

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**DISEÑO DE UNA MOTOCHATA CON TURBO  
PROPULSIÓN Y SUSTENCIACIÓN PARCIAL AÉREA  
PARA TRANSPORTAR 91,44 TONELADAS**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO NAVAL**

**GUILLMAN WILBOR GAGO RODRÍGUEZ**

**PROMOCIÓN 2005-I**

**LIMA-PERÚ**

**2013**

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>.....01</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>.....03</b>
INTRODUCCIÓN	.....03
1.1. Antecedentes.	.....04
1.2. Planteamiento del problema.	.....07
1.3. Objetivos.	.....07
1.4. Marco teórico.	.....08
1.5. Marco legal.	.....08
1.6. Metodología.	.....09
1.7. Alcances y limitaciones.	.....09
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>.....10</b>
CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE UNA EMBARCACIÓN FLUVIAL PARA TRANSPORTE DE CARGA SOBRE CUBIERTA EN LOS RÍOS DE LA AMAZONÍA PERUANA.	.....10
2.1. Definición de motochata.	.....10
2.2. Finalidad.	.....11
2.3. Sistemas de seguridad.	.....11
2.4. Propulsión.	.....12
2.5. Comunicación.	.....13

2.6. Velocidades de navegación.	.....13
2.7. Capacidades de carga.	.....13
2.8. Autonomía.	.....13
2.9. Temporadas de trabajo regular.	.....13
2.10. Condiciones de trabajo.	.....14
2.11. Impacto ambiental.	.....14
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>.....16</b>
REQUERIMIENTOS.	.....16
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>.....18</b>
IDEAS Y OPCIONES PARA EL DISEÑO.	.....18
4.1. Causas y efectos de problemas de navegación.	.....18
4.2. Ideas para el diseño.	.....21
4.3. Selección, combinación y perfeccionamiento de ideas.	.....23
4.4. Opciones de diseño.	.....25
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>.....26</b>
CÁLCULOS Y MEJORAMIENTO DEL DISEÑO.	.....26
5.1. Determinación inicial de características principales aproximadas.	.....26
5.1.1. Bosquejo de disposición general.	.....26
5.1.2. Dimensiones.	.....27
5.1.3. Desplazamiento.	.....35
5.1.4. Velocidad.	.....35

5.1.5. Potencia.	.....36
5.1.6. Autonomía.	.....40
5.2. Cálculos preliminares iniciales.	.....43
5.2.1. Selección preliminar de maquinaria y equipos.	.....43
5.2.2. Mejoramiento de líneas de forma.	.....44
5.2.3. Curvas hidrostáticas.	.....46
5.2.4. Curvas cruzadas.	.....50
5.2.5. Disposición general.	.....51
5.2.6. Estructura de casco.	.....52
5.2.7. Estructura de caseta.	.....91
5.2.8. Sistema de propulsión.	.....107
5.2.9. Sistema de gobierno.	.....108
5.2.10. Sistema de achique y lastrado.	.....109
5.2.11. Sistema contraincendios.	.....111
5.2.12. Sistema de agua dulce y sanitario.	.....114
5.2.13. Peso de la nave.	.....117
5.2.14. Cálculo de velocidad y potencia.	.....118
5.2.15. Análisis de estabilidad y trimado.	.....124
5.2.16. Análisis de resistencia estructural.	.....126
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>.....130</b>
PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.	<b>.....130</b>
6.1. Métodos de construcción.	.....130

6.2. Evaluación y selección del método de construcción.	.....131
6.3. Personal empleado y tiempo por etapas de construcción.	.....131
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>.....134</b>
EVALUACIÓN ECONÓMICA.	.....134
7.1. Generalidades.	.....134
7.1.1. Objetivo.	.....134
7.1.2. Evaluación.	.....134
7.1.3. Premisas de evaluación.	.....135
7.2. Evaluación del aspecto económico.	.....135
7.2.1. Inversión.	.....135
7.2.2. Costos de operación y mantenimiento.	.....137
7.2.3. Ingresos anuales del proyecto.	.....137
7.2.4. Evaluación económica.	.....139
7.2.5. Comparación económica del proyecto con otra nave de diseño tradicional.	.....140
7.2.6. Análisis de sensibilidad	.....141
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>.....144</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>.....146</b>
<b>PLANOS</b>	
<b>APÉNDICES</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## **PLANOS**

- **Planos de Disposición General.**
- **Plano de Líneas de Forma.**
- **Plano de Curvas Hidrostáticas.**
- **Plano de Curvas Cruzadas.**
- **Plano de Estructura General.**
- **Plano de Cuadernas y Mamparos.**

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE 1. CÁLCULOS DEL CENTRO DE GRAVEDAD.**

**APÉNDICE 2. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD Y TRIMADO.**

**APÉNDICE 3. VELOCIDAD Y RESISTENCIA AL AVANCE.**

## **ANEXOS**

**ANEXO 1. DATOS TÉCNICOS DE HÉLICES PARA PROPULSIÓN AERODINÁMICA.**

**ANEXO 2. DATOS TÉCNICOS DE MOTORES ELÉCTRICOS.**

**ANEXO 3. DATOS TÉCNICOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS.**

**ANEXO 4. DATOS TÉCNICOS DE PLANCHAS Y PERFILES DE ACERO ESTRUCTURAL.**

**ANEXO 5. DATOS TÉCNICOS DE ELECTROBOMBAS.**



## PRÓLOGO

En el Capítulo 1, se hace una breve descripción del problema que viene dándose en el transporte fluvial en los ríos de la Amazonía peruana, logrando plantear el problema que tiene las embarcaciones cuando la profundidad de los ríos es baja, así mismo se propone como objetivo el desarrollo del diseño de un tipo de motochata con propulsión externa y sustentación parcial, para evitar las pérdidas de hélices al golpear con el lecho del río en la época de vaciante, el diseño está basado en el marco teórico naval y legal, también queda indicada el método de diseño a utilizar, el alcance y limitaciones del diseño. En el Capítulo 2, se muestra el diseño de embarcaciones del tipo convencional, se da definición de motochata según DICAPI, la finalidad que tienen en la vía fluvial, los sistemas de seguridad que vienen dándose, el sistema de propulsión utilizado, los sistemas de comunicación, las velocidades promedios de las embarcaciones a determinados desplazamientos y zonas del río, se indica las temporadas de trabajo que tiene relación con las épocas de creciente y vaciante, y finalmente el impacto ambiental que estas provocan. En el Capítulo 3, se tiene el requerimiento, que básicamente trata de ver que el diseño muestre las bondades de rentabilidad y mejoría respecto a los diseños convencionales, en tal sentido, se plantea una carga de tres contenedores tipo estándar que será parte del diseño, así mismo, se escoge una ruta Iquitos – Pucallpa y cuya velocidad en contracorriente (surcada) no deberá ser menor a 4.5 nudos. En el Capítulo 4, se indica las causas y efectos causados por el bajo nivel de agua en los ríos de la Amazonía peruana, siendo uno de los principales la pérdida de hélices por choque, se plantea preliminarmente ideas para el diseño que deberán ser validadas en

cada caso, logrando obtener las opciones más convenientes. En el Capítulo 5, se inicia con el bosquejo de las dimensiones principales de la embarcación, determinándose las características principales, tales como la eslora, manga, puntal, desplazamiento, velocidad, potencia, autonomía, posteriormente se desarrolla las propiedades intrínsecas del casco, estructura, propulsión, gobierno, análisis de estabilidad, análisis estructural, etc. En el Capítulo 6, se indica la conveniencia de la forma de construcción en embarcaciones, se hace el análisis desde un punto de vista económico, logrando ahorros económicos y menor tiempo de ejecución, también se describe las etapas, partiendo desde la elaboración de planos hasta el pintado. En el Capítulo 7, se tiene la evaluación económica, donde la inversión se observa que es recuperada, teniendo el VAN positivo, el TIR mayor a cualquier propuesta financiera actual y otros indicadores que resultan ampliamente favorable al nuevo diseño de motochata con turbo propulsión y sustentación parcial.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo de diseño se busca solucionar, en gran parte, a uno de los principales problemas en la navegación de embarcaciones comerciales en los ríos de nuestra Amazonía, que es la de daños y limitaciones frecuentes del sistema de propulsión; retrasando o suspendiendo temporalmente el transporte comercial fluvial.

Para dar solución parcial a estos problemas con un nuevo diseño, se tomarán en cuenta: los antecedentes de cómo los transportistas fluviales locales han tratado de adaptar sus embarcaciones con modificaciones diversas, la identificación del problema, los objetivos que marcarán el rumbo del diseño, aspectos legales, determinación del campo teórico necesario, los alcances y limitaciones diversos.

En el **CAPÍTULO 2** se describe las características el tipo de embarcación existente en la actualidad que servirán para aportar algunos parámetros de referencia; y en los capítulos siguientes se procede con la determinación de una embarcación fluvial, con características innovadoras, capaz de transportar carga sobre cubierta. La determinación de la embarcación se inicia con la determinación y análisis de las causas de los problemas que sufren las embarcaciones actuales, y termina con la evaluación económica de su explotación y las conclusiones del presente trabajo.

Con este trabajo de diseño se procura aminorar el impacto ambiental, dar mayor seguridad a los tripulantes, posibilidad de navegar en cualquier época del año, las 24 horas del día, en determinados ríos donde otros similares no lo hacen y manteniendo una buena rentabilidad.

### **1.1. ANTECEDENTES.**

El sistema fluvial amazónico comprende más de 14,000 km de longitud de ríos, de los cuales aproximadamente 6,000 km son navegables. Estos ríos generalmente poseen poca pendiente, grandes caudales, poca profundidad, fluctuaciones en el ancho, fluctuaciones de profundidad por temporadas, y transporte de sedimentos y materiales orgánicos sólidos como ramas y troncos. Los cuales dificultan la navegación fluvial, limitando el calado máximo de las embarcaciones, dañando por golpes y erosión con frecuencia las hélices y ejes de los propulsores hidrodinámicos.

Los diseños actuales, para aminorar los problemas de navegación en los ríos de nuestra Amazonía, han tenido que considerar diversas adaptaciones, como por ejemplo:

- a. Incrementar la relación manga/puntal hasta un valor promedio aproximado a cinco (05), logrando con esto navegar en ríos con poca profundidad, distribuyendo el peso de la carga en mayor área de flotación y manteniendo un pequeño calado.
- b. Incrementar el número de hélices, logrando disminuir la probabilidad de roce de las hélices del propulsor con el fondo del río de poco calado. El

incremento del número de hélices, permite disminuir el diámetro de éstas, incrementando un poco la potencia consumida para mantener la misma velocidad de la embarcación.

