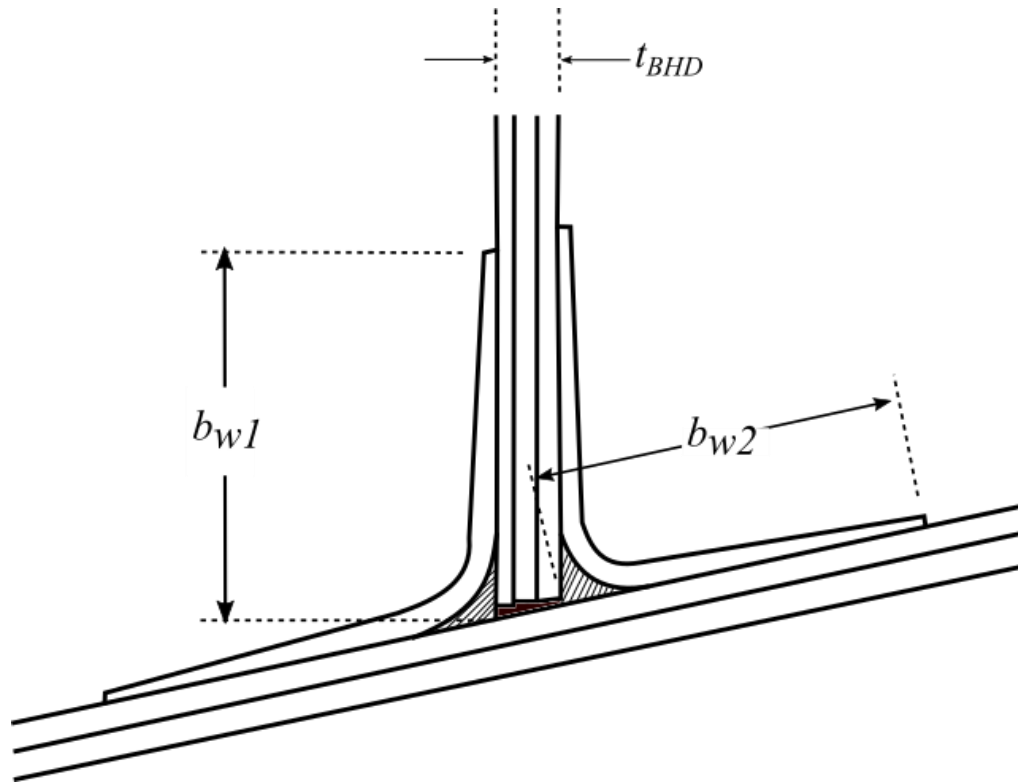
$$I = \frac{t * t_s^2}{2000} \left[\frac{cm^4}{cm} \right]$$

$$I = 1.818 \left[\frac{cm^4}{cm} \right]$$

Pegado del mamparo de popa.

la imagen a continuación muestra la forma como se deben pegar los refuerzos al casco de la embarcación.

De la norma NTC-ISO 12215-6 las dimensiones importantes en el trabado de mamparos son:



Pegado de mamparos.

Dimensión del trabado (b_{w1} y b_{w2}) debe ser de $(3 * t_{BHD})$ mm, pero no mayor a 75 mm.

Para nuestro caso $t_{BHD} = 18.182$ mm entonces:

$$b_{w1} = 3 * t_{BHD} = 3 * 18.182 \text{ mm} = 54.546 \text{ mm}$$

Masa del refuerzo de la unión:

$$MRU = (0.06) * (t_{BHD}) = 1.09 \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

Si el pegado solamente se puede hacer por un solo lado como es este caso, constituye una buena práctica aumentar la masa del laminado de entre un treinta y cincuenta por ciento. Si se aumenta en un 50% el resultado de la masa del refuerzo de la unión es de: $MRU = 1.635 \left[\frac{kg}{m^2} \right]$