- c. Construir semi-túneles en el fondo de la popa para alojar a las hélices de propulsión, logrando con esto, con respecto a lo anterior, disminuir la probabilidad de roce de las hélices del propulsor con el fondo del río de poco calado, pero disminuyendo en menor proporción el diámetro de la hélice e incrementando su eficiencia en poca proporción.
- d. Adicionar en el ejemplo “c.” estructuras de protección similar a los arbotantes, logrando disminuir la probabilidad de choque de la hélice con rocas en el fondo del río, pero disminuyendo un poco su eficiencia. El extremo inferior de esta estructura está a un nivel por debajo de la hélice, siendo su propósito chocar primero el fondo rocoso o duro, si esto fuera plano, y formar un canal, si fuese posible, para que parte de la hélice pase por el canal sin chocar el fondo.
- e. Adicionar en el ejemplo “c.” rejillas de protección, logrando disminuir la probabilidad de choque de la hélice con troncos flotantes o empalizadas ubicadas en el fondo del río, pero disminuyendo un poco su eficiencia con respecto a “d.”.
- f. Emplear el sistema de propulsión con chorro de agua, que consiste en aumentar la energía cinética del agua al hacerlo pasar por un túnel con área de salida menor que área de entrada, desde el fondo de la popa hasta el espejo de popa, en cuyo interior se encuentra una turbina que impulsa el agua a gran presión. A la salida hay mecanismos que controlan la dirección del flujo

haciendo efectiva la maniobrabilidad del buque. A la entrada del túnel se encuentra una rejilla de protección que impide el ingreso de elementos grandes como por ejemplo: troncos, ramas y cabos; que pudieran dañar la turbina. Su eficiencia es mayor a la obtenida por “c.”; pero esta eficiencia no dura mucho, pues la rejilla de protección se obstruye con mucha frecuencia en la mayor parte de los ríos de nuestra Amazonía, haciendo su empleo menos viables que la del “c.”, “d.” y “e.” para estas zonas. Su uso adecuado es restringido a determinadas zonas.

- g. El empleo de motores fuera de borda, aplicable sólo en embarcaciones ligeras y veloces, que hacen posible una sustentación hidrodinámica de la embarcación, logrando permitirles la navegación en ríos de poca profundidad. Su eficiencia depende de su capacidad de sustentación hidrodinámica. Corren el riesgo de chocar a alta velocidad con troncos flotantes o empalizadas en el fondo del río. Su uso adecuado está restringido a determinadas zonas.
- h. El empleo de propulsores con turbinas aerodinámicas y suspensión sobre flujo de aire, permitiendo a la embarcación moverse sobre cualquier superficie regular horizontal o con poca inclinación. Este tipo de embarcación con estas adaptaciones es conocida como aerodeslizador, y en la Amazonía peruana es sólo utilizado por la Marina de Guerra del Perú (MGP) desde el año 2009, con una capacidad de carga útil de 2000 kg. Estas embarcaciones consume en su suspensión aérea más del 25% de su potencia instalada.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Debido a las características de los ríos de la Amazonía peruana, explicadas anteriormente en la parte de “antecedentes” (1.1.), el principal problema actual que tienen las embarcaciones carga comercial es el daño frecuente del sistema de propulsión. Los cuales paralizan o retrasan el transporte comercial; a la vez que pueden incrementar inesperadamente el costo de mantenimiento de las embarcaciones comerciales afectadas.

Por lo tanto el problema a ser solucionado sería: ¿Qué diseño nuevo de embarcación sería el adecuado para evitar los daños en el sistema de propulsión y mejorar el transporte comercial en los ríos de la Amazonía peruana?

## **1.3. OBJETIVOS.**

- Diseñar una embarcación comercial fluvial de carga sobre cubierta, capaz de navegar sin que su sistema de propulsión sea dañada por condiciones del río, para mejorar el transporte fluvial en la Amazonía peruana.
- Posibilitar la disminución de los periodos y zonas de suspensión de transporte comercial fluvial en épocas de vaciante.
- Posibilitar la disminución de los costos de mantenimiento en el transporte comercial fluvial.

#### **1.4. MARCO TEÓRICO.**

En el desarrollo de este proyecto se empleará conocimientos básicos de:

- Dinámica de fluidos relacionados con el agua y el aire.
- Arquitectura naval, para establecer adecuadamente la forma la embarcación y las características de navegación.
- Reglas de construcción del ABS, para realizar cálculos generales de estructuras, sistema eléctrico, sistema de achique, sistema contra incendio, sistema eléctrico, entre otros más.
- Mecánica de materiales, para establecer características de resistencia estructurales de casco, caseta, tuberías y otros elementos.
- Economía, para evaluar el aspecto económico del diseño.

#### **1.5. MARCO LEGAL.**

- Ley N° 26620, “Ley de Control de las Actividades Marítimas, Fluviales y Lacustres”.
- Decreto Supremo 028 DE/MGP 25 de Mayo 2001, aprueba Reglamento de la Ley de Control y Vigilancia de las Actividades Marítimas, Fluviales y Lacustres.
- Resolución Directoral N° 223-96/DCG, que aprueba las Normas para la Asignación de Líneas de Máxima Carga para naves de 6.48 (10 TRB) o más de Arque Bruto.
- Resolución Directoral N° 0206-99/DCG, que aprueba las modificaciones a las Normas para la Asignación de Líneas de Máxima Carga para naves de 6.48



(10 TRB) o más de Arque Bruto, aprobadas por la Resolución Directoral N° 223-96/DCG.

- Resolución Directoral N° 0474-98/DG, que aprueba las Normas para la Preparación y Ejecución de las Pruebas de Estabilidad a naves nacionales que realizan actividades acuáticas en el mar, ríos y lagos navegables.

#### **1.6. METODOLOGÍA.**

Se empleará la espiral de diseño.

#### **1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

Se estimarán las características y rentabilidad de la nave, así como la elaboración de planos generales. Este trabajo de diseño está limitado a proporcionar cálculos y planos generales de partes específicas de la nave, sin poder realizar la construcción y pruebas reales del producto. Esto es debido al carácter académico del trabajo.

## **CAPÍTULO 2**

### **CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE UNA EMBARCACIÓN FLUVIAL PARA TRANSPORTE DE CARGA SOBRE CUBIERTA EN LOS RÍOS DE NUESTRA AMAZONÍA PERUANA**

#### **2.1. DEFINICIÓN DE MOTOCHATA.**

Según el REGLAMENTO DE LA LEY DE CONTROL Y VIGILANCIA DE LAS ACTIVIDADES MARÍTIMAS, FLUVIALES Y LACUSTRES, se puede definir como: Aquel buque o embarcación fluvial especial con arqueo bruto mayor o igual a 13,30 (20 TRB) destinado, únicamente, al transporte de carga. En este reglamento no se especifica las características de la forma del casco, ni la de su propulsión y ni de su gobierno.

Según las REGLAS DE SEGURIDAD PARA NAVES Y EMBARCACIONES DEDICADOS A LA NAVEGACIÓN INTERIOR, se define como: Construcción naval cuya actividad es el transporte de carga en el Oriente Peruano, similar a las chatas pero que cuentan con sistema de propulsión o locomoción propia en el agua, contando además con superestructura y/o caseta sobre la cubierta. De acuerdo a diseño aprobado por la DICAPI, puede transportar carga del tipo seca, a granel, líquido y en contenedores. En este reglamento no se especifica las características de la forma del casco de una chata.

## **2.2. FINALIDAD.**

La finalidad es la de transportar carga sobre su cubierta que está adecuadamente acondicionada para este trabajo, entre distintos puntos del río Amazonas y sus afluentes; teniendo en cuenta diversos factores de seguridad para prevenir incendios, derrames, contaminaciones, inestabilidad y falta de maniobrabilidad.

## **2.3. SISTEMAS DE SEGURIDAD.**

Cuentan con:

- Sistema contra incendios, para prevenir pérdidas materiales y lesiones personales por quemaduras.
- Sistema de achique, para prevenir pérdidas materiales y personales, por pérdida de flotabilidad, causadas por inundación de compartimientos del casco con avería.
- Comunicación por radio, para informar cualquier percance o emergencia durante la navegación.
- Ubicación por GPS, para establecer la ubicación de la nave en cualquier momento y poder enviar ayuda al lugar registrado en caso de emergencia.
- Ecosonda y radar.
- Servicios de casco, como bitas y cornamusas, para realizar maniobras diversas, como acoderarse o abarloarse.
- Sistema de tratamiento de residuos sólidos, aguas residuales e hidrocarburos, para prevenir la contaminación de los ríos.

- Bote auxiliar rápido, para transporte de tripulantes con lesiones que requieran atención médica o cualquier otra emergencia que lo requiera. También es empleado para sondear el fondo del río en caso de dudas y prevenir con esto daños en el casco o hélices, normalmente se da en las épocas de vaciante, donde la profundidad del río es baja.
- Aros salvavidas, para tratar de evitar el ahogamiento y recuperación de tripulantes u otro personal caídos al agua, los chalecos deben contar cada uno con un silbato.
- Chalecos salvavidas, para tratar de evitar el ahogamiento y recuperación de tripulantes caídos al agua durante la navegación y maniobras.
- Botiquín de primeros auxilios, para atender problemas de salud leves y atenuar en lo posible los problemas de salud graves.
- Estabilidad adecuada de la nave y cumple con lo exigido por normas nacionales, para prevenir pérdidas materiales y personales por volcadura de la nave.
- Repuestos y herramientas necesarias, para dar mantenimiento a las maquinarias y equipos durante el viaje.
- Tripulantes entrenados, para conducir la nave y atender cualquier emergencia adecuadamente.

#### **2.4. PROPULSIÓN.**

Actualmente todas las embarcaciones de este tipo, emplean turbo propulsión hidrodinámica, con las diversas variantes explicadas en el Capítulo I (1.1.).

## **2.5. COMUNICACIÓN.**

Cuentan con equipos de radio de comunicación en la gama de HF (alta frecuencia).

## **2.6. VELOCIDADES DE NAVEGACIÓN.**

Las velocidades nominales (velocidad de crucero) que alcanzan estas naves varían mayoritariamente desde 10 hasta 17 nudos, en aguas tranquilas.

## **2.7. CAPACIDADES DE CARGA.**

Las capacidades de carga máximas actuales de estas naves varían mayoritariamente desde 100 hasta 400 toneladas.

## **2.8. AUTONOMÍA.**

Sus autonomías varían mayormente desde 5 hasta 14 días; dependiendo de la ruta a navegar.

## **2.9. TEMPORADAS DE TRABAJO REGULAR.**

Por motivos de variación de las condiciones de navegabilidad de los ríos que corresponden a los cambios estacionales, las temporadas de trabajo regularmente se producen durante las épocas de creciente y de transición de los ríos de la Amazonía peruana. Para el caso del río Ucayali, esta es desde octubre hasta junio de cada año, este río permite el transporte vía fluvial desde Iquitos a Pucallpa, que normalmente los mercaderes y PETROPERÚ tienen bastante concurrencia entre estos puntos.

## **2.10. CONDICIONES DE TRABAJO.**

- Debido a las malas condiciones del río, la navegación se realiza durante el día para poder evitar impacto del casco con el fondo del río, empalizadas, troncos, y otros objetos.
- Debido a algunas políticas de trabajo de las propias empresas y a la preservación de los recursos naturales, los tripulantes sólo deben alimentarse de sus propias reservas de víveres.
- Las embarcaciones deben contar con las condiciones de habitabilidad necesarias para que la tripulación no abandone la nave durante el tiempo de pernoctación o fondeo de la nave durante el viaje.
- Cuando las embarcaciones no cuentan con equipo de fondeo, éstas al ser abarloadas y acoderadas en la ribera del río, exponen a los tripulantes responsables de aquello a poder ser atacados por la fauna local.
- En muchas empresas está prohibido la libre interacción con pobladores rivereños. Esto ayuda evitar conflictos sociales.

## **2.11. IMPACTO AMBIENTAL.**

- El fondo de los ríos de calado bajo es removido por las hélices de propulsión, en caso de roces, y por las turbulencias que estos causan, afectando a la fauna fluvial.
- Debido a las altas velocidades de los bordes de las hélices al girar durante la navegación, en comparación con las velocidades de la fauna fluvial, se producen a veces daños graves por corte en algunas especies fluviales como por ejemplo el delfín de río y paiche.

- Al estar en contacto el sistema de propulsión con el agua, los hidrocarburos lubricantes empleados en parte del sistema contaminan las aguas los los ríos.
- Producen contaminaciones sonoras con ruidos provenientes de sus motores.
- Producen contaminación del aire con gases de combustión y otros compuestos, provenientes de sus motores.

Ver imágenes del sistema de gobierno y propulsión convencional:



Imagen 2.11.1 Vista del sistema de propulsión convencional.



Imagen 2.11.2 Vista de hélice dañada por troncos encontrados por baja profundidad del río.

## **CAPÍTULO 3**

### **REQUERIMIENTOS**

Debido a que el propósito es crear una embarcación comercial competitiva con las embarcaciones actuales y con capacidad de seguir siendo competitiva en los próximos 20 años, se tendrán que considerar los siguientes requerimientos:

- Capacidad de carga mínima para poder transportar tres (03) contenedores tipo DRY VAN de 20 pies 20'x8'x8'6", ó dos (02) contenedor tipo DRY VAN de 40 pies 40'x8'x8'6", ó dos (02) contenedor tipo DRY VAN de 40 pies High Cube 40'x8'x9'6"; todos cargados a su máxima capacidad. Por ser estos contenedores los más usados en el transporte naviero.
- Poder transportar maquinarias o equipos sobre su cubierta.
- Poder navegar en todo momento del puerto Iquitos al puerto Pucallpa, navegando con su máxima capacidad de carga.
- La propulsión no debe ser fácilmente dañada por las malas condiciones de los ríos.
- Se debe cumplir con las disposiciones legales nacionales.
- Su velocidad promedio a plena carga debe ser por lo menos 4.5 nudos en surcada en el río Ucayali.



- Su autonomía mínima debe ser lo necesario para poder realizar un viaje de IQUITOS-PUCALLPA-IQUITOS, más un 30% de combustible requerido para este viaje, para ayudar enfrentar imprevistos.

## CAPÍTULO 4

### IDEAS Y OPCIONES PARA EL DISEÑO

#### 4.1. CAUSAS Y EFECTOS DE PROBLEMAS DE NAVEGACIÓN.

A continuación se muestra la TABLA 4.1, en la que se resume las causas y los efectos relacionados con el problema mencionado.

TABLA 4.1: CAUSAS Y EFECTOS RELACIONADOS		
CAUSAS PRIMARIAS	EFECTOS PRIMARIOS/ CAUSAS SECUNDARIAS	EFECTOS SECUNDARIOS
Bajo calado de los ríos.	Choque de las hélices con rocas y empalizadas del fondo del río.	Rotura o deformación de las hélices  Rotura o deformación en arbotantes.  Rotura o deformación en ejes de propulsión.  Rotura o deformación en bocinas.
	Roce de las hélices con el fondo.	Erosión acelerada de las hélices.  Perdida de eficiencia en la propulsión.
	Cavitación en hélices.	Erosión acelerada de las hélices.

		<p>Erosión del fondo del casco en la zona de hélices.</p> <p>Perdida de eficiencia en la propulsión.</p>
	<p>Choque de codastes con rocas y empalizadas del fondo del río.</p>	<p>Daños en cajas de reducción y en el motor de propulsión por desalineamiento de ejes de propulsión.</p> <p>Desalineamiento de pala de gobierno.</p>
	<p>Choque de pala de gobierno con rocas y empalizadas del fondo del río.</p>	<p>Deformación de la pala de gobierno.</p> <p>Pérdida de pala de gobierno.</p> <p>Deficiencia o falta de maniobrabilidad.</p>
	<p>Choque del fondo del casco con rocas o empalizadas del fondo de los ríos.</p>	<p>Deformación o rotura del casco.</p> <p>Desprendimiento del recubrimiento protector del casco.</p>
<p>Troncos o árboles flotando en los ríos.</p>	<p>Choque de las hélices con los troncos o árboles flotantes.</p>	<p>Rotura o deformación de las hélices</p> <p>Rotura o deformación en arbotantes.</p> <p>Rotura o deformación en ejes de propulsión.</p> <p>Rotura o deformación en bocinas.</p> <p>Daños en las cajas de reducción.</p>
	<p>Incrustación de los troncos o árboles flotantes entre las</p>	<p>Rotura o deformación de las hélices</p> <p>Rotura o deformación en</p>

	hélices y el casco.	<p>arbotantes.</p> <p>Rotura o deformación en ejes de propulsión.</p> <p>Rotura o deformación en bocinas.</p> <p>Daños en las cajas de reducción.</p> <p>Frenado del motor de propulsión.</p> <p>Deformación o rotura del casco.</p>
	Incrustación de los troncos o árboles flotantes entre las hélices y la pala de gobierno.	<p>Rotura o deformación de las hélices</p> <p>Rotura o deformación en arbotantes.</p> <p>Rotura o deformación en ejes de propulsión.</p> <p>Rotura o deformación en bocinas.</p> <p>Daños en las cajas de reducción.</p> <p>Frenado del motor de propulsión.</p> <p>Deformación o pérdida de la pala de gobierno.</p>
Arena en suspensión de las aguas turbias de los ríos.	Abrasión en los ejes.	<p>Desgaste acelerado de ejes.</p> <p>Vibraciones en sistema de propulsión.</p>
	Abrasión en las bocinas.	<p>Desgaste acelerado de bocinas.</p> <p>Vibraciones en sistema de propulsión.</p>
	Abrasión en los sellos	<p>Desgaste acelerado de sellos.</p> <p>Perdida de hermeticidad.</p> <p>Vibraciones en sistema de</p>

		propulsión.
	Abrasión en las hélices.	Desgaste acelerado de las hélices. Perdida de eficiencia en la propulsión. Vibraciones en sistema de propulsión.
	Abrasión parcial del sistema de gobierno.	Desgaste acelerado de la pala de gobierno. Desgaste acelerado en las bocinas del eje barón. Vibraciones en sistema de gobierno.
	Abrasión del casco.	Desgaste acelerado del recubrimiento protector del casco. Desgaste acelerado del casco.
	Cavitación.	Erosión acelerada de las hélices. Erosión acelerada del fondo del casco en zona de popa de hélices. Erosión acelerada de las palas de gobierno.

#### 4.2. IDEAS PARA EL DISEÑO.

- a) Empleo de rejillas y aletas tipo quillotes, para proteger las hélices.
- b) Empleo de semitúneles con escotillas en zonas de hélices para facilitar el mantenimiento y limpieza de las hélices dañadas.

- c) Empleo lubricación del casco con aire para disminuir la resistencia al avance.
- d) Empleo de turbo propulsores aerodinámicos, para evitar el contacto total del sistema de propulsión con el agua de los ríos.
- e) Empleo de palas con eje barón por detrás del espejo de popa para poder sujetar con cadenas las palas, evitando la pérdida de éstas cuando impacten con rocas o troncos, y así también facilitar su mantenimiento.
- f) Construcción del casco con cavidades en el fondo para disminuir el área de superficie mojada en contacto con el agua, y así también poder disminuir la resistencia al avance y el consumo de combustible.
- g) Emplear turbopropulsor hidrodinámico en túnel transversal en proa con rejillas de protección para mejorar la maniobrabilidad de la nave y poder evitar con mayor facilidad el impacto con rocas, troncos y árboles.
- h) Empleo de bulbo en proa para disminuir la resistencia al avance.
- i) Empleo de flujo de aire para evitar el contacto de la nave con el río y los daños en el casco, y así también disminuir los efectos desfavorable de arrastre de la corriente de los ríos cuando se navegue en surcada. Similar a los aerodeslizadores.
- j) Ubicar la caseta en proa y llevar la carga sobre cubierta de tras de la caseta, para poder visualizar mejor las rocas, troncos y árboles durante la navegación, y así poder evitar el choque con estos.
- k) Considerar un espacio adecuado para ubicar un bote de aluminio de tamaño necesario para el transporte de la tripulación y algunos efectos personales.

- l) Considerar un mínimo de 0,8 m para pasadizos dentro de casetas, para tratar de ocupar el menor espacio en las casetas, y poder disminuir el área de velamen los efectos del viento.
- m) Considerar un mínimo de 0,8 m para tránsito de tripulantes sobre la cubierta en zona de carga, para facilitar las maniobras sobre cubierta, en babor y estribor.

#### **4.3. SELECCIÓN, COMBINACIÓN Y PERFECCIONAMIENTO DE IDEAS.**

Siendo la principal la principal causa, de problemas en la navegación, las condiciones del río, se elegirá para la propulsión la idea correspondiente al empleo de turbo propulsión aérea.

Debido a que el empleo de flujo de aire para suspender la embarcación y evitar el contacto total con el agua, similar a los aerodeslizadores, requiere de más del 25% del consumo de combustible, y considerando además que esta nave no es una embarcación ligera, se elige la idea de casco con cavidades en el fondo para disminuir la resistencia al avance. Pero como solamente al aplicar esto se crearían problemas de turbulencias con el consecuente reemplazo parcial del aire por agua dentro de estas cavidades, teniendo como consecuencia secundaria el escoramiento de la nave; entonces para perfeccionar la idea, se considerará inyección continua de aire con poco caudal y alta presión, suficientes para evitar que las cavidades se llenen parcialmente con agua. Adicionalmente se considerarán que parte de la estructura de los pantoques sobresalgan, por debajo del fondo del casco, lo necesario

para evitar que el aire inyectado a las cavidades salgan por los costados, disminuyendo así la cantidad de energía empleada en la inyección del aire para mantener las cavidades llenas de aire.

Debido a que una propulsión lateral en proa mejoraría la maniobrabilidad de la nave y considerando además que la turbo propulsión hidrodinámica es afectado por las condiciones de los ríos, entonces, se considerará parcialmente la idea correspondiente a ésta, pero con la diferencia de que se empleará turbo propulsión aérea, perfeccionándose la idea.

Debido a que algunas veces es necesario descargar la carga en las riveras de los ríos, por falta de infraestructura portuaria, se hace necesario la posibilidad de acercarse lo más que se pueda a la ribera de los ríos, empleándose para esto la zona de proa con una forma alargada y chata; por esta razón se descarta el empleo del bulbo en la proa para disminuir la resistencia al avance. Pero para disminuir la resistencia al avance y consumir menos combustible, se considerará un perfil suavizado para los planos de flotación, y un valor menor de  $30^\circ$  para el ángulo de ataque del fondo en el rasel de proa y el ángulo de salida del fondo en el rasel de popa.

Debido a que emplear palas de timón detrás de los propulsores durante la maniobrabilidad se hace relativamente deficiente, se considerará articular la base de los turbopropulsores aerodinámicos, de tal manera que puedan rotar sobre un eje vertical.



A los turbo propulsores aéreos se les incorporarán toberas perimetrales para mejorar incrementar la fuerza de empuje.

#### **4.4. OPCIONES DE DISEÑO.**

Teniendo en cuenta la selección, combinación y perfeccionamiento de ideas (4.3.), se propondrán preliminarmente las siguientes opciones:

- A. Embarcación con turbo propulsión y sustentación parcial aéreas; con una (01) turbo propulsión de dirección transversal de base fija central en proa, dos (02) turbo propulsores de bases giratorias en popa.
- B. Embarcación con turbo propulsión y sustentación parcial aéreas; con dos (02) turbo propulsores de dirección transversal de bases fijas laterales en proa, dos (02) turbo propulsores de bases giratorias en popa.
- C. Embarcación con turbo propulsión y sustentación parcial aéreas; con dos (02) turbo propulsores laterales de bases giratorias laterales en proa, dos (02) turbo propulsores de bases giratorias en popa.

De estas opciones se elegirá la “B” por lo siguiente:

- Porque sus turbo propulsores de proa no obstruirían el tránsito de cargas anchas por la proa, como sucedería en la opción “A”.
- Porque sus turbo propulsores de proa serían menos costosas que el de la opción “C”. Esto sería en construcción y mantenimiento.

## CAPÍTULO 5

### CÁLCULOS Y MEJORAMIENTO DEL DISEÑO

#### 5.1. DETERMINACIÓN INICIAL DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES APROXIMADAS.

##### 5.1.1. Bosquejo de disposición general.

Considerando principalmente que la embarcación debe tener lo siguiente:

- Una caseta para la sala de máquinas, la habitabilidad y puente de mando.
- Un espacio en proa para la carga sobre cubierta.
- Un espacio en proa para los turbo propulsores.
- Un espacio para los turbo propulsores de popa.
- Un espacio para el bote auxiliar.
- Cavidades en el fondo del casco.

Se realiza el bosquejo mostrado en la figura 1.

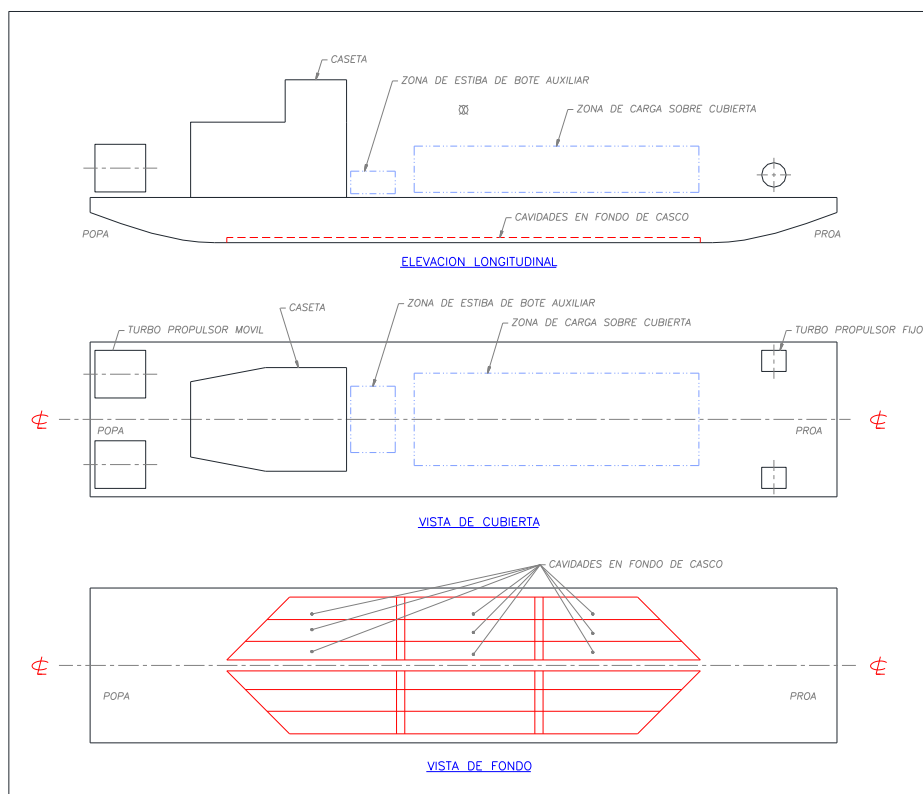


Figura 1. Bosquejo preliminar.

### 5.1.2. Dimensiones.

Tomando en cuenta la figura 2., se obtendrán las medidas correspondientes a la embarcación del presente diseño.

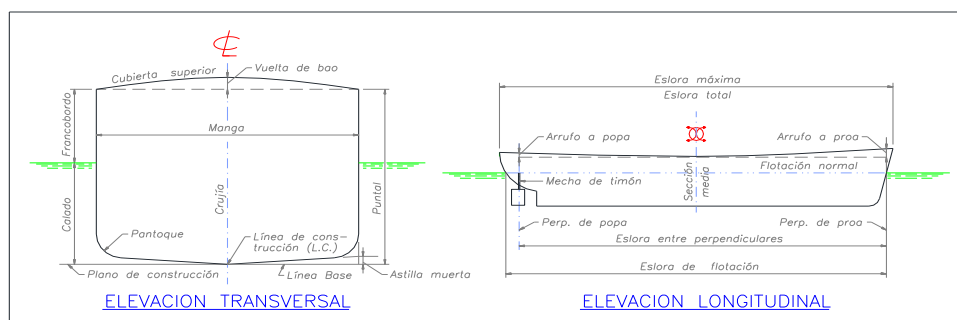


Figura 2. Dimensiones principales de una embarcación.

- Eslora (L): Definida como la longitud de un barco o medida del largo de la embarcación. Esto también es conocido muchas veces como “eslora total” e indica la medida desde extremo de proa de la embarcación hasta el extremo de popa de la misma, sin considerar los apéndices.

Para efectos de cálculos iniciales se tendrán en cuenta dimensiones aproximadas de los elementos y zonas de cubierta indicadas en la figura 1., medidas en la dirección longitudinal de la embarcación, cuyos valores se muestran en la siguiente TABLA 5.1.

TABLA 5.1: Dimensiones de elementos y zonas de cubierta, y medidas en la dirección longitudinal de la embarcación	
DESIGNACIÓN	DIMENSIÓN (m)
Espacio entre espejo de proa y turbo propulsor fijo.	1 m (mínimo exigido: 0,7 m).
Turbo propulsor fijo.	1 m (tanteado).
Espacio entre turbo propulsor fijo y zona de carga.	3 m (mínimo exigido: 0,7 m).
Zona de carga.	13 m (mínimo requerido: 12 m).
Espacio entre zona de carga y bote auxiliar.	2 m (mínimo exigido: 0,7 m).
Bote auxiliar.	1,4 m (tanteado).
Espacio entre bote auxiliar y caseta.	0,1 m (mínimo posible: 0,0 m).

Caseta.	8 m (tanteado).
Espacio entre caseta y zona de movimiento del turbo propulsor móvil.	2 m (tanteado).
Propulsor móvil.	2 m (tanteado).
Espacio entre zona de movimiento del turbo propulsor móvil y espejo de popa.	0,5 m (mínimo seguro: 0,2 m).
Total:	34 m

Por lo tanto la eslora total, para cálculos iniciales, será 34 m.

- Eslora de flotación ( $L_f$ ): Definida como la longitud del plano de flotación. Esta depende principalmente del peso propio de la embarcación, la condición de carga y la densidad del fluido en el cual flota. Para efectos de cálculos de determinación inicial, se puede considerar un (01) metro menor que el de la eslora total, lo cual es 33 m.
- Manga (B): Definida como el ancho máximo del casco de la nave. Para efectos de cálculos iniciales se tendrán en cuenta dimensiones aproximadas de los elementos y zonas de cubierta indicadas en la figura 1., medidas en la dirección transversal de la embarcación, en diferentes secciones críticas, cuyos valores se muestran en la siguiente TABLA 5.2.

TABLA 5.2. Dimensiones de elementos y zonas de cubierta; y medidas en la dirección transversal de la embarcación en diferentes secciones críticas.		
SECCIÓN EN ZONA DE TURBO PROPULSORES FIJO	DESIGNACIÓN	DIMENSIÓN (m)
	Espacio entre banda de babor y turbo propulsor fijo de babor.	1 m (mínimo exigido: 0,7 m).
	Turbo propulsor fijo de babor.	1 m (tanteado).
	Espacio entre turbo propulsores fijos.	4 m (tanteado, mayor que 2352 mm del ancho del contenedor).
	Turbo propulsor fijo de estribor.	1 m (tanteado).
	Espacio entre banda de babor y turbo propulsor fijo de estribor.	1 m (mínimo exigido: 0,7 m).
	Total:	8 m
SECCIÓN EN ZONA DE CARGA	DESIGNACIÓN	DIMENSIÓN (m)
	Espacio entre banda de babor y zona de carga.	1,5 m (mínimo considerado: 0,8 m)
	Zona de carga.	4,0 m (mayor que 2352 mm del ancho del contenedor).
	Espacio entre zona de carga y banda de estribor.	1,5 m (mínimo considerado: 0,8 m).

	Total:	7 m
SECCIÓN ZONA DE CASETA	DESIGNACIÓN	DIMENSIÓN (m)
	Espacio entre banda de babor y caseta.	1,5 m (mínimo exigido: 0,7 m).
	Zona de caseta.	4,0 m (tanteado, mayor que 2352 mm del ancho del contenedor).
	Espacio entre zona de caseta y banda de estribor.	1,5 m (mínimo exigido: 0,7 m).
	Total:	7 m
SECCIÓN EN ZONA DE TURBO PROPULSORES MÓVILES	DESIGNACIÓN	DIMENSIÓN (m)
	Espacio entre banda de babor y turbo propulsor móvil de babor.	0,5 m (mínimo seguro: 0,2 m).
	Turbo propulsor móvil de babor.	2,0 m (tanteado).
	Espacio entre turbo propulsores móviles.	2,5 m (tanteado)
	Turbo propulsor móvil de estribor.	2,0 m (tanteado).
	Espacio entre turbo propulsor móvil de estribor y banda de estribor.	0,5 m (mínimo seguro: 0,2 m).
	Total:	7,5 m

Por lo tanto la manga inicial será 8 m.

- Francobordo (F): Definida como la distancia entre la línea de carga autorizada y el canto de cubierta al costado del casco. Esta medida asegura la reserva de flotabilidad de la nave en caso de avería del casco o en caso de mal tiempo. El valor del francobordo impuesto por DICAPI cuando no se cuenta con información suficiente es un décimo de la manga máxima de la nave.

Por lo tanto el francobordo inicial será:  $(8 \text{ m})/10 = 0,8 \text{ m}$ .

- Calado (T): Definida como la profundidad de la carena. Esta medida depende de la condición de carga de la nave. Esta medida para efectos de cálculos iniciales serán referidos a la sección media de la nave, sin escora y sin asiento. Debido a que uno de los requisitos es que la nave diseñada pueda navegar en todo momento del puerto de Iquitos al puerto de Pucallpa con su máxima capacidad de carga. Entonces uno de los factores limitantes a esta medida será el mínimo nivel de profundidad de los ríos de esta ruta alcanzados en épocas de vaciante. En esta ruta, este factor limitante depende del Río Ucayali, que es uno de los afluentes del Río Amazonas. Según estudios de navegabilidad realizados para este Río

Se determinó que el calado máximo recomendado de una nave para poder navegar en este Río, en cualquier época del año, es de 1,83 m.

Una manera de determinar aproximadamente el calado es aplicando el principio de Arquímedes para cuerpos flotantes:



$$\text{Desplazamiento}(\Delta) = \text{Empuje}(E) \quad ..(1)$$

A su vez:

$$\Delta \approx \gamma_{\text{acero}} \cdot \left[ \left( \frac{B}{l} + n_{ml} \right) \cdot (T + F) + 2 \cdot B \right] \cdot L \cdot t_e \cdot f_{ca} + P_{ct} \quad ..(2)$$

$$E = \gamma_{\text{agua}} \cdot C_b \cdot L_f \cdot T \cdot B \quad ..(3)$$

Donde:

$l$  : Distancia entre mamparos transversales, en m.

$n_{ml}$  : Número de mamparos longitudinales, incluyendo las bandas, en m.  $n_{ml} \geq 3$

$t_e$  : Espesor equivalente general.  $t_e \geq 0,007 \text{ m}$

$\gamma_{\text{acero}}$  : Peso específico del acero.  $\gamma_{\text{acero}} = g \cdot \rho_{\text{acero}}$

$\rho_{\text{acero}}$  : Densidad del acero.  $\rho_{\text{acero}} = 7850 \text{ kg/m}^3$

$\gamma_{\text{agua}}$  : Peso específico del agua.  $\gamma_{\text{agua}} = g \cdot \rho_{\text{agua}}$

$\rho_{\text{agua}}$  : Densidad del agua.  $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$g$  : Aceleración de la gravedad.  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$f_{ca}$  : Factor de corrección por peso de caseta y adicionales.  $f_{ca} \geq 1,15$

$C_b$  : Coeficiente de bloque.  $0,75 \leq C_b \leq 0,85$

$P_{ct}$  : Peso de carga transportada.

Tomando los valores anteriormente determinados y los siguientes valores iniciales:

$$l = 4,5 \text{ m}$$

$$n_{ml} = 3$$

$$t_e = 0,008 \text{ m}$$

$$f_{ca} = 1,25$$

$$C_b = 0,8$$

$$P_{ct} = 130 \text{ t} = 130\,000 \text{ kg-f} = 1,2753 \text{ kN}$$

De (2) y (3) en (1):

$$T = \frac{\frac{P_{ct}}{g} + \rho_{acero} \cdot t_e \cdot f_{ca} \cdot L \cdot \left\{ F \cdot \left( \frac{B}{L} + n_{ml} \right) + 2 \cdot B \right\}}{\rho_{agua} \cdot C_b \cdot L_f \cdot B - \rho_{acero} \cdot t_e \cdot f_{ca} \cdot L \cdot \left( \frac{B}{L} + n_{ml} \right)}$$

Reemplazando valores, se obtiene:

$$T = 0,7066 \text{ m} \approx 0,7 \text{ m}$$

**Por lo tanto el calado inicial será: 0,7 m.**

- Puntal (H): Definida como la altura del casco de un buque. Esta medida es realizada en la sección media de la nave, desde la parte más baja del casco hasta el canto inferior de la cubierta al costado. Es la suma del calado y del francobordo.

Por lo tanto el puntal inicial será:  $0,7 \text{ m} + 0,8 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$ .

### 5.1.3. Desplazamiento.

Siendo este valor el correspondiente al peso total de la nave; este valor depende de la condición de carga de ésta. Para efectos de cálculo se considerará a la nave en condición de máxima carga.

Entonces de las ecuaciones (1) y (3):

$$\Delta = \gamma_{agua} \cdot C_b \cdot L_f \cdot B \cdot T \quad \dots(4)$$

Reemplazando valores, se obtiene:

$$\Delta = 1,4503 \text{ kN} = 149,95 \text{ t-fuerza}$$

Por lo tanto el desplazamiento inicial será: 1,45 kN.

### 5.1.4. Velocidad.

Debido a que uno de los requerimientos para la velocidad promedio de la nave es que esta debe ser por lo menos 4,5 nudos en surcada (en sentido contrario a la corriente del río) por el Río Ucayali, entonces para efectos de cálculo iniciales se considerará una velocidad de cinco (05) nudos en surcada. La velocidad de la nave en aguas tranquilas será este último valor más el valor de la velocidad de la corriente. Según datos de estudios de navegabilidad, la velocidad promedio de las aguas del Río Ucayali es de tres (03) nudos.

Por lo tanto la velocidad inicial en aguas tranquilas será:

$$V = V_{suscada} + V_{río} \dots(5)$$

$$V = 5 + 3 = 8 \text{ nudos}$$

$$V = 14,82 \text{ km/h} = 4,12 \text{ m/s}$$

Para tener una idea de su estado de movimiento de la nave, se calculará su grado de velocidad  $R$ , de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V}{\sqrt{L_f}} \dots(6)$$

Dónde:

$V$  : Velocidad de la nave, en km/h.

$L_f$  : Eslora de flotación, en m.

$R$  : Grado de velocidad, es un valor adimensional.

Entonces, reemplazando valores en (5), se obtiene:

$$R = 2,58$$

Según la referencia [2], este valor de  $R$  corresponde a una velocidad de navegación relativamente lenta y económica.

#### **5.1.5. Potencia.**

Para efectos de cálculos iniciales se considerará en esta parte al casco de la nave, como casco sin cavidades.

Para calcular aproximadamente la potencia propulsiva instalada se empleará los tres (03) pasos consecutivos siguientes:

- 1) Cálculo aproximado de la potencia propulsiva instalada correspondiente a una nave con turbo propulsión hidrodinámica.
- 2) Cálculo de la resistencia al avance del casco de la nave en el agua, empleando los resultados del paso anterior.
- 3) Cálculo de la potencia propulsiva instalada correspondiente a una nave con turbo propulsión aérea, empleando los resultados del paso anterior.

Para el primer paso, se empleará la Fórmula de Almirantazgo [1], para un cálculo aproximado:

$$C = \frac{\Delta^{2/3} \cdot V^3}{P_{máq}} \dots (7)$$

Dónde:

$C$  : Coeficiente de almirantazgo, es un valor adimensional.

$\Delta$  : Desplazamiento, en toneladas.

$V$  : Velocidad de la nave, en nudos.

$P_{máq}$  : Potencia de la máquina en CV (caballos de vapor).

Considerando lo siguiente:

- Para cargueros comunes [1]:  $320 \leq C \leq 350$ .
- Los valores bajos de  $C$  corresponden a formas de casco llenas.
- La presente nave como diseño preliminar tendrá una forma de casco llena.
- Su estado de movimiento es relativamente lenta y económica.

Entonces se considerará, como valor promedio:  $C = 335$ .

De (7):

$$P_{m\acute{a}q} = \frac{\Delta^{2/3} \cdot V^3}{c} \dots(8)$$

Reemplazando valores:

$$P_{m\acute{a}q} = 43,14 \text{ CV.}$$

$$P_{m\acute{a}q} = 31,73 \text{ kW (42,55 HP).}$$

Para el segundo paso, se empleará el concepto físico básico de potencia [1], para un cálculo aproximado:

$$Potencia = Fuerza \cdot Velocidad \dots(9)$$

Entonces para el caso de la presente nave:

$$P_{ef} = R_{tn} \cdot V \dots\dots(10)$$

Siendo:

$P_{ef}$  : Potencia efectiva de remolque.

$$P_{ef} = \eta_p \cdot P_{m\acute{a}q} \dots(11)$$

$R_{tn}$  : Resistencia total al avance de la nave.

$V$  : Velocidad de la nave.

$\eta_p$  : Eficiencia propulsiva. Para casos comunes:  $0,55 \leq \eta_p \leq 0,75$

De (11) y (10):

$$R_{tn} = \frac{\eta_p \cdot P_{m\acute{a}q}}{v} \dots(12)$$

Considerando un valor promedio para la eficiencia propulsiva:  $\eta_p = 0,65$

Y reemplazando valores en (12), se obtiene:

$$R_{tn} = 5,01 \text{ kN (0,51 t ó 1124 lb)}$$

Considerando los siguientes datos de hélices comerciales resumidos en la

TABLA 5.3:

TABLA 5.3. Resumen de datos de hélices comerciales [9].				
Turbo propulsor aéreo.	Diámetro de hélice (pulgadas)	RPM	Fuerza de empuje (lb)	Potencia al eje de hélice (HP)
32" Hovercraft Lift/Thrust Fan (type 4) with 9 blades	32	2350	140	26,0
45" Hovercraft Thrust Fan (type 5) with 8 blades	45	2010	342	68,6
60" Hovercraft Thrust Fan (type 7) with 6 blades	60	1350	456	68,0
64" Hovercraft Thrust Fan (type 7) with 8 blades	64	1250	589	96,0

Entonces, como se emplearán dos (02) turbo propulsores para la propulsión, la potencia total, entregada a las hélices, será el obtenido por interpolación simple empleando los datos de la TABLA 5.3:

$$\frac{2 \cdot 96 - P_{hélices}}{2 \cdot 96 - 2 \cdot 68} = \frac{2 \cdot 589 - 1124}{2 \cdot 589 - 2 \cdot 456}$$

Despejando:  $P_{hélices} = 180,6 \text{ hp} = 134,7 \text{ kW}$

Considerando inicialmente una eficiencia de transmisión de potencia desde el generador eléctrico al eje de las hélices equivalente a 0,8. Entonces la potencia instalada para el tubo propulsión será:

$$P_{máq} = \frac{P_{hélices}}{0,8}$$

Por lo tanto, inicialmente, la potencia instalada para la turbo propulsión es  $P_{máq} = 168,4 \text{ kW} (225,8 \text{ HP})$ .

#### **5.1.6. Autonomía.**

De estudios de navegabilidad [10] y [11], la longitud entre Iquitos y Pucallpa es de 932 km, y entre Iquitos y la confluencia del Río Ucayali con el Marañón es de 122 km. La velocidad promedio en creciente del Río Amazonas es de 2,5 m/s.

Considerando los efectos de la velocidad de los ríos, la velocidad respecto a agua tranquilas de la nave y los tramos recorridos:

$$t_{Total} = t_{Iquitos \rightarrow Pucallpa} + t_{Pucallpa \rightarrow Iquitos}$$

$$t_{Iquitos \rightarrow Pucallpa} = t_{SA} + t_{SU}$$



$$t_{Pucallpa \rightarrow Iquitos} = t_{BU} + t_{BA}$$

$$t_{SA} = \frac{e_A}{V - V_A}$$

$$t_{SU} = \frac{e_U}{V - V_U}$$

$$t_{BA} = \frac{e_A}{V + V_A}$$

$$t_{BU} = \frac{e_U}{V + V_U}$$

Siendo:

$t_{Total}$  : Tiempo total empleado en la navegación fluvial de la ruta IQUITOS-PUCALLPA-IQUITOS.

$t_{Iquitos \rightarrow Pucallpa}$  : Tiempo empleado en la navegación fluvial en surcada desde Iquitos a Pucallpa.

$t_{Pucallpa \rightarrow Iquitos}$  : Tiempo empleado en la navegación fluvial en bajada desde Pucallpa a Iquitos.

$t_{SA}$  : Tiempo empleado en la navegación fluvial en surcada por el río Amazonas.

$t_{SU}$  : Tiempo empleado en la navegación fluvial en surcada por el río Ucayali.

$t_{BU}$  : Tiempo empleado en la navegación fluvial en bajada por el río Ucayali.

$t_{BA}$  : Tiempo empleado en la navegación fluvial en bajada por el río Amazonas.

$e_A$  : Longitud de la vía fluvial en el río Amazonas.  $e_A = 122$  km

$e_U$  : Longitud de la vía fluvial en el río Ucayali.  $e_U = 932 - 122 = 810$  km

$V$  : Velocidad de la nave respecto a aguas tranquilas.  $V = 14,82$  km/h (8 nudos)

$V_A$  : Velocidad del río Amazonas.  $V_A = 2,5$  m/s = 9 km/h (4,86 nudos)

$V_U$  : Velocidad del río Ucayali.  $V_U = 1,54$  m/s = 5,56 km/h (3 nudos)

Entonces reemplazando valores se obtienen:

$$t_{SA} = 20,96 \text{ h}$$

$$t_{SU} = 87,47 \text{ h}$$

$$t_{BA} = 5,12 \text{ h}$$

$$t_{BU} = 39,74 \text{ h}$$

$$t_{Iquitos \rightarrow Pucallpa} = 108,43 \text{ h}$$

$$t_{Pucallpa \rightarrow Iquitos} = 44,86 \text{ h}$$

$$t_{Total} = 153,3 \text{ h}$$

Considerando el requisito establecido para la autonomía, se obtendrá entonces:

$$t_{Autonomía} = 1,3 \cdot t_{Total}$$

Reemplazando valor:  $t_{Autonomía} = 199,3$  h

Por lo tanto la autonomía inicial de la nave será de 199,3 horas.

## **5.2. CÁLCULOS PRELIMINARES INICIALES.**

### **5.2.1. Selección preliminar de maquinaria y equipos.**

Considerando las características principales aproximadamente determinadas en el apartado 5.1., se seleccionarán preliminarmente las siguientes maquinarias y equipos:

- Debido a que los fabricantes de grupos electrógenos para garantizar el buen desempeño de sus equipos, ellos recomiendan que la potencia de diseño no sea menor del 70% de la potencia nominal del grupo electrógeno. Por lo tanto para la potencia propulsiva instalada, preliminarmente se seleccionará el grupo electrógeno de modelo DM3383-02 de la marca CATERPILLAR. Este generador puede generar una potencia eléctrica nominal de salida de 225 kW (305,9 HP). Los 168,4 kW determinados inicialmente para la potencia instalada, representa el 74,84% de la potencia nominal de este grupo electrógeno, superior a lo mínimo recomendado. Siendo algunas de sus características de este equipo las siguientes: 3800 mm de largo, 1903,6 mm de alto, 1100 mm de ancho, 3165 kg-f de peso y consumo de combustible de 67 l/h con 100% de carga y 49 l/h con 75% de carga. Es decir que para la carga de diseño, que representa el 74,84% de carga del grupo electrógeno, y para un tiempo de funcionamiento de 199,3 horas continuas que corresponden a las horas de autonomía, por interpolación se estima que el consumo de combustible mínimo será de:

$$V_{comb. \text{ mín.}} = 48,9 \frac{l}{h} \cdot 199,3 h$$

$$V_{comb. \text{ mín.}} = 9\,745,8 l$$

- Para la turbo propulsión aérea móvil se elegirán dos turbo propulsores 64” Hovercraft Thrust Fan (type 7) with 8 blades, de 64” de diámetro de la hélice, 2,62 kN de empuje y 71,6 kW (96 HP) de potencia consumida al eje. Proporcionando ambos propulsores un empuje total de 5,24 kN, superior a los 5,01 kN determinados inicialmente.
- Dado que el uso de los turbo propulsores fijos serán sólo de manera temporal para cambios de rumbo, en periodos de tiempo muy cortos, entonces para la turbo propulsión aérea fija se elegirán dos turbo propulsores con las mismas características de las anteriormente descritas.
- Para el accionamiento de estos turbo propulsores se elegirán motores trifásicos de 74,6 kW (100 HP) de 4 polos - 60hz, de la marca DELCROSA, de uso marino.

### **5.2.2. Mejoramiento de líneas de forma.**

Según algunas investigaciones para casco de barcasas de río [4] se tiene las siguientes recomendaciones:

- La pendiente, al nivel del agua, del rasel de proa de una barcaza será: 30° para alta velocidad, 45° para velocidad moderada y 50° para baja velocidad.

- La pendiente, al nivel del agua, del rasel de popa de una barcaza será:  $14^\circ$  para alta velocidad,  $22^\circ 30'$  para velocidad moderada y  $50^\circ$  para baja velocidad.
- Radio de pantoque en el rasel de proa de una barcaza será: 1,52 m para alta velocidad, 0,76 m para velocidad moderada y para baja velocidad.
- Radio de pantoque en el rasel de popa de una barcaza será: 1,52 m para alta velocidad, 1,02 m para velocidad moderada y 0,76 m para baja velocidad.
- Para barcazas de velocidades altas y moderadas, el borde superior del rasel de popa estará 152 mm por debajo del nivel del agua.
- Suavizar la forma del casco para disminuir la formación de olas y la resistencia al avance.

Debido a que, económicamente, lo más conveniente es disminuir la resistencia al avance, se elegirá adoptar las recomendaciones correspondientes para barcazas de alta velocidad para la proa y adoptar parcialmente las recomendaciones correspondientes para barcazas de velocidad moderada para la popa. Pero las recomendaciones para el radio de pantoque no se adoptarán por ser estos valores relativamente muy altos en comparación con el puntal del casco de la presente nave.

Como esta embarcación está destinada a transportar carga sobre cubierta, entonces se adoptará una cubierta plana, sin brusca. Esto es para facilitar la estiba de cargas de fondo plano y rígido, como el de los contenedores.

Para disminuir la resistencia debida a la fricción del casco con el agua, se adoptarán preliminarmente un radio de pantoque, en la zona plana del fono del casco, igual a 300 mm, contiguo a las cavidades. Esto es para disminuir el área de superficie mojada.

Por lo tanto, tomando en cuenta lo expuesto en el apartado 5.1.2. y en el presente apartado, se elabora el “Plano de Líneas de Forma”.

### **5.2.3. Curvas hidrostáticas.**

Son curvas que describen las propiedades de la carena derecha para cada posición del plano de flotación o calado. Estas curvas se representan en un plano, en el cual las ordenadas representan el calado de la nave y en las abscisas los valores de las propiedades en escalas predeterminadas. Considerando el plano de líneas de forma se calculan las curvas hidrostáticas que se describen a continuación:

- Volumen de carena (V): Esta curva describe la cantidad del volumen de la parte sumergida del casco para diferentes calados.
- Desplazamiento en agua dulce ( $\Delta_d$ ): Esta curva describe la cantidad del peso del volumen de agua dulce desplazada por la parte sumergida del casco para diferentes calados.
- Área de flotación: Esta curva describe el valor del área de la sección horizontal del casco en el plano de flotación para diferentes calados.
- Kilonewtons por centímetro de aumento de inmersión: Esta curva describe el valor del peso que hay que agregar o quitar a la nave para que su calado aumente o disminuya respectivamente 1 cm, manteniéndose el nuevo plano de flotación paralela a la primitiva respecto del casco para diferentes calados.
- Momento de asiento unitario: Esta curva describe el valor momento capaz de producir un asiento de 1 cm a la nave para diferentes calados.

- Área sumergida de sección maestra: Esta curva describe el valor del área de la sección maestra del casco que está por debajo del plano de flotación para diferentes calados.
- Área de superficie mojada: Esta curva describe el valor del área del casco que está en contacto con el agua sobre el cual flota para diferentes calados.
- Altura del centro de carena sobre la L. C. ó L.B.: Esta curva describe el valor de las coordenadas verticales relativas del centro del volumen sumergido del casco respecto a la Línea Construcción o Línea Base, para diferentes calados.
- Distancia del centro de carena a la sección media: Esta curva describe el valor de las coordenadas longitudinales relativas del centro del volumen sumergido del casco respecto a la sección media, para diferentes calados.
- Distancia del centro de flotación a la sección media: Esta curva describe el valor de las coordenadas longitudinales relativas del centro del área de flotación del casco respecto a la sección media, para diferentes calados.
- Altura del metacentro transversal sobre L. C. ó L.B.: Esta curva describe el valor de las coordenadas verticales relativas del metacentro transversal del volumen sumergido del casco respecto a la Línea Construcción o Línea Base, para diferentes calados.
- Altura del metacentro longitudinal sobre L. C. ó L.B.: Esta curva describe el valor de las coordenadas verticales relativas del metacentro longitudinal del volumen sumergido del casco respecto a la Línea Construcción o Línea Base, para diferentes calados.

- Altura del metacentro transversal sobre L. C. ó L.B.: Esta curva describe el valor de la coordenada vertical relativa del metacentro transversal respecto de la Línea Construcción o Línea Base, para diferentes calados.
- Altura del metacentro longitudinal sobre L. C. ó L.B.: Esta curva describe el valor de la coordenada vertical relativa del metacentro longitudinal respecto de la Línea Construcción o Línea Base, para diferentes calados.
- Coeficiente de bloque: Esta curva describe el valor de la proporción del volumen que ocupa la carena de la nave respecto a un prisma paralelepípedo rectangular circunscrito a dicha carena, como se muestra en la figura 3, para diferentes calados.

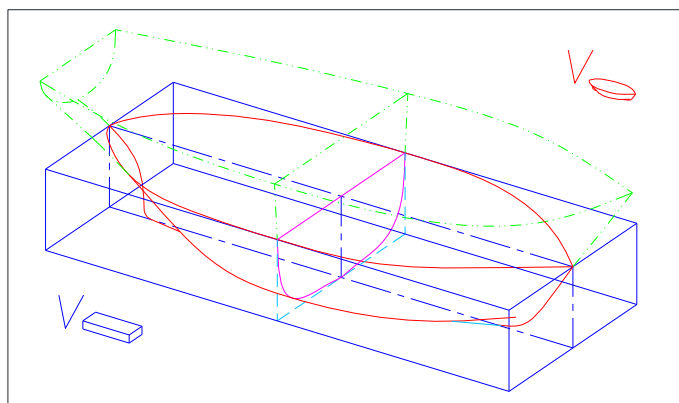


Figura 3. Paralelepípedo rectangular circunscrito a la carena.

- Coeficiente prismático: Esta curva describe el valor de la proporción del volumen que ocupa la carena de la nave respecto a un prisma cilíndrico recto circunscrito a dicha carena, cuya generatriz pasa ortogonalmente por la sección maestra sumergida, como se muestra en la figura 4, para diferentes calados.



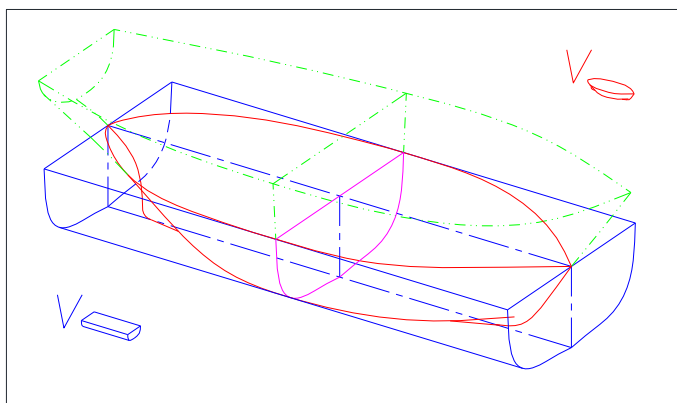


Figura 4. Prisma cilíndrico recto circunscrito a la carena.

- Coeficiente de flotación: Esta curva describe el valor de la proporción que ocupa el área de flotación de la carena de la nave respecto al rectángulo circunscrito en el respectivo plano, como se muestra en la figura 5, para diferentes calados.

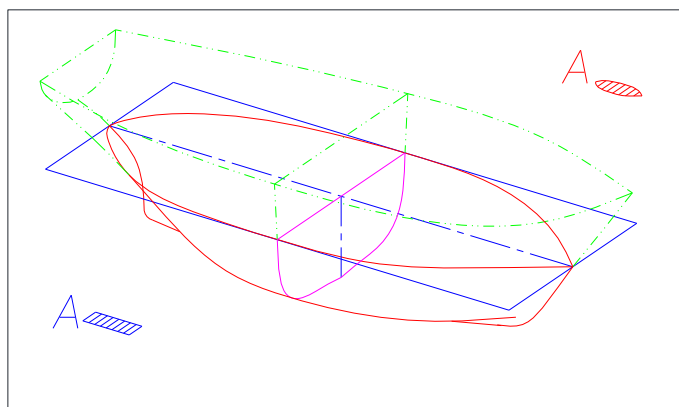


Figura 5. Rectángulo circunscrito superficie de flotación de la carena.

- Coeficiente de sección maestra: Esta curva describe el valor de la proporción que ocupa el área sumergida de la sección maestra de la carena de la nave respecto al rectángulo circunscrito en el respectivo plano, como se muestra en la figura 6, para diferentes calados.

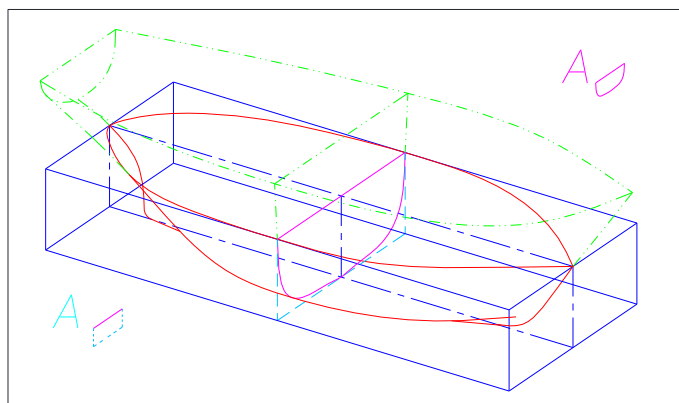


Figura 6. Paralelepípedo rectangular circunscrito a la carena.

- Corrección de desplazamiento para 1 cm de asiento: Esta curva describe el valor del volumen que se tiene que sumar o restar, según el signo indicado en este plano, por cada centímetro de asiento, al volumen de carena de una nave con asiento a popa obtenido a partir del calado promedio de las lecturas de calados en proa y popa, y de la curva de desplazamiento del plano de curvas hidrostáticas, para diferentes calados.

#### 5.2.4. Curvas cruzadas.

Estas curvas describen los valores de brazos adrizantes para determinados ángulos de escora y desplazamiento. Los brazos adrizantes están en relación a las cuplas producidas por la fuerza de empuje que pasa por el centro de carena y el peso de la nave que se concentra en un punto geométrico arbitrario; que para este caso se considerará ubicado en la línea de construcción. Estas curvas son empleadas en los análisis de estabilidad y trimado.

### 5.2.5. Disposición general.

Considerando lo expuesto en el capítulo 4 y en los apartados 5.2.1. y 5.2.2., se construye el plano de disposición general, como se muestra en los planos adjuntos.

La separación mínima de los mamparos transversales que limitan el tanque de combustible será:

$$d_{mamp.tanq.} = \frac{V_{comb.mín}}{A_{SM} \cdot F_{ll} \cdot p}$$

Siendo:

$A_{SM}$  : Área de sección maestra.  $A_{SM} = 10,91 \text{ m}^2$ .

$F_{ll}$  : Factor de llenado.  $F_{ll} = 0,77$

$p$  : Factor de permeabilidad.  $p = 0,98$

Entonces reemplazando valores:

$$d_{mamp.tanq.} = \frac{9,7458 \text{ m}^3}{10,91 \text{ m}^2 \cdot 0,77 \cdot 0,98}$$

$$d_{mamp.tanq.} = 1,18 \text{ m}$$

Entonces se dispondrá de una separación entre mamparos transversales de tanques igual a 1,5 m. Siendo, actualmente, su capacidad de volumen de combustible y autonomía, los siguientes valores:

$$V_{comb.} = 1,5 \cdot A_{SM} \cdot F_{ll} \cdot p \text{ m}^3.$$

$$V_{comb.} = 12,349 \text{ m}^3.$$

$$t_{Autonomía} = \frac{12,349 \cdot 1000l}{48,9 \frac{l}{h}}$$

$$t_{Autonomía} = 252,5 \text{ h.}$$

Debido a la dificultad de ubicar adecuadamente el grupo electrógeno de 225kW, se procede incrementar el largo de la caseta, hasta los ocho (08) metros de largo.

### **5.2.6. Estructura de casco.**

Para la determinación de la estructura de casco, se emplearán las reglas de construcción del A.B.S. para embarcaciones de río y aguas protegidas. Pero antes se verificará si las dimensiones actuales de la nave son adecuadas para aplicar las reglas de construcción del A. B. S., que como condiciones de proporcionalidad indican que la eslora de la nave no debe ser mayor que treinta (30) veces su puntal y además su manga de la nave no debe ser mayor que seis (6) veces su puntal. Realizando cálculos se obtiene lo siguiente:

$$\frac{L}{D} = \frac{34}{1,5} \rightarrow \frac{L}{D} = 22,67$$

$$\frac{B}{D} = \frac{8}{1,5} \rightarrow \frac{B}{D} = 5,33$$

Por lo tanto queda verificado que se cumple con las condiciones de proporcionalidad geométrica para poder aplicar las reglas de construcción del A.B.S.

Por facilidad de construcción se elegirá un sistema de estructura longitudinal.

A continuación se detallan los cálculos:

- Cálculo del módulo de sección mínimo requerido para el buque viga:

$$MS_{bv \text{ mín.r}} = 0,347(B + 12,19)D \cdot L \text{ cm}^2 \cdot \text{m}$$

$$MS_{bv \text{ mín.r}} = 0,347(8 + 12,19)(1,5)(34) \text{ cm}^2 \cdot \text{m}$$

$$MS_{bv \text{ mín.r}} = 357,3 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}$$

- Cálculo del espesor mínimo requerido de planchas de cubierta del casco:

Considerando un espaciamiento entre refuerzos longitudinales ( $s_b$ ) igual a 500 mm, se obtendrá entonces:

$$t_{\text{mín}} = 0,01 \cdot s_b \text{ mm}$$

$$t_{\text{mín}} = 0,01 \cdot 500 \text{ mm}$$

$$t_{\text{mín}} = 5 \text{ mm}$$

- Cálculo del espesor de planchas de cubierta del casco en lanzamientos:

Aquí sólo se tiene que cumplir con el  $t_{\text{mín}}$  calculado previamente. Por lo tanto se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial común igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas de cubierta del casco entre lanzamientos:

$$t \geq 0,066L + 2,5 \text{ mm}$$

$$t \geq 4,74 \text{ mm}$$

Por lo tanto, considerando el  $t_{\text{mín}}$  calculado, se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas de cubierta del casco en la zona de carga:

$$t \geq 0,00395 \cdot s \cdot \sqrt{h} + 1,5 \text{ mm}$$

$$h = p/0,721 \text{ m}$$

Siendo:

$p$  : carga distribuida sobre la cubierta en  $t/m^2$ .

Como la embarcación está principalmente proyectado para cargar contenedores estándar, entonces se considerará como referencia la distribución de la carga promedio causado por un contenedor estándar tipo DRY VAN de 20 pies 20'x8'x8'6" (5,898 m de largo x2,352 m de ancho x 2,393 m de alto), que alcanza un peso bruto máximo igual a 30,48 t-fuerza.

De acuerdo a esto, los cálculos serán:

$$p = \frac{30,48}{5,898 \cdot 2,352} t/m^2$$

$$p = 2,1972 t/m^2$$

$$h = 2,1972/0,721 \text{ m}$$

$$h = 3,047 \text{ m}$$

$$t \geq 0,0395 \cdot 500 \cdot \sqrt{3,047} + 1,5 \text{ mm}$$

$$t \geq 4,95 \text{ mm}$$

Por lo tanto, considerando el  $t_{min}$  calculado, se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas del fondo del casco ordinario:

$$t \geq 0,069L + 0,007s - 0,8 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 0,069 \cdot 34 + 0,007 \cdot 500 - 0,8 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 5,046 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial común igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas del fondo del casco en zona de tanques de combustible:

$$t \geq 0,069L + 0,007s - 0,5 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 0,069 \cdot 34 + 0,007 \cdot 500 - 0,5 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 5,346 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial común igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas de costados del casco ordinario:

$$t \geq 0,069L + 0,007s - 1,3 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 0,069 \cdot 34 + 0,007 \cdot 500 - 1,3 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 4,546 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial común igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas de costados del casco en zona de tanques:

$$t \geq 0,069L + 0,007s - 1 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 0,069 \cdot 34 + 0,007 \cdot 500 - 1 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 4,846 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial común igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas de pantoque:

Según el A.B.S. al ser el radio de pantoque de la nave igual a 300 mm y menor que 305 mm, el espesor del pantoque será el mismo que la del fondo. Es decir que el espesor de la plancha de pantoque será igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas de mamparos de tanques:

$$t \geq \left( \frac{s\sqrt{h}}{254} \right) + 1,78 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

Siendo  $h$  la distancia vertical medida desde el borde inferior de la plancha hasta 1,2 m sobre la cubierta al costado. Entonces:

$$h = \text{puntal} + 1,2 \text{ m}$$

$$h = 1,5 + 1,2 \text{ m}$$



$$h = 2,7 \text{ m}$$

$$t \geq \left( \frac{500 \cdot \sqrt{2,7}}{254} \right) + 1,78 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

$$t \geq 5,0146 \text{ mm} \cap t \geq 5 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial común igual a 6,35 mm (1/4").

- Cálculo del espesor de planchas de mamparos estancos ordinarios:

$$t \geq \left( \frac{s\sqrt{h}}{290} \right) + 1 \text{ mm} \cap t \geq 4,5 \text{ mm}$$

Siendo h la distancia vertical medida desde el borde inferior de la plancha hasta la cubierta en crujía. Entonces:

$$h = \text{puntal} + \text{comba de bao}$$

$$h = (1,5 + 0) \text{ m}$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$t \geq \left( \frac{500 \cdot \sqrt{1,5}}{290} \right) + 1 \text{ mm} \cap t \geq 4,5 \text{ mm}$$

$$t \geq 3,1116 \text{ mm} \cap t \geq 4,5 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se selecciona plancha de acero naval de espesor comercial común igual a 4,76 mm (3/16").

- Cálculo de refuerzos longitudinales de cubierta en zona de lanzamientos:

Para esto, según las reglas del A.B.S., primero se calculará el mínimo módulo de sección requerido para estos refuerzos considerando el ancho efectivo de la plancha a la cual estará unida por soldadura, y luego se seleccionará adecuadamente el perfil de refuerzo, cuyo módulo de sección, en asociación con la plancha, sea mayor o igual que el mínimo módulo de sección previamente calculado.

Entonces para el cálculo del mínimo módulo de sección requerido se empleará la siguiente ecuación:

$$MS_{\text{mín}} = 7,8chsl^2 \text{ cm}^3$$

Siendo:

$c$  : Coeficiente adimensional de corrección.

$h$  : Altura relativa de la carga soportada en m.

$s$  : Separación de los refuerzos en m.

$l$  : Longitud no soportada del refuerzo en m.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,75$$

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 7,8(1,75)(1,2)(0,5)(1,5)^2 \text{ cm}^3$$

$$MS_{\text{mín}} = 18,43 \text{ cm}^3$$

Con este valor hallado se buscará que perfiles que en asociación con el ancho efectivo de la plancha soldada, según las reglas del A.B.S., su módulo de sección sea mayor o igual que el  $MS_{\text{mín}}$ .

Para efectos de cálculo, según reglas del A.B.S., el ancho efectivo será:

$$a_e = \text{mín} \left\{ \frac{l}{3}; s \right\}$$

$$a_e = \text{mín} \left\{ \frac{1,5}{3}; 0,5 \right\}$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.4. Perfiles para refuerzos longitudinales de cubierta en zona de lanzamientos.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	No cumple.
3	Plt 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	No cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	No cumple.

6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	No cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x¼"	0,5	3619	11,76	No cumple.
11	L 2"x2"x¼"	0,5	3780	20,79	Cumple.
12	L 2½"x2½"x¼"	0,5	3941	32,40	Cumple.
13	L 3"x3"x¼"	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x¼", por ser el más ligero de los perfiles que cumplen con el  $MS_{\min}$ .

- Cálculo de refuerzos longitudinales de cubierta en zona entre lanzamientos y zona de carga:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,7$$

$$h = 2,25 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 13,82 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.5. Perfiles para refuerzos longitudinales de cubierta en zona entre lanzamientos y zona de carga.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	No cumple.
3	Plt. 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	Cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x¼"	0,5	3619	11,76	No cumple.
11	L 2"x2"x¼"	0,5	3780	20,79	Cumple.
12	L 2½"x2½"x¼"	0,5	3941	32,40	Cumple.
13	L 3"x3"x¼"	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x¼", por ser el más ligero de los perfiles que cumplen con el  $MS_{min}$ .

- Cálculo de refuerzos longitudinales de cubierta en zona de tanques:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,75$$

$$h = 2,25 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 18,43 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.6. Perfiles para refuerzos longitudinales de cubierta en zona de tanques.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	No cumple.
3	Plt. 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	No cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	No cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	No cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x¼"	0,5	3619	11,76	No cumple.
11	L 2"x2"x¼"	0,5	3780	20,79	Cumple.
12	L 2½"x2½"x¼"	0,5	3941	32,40	Cumple.
13	L 3"x3"x¼"	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x¼", por ser el más ligero de los perfiles que cumplen con el  $MS_{\text{mín}}$ .

- Cálculo de refuerzos longitudinales de costado en zonas de lanzamientos:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones. Pero este cálculo se realizará para el refuerzo más crítico, que es el refuerzo en la posición más baja.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 8,78 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.7. Perfiles para refuerzos longitudinales de costado en zonas de lanzamientos.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	Cumple.
3	Plt. 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	Cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	Cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3515	9,27	Cumple.
11	L 1½"x1½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3619	11,76	Cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3636	16,20	Cumple.
13	L 2"x2"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3780	20,79	Cumple.
14	L 2½"x2½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3941	32,40	Cumple.
15	L 3"x3"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>", por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{mín}$  y para facilitar la construcción, manteniendo la misma forma y tamaño de las escotaduras.

- Cálculo de refuerzos longitudinales de costado en zonas entre lanzamientos:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones. Pero este cálculo se realizará para el refuerzo más crítico, que es el refuerzo en la posición más baja.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,08$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{mín} = 9,48 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:



TABLA 5.8. Perfiles para refuerzos longitudinales de costado en zonas entre lanzamientos.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	Cumple.
3	Plt 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	Cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3515	9,27	No cumple.
11	L 1½"x1½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3619	11,76	Cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3636	16,20	Cumple.
13	L 2"x2"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3780	20,79	Cumple.
14	L 2½"x2½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3941	32,40	Cumple.
15	L 3"x3"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>", por ser uno de los cuatro más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{min}$  y para facilitar la construcción, manteniendo la misma forma y tamaño de las escotaduras.

- Cálculo de refuerzos longitudinales de costado en zonas de tanques:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones. Pero este cálculo se realizará para el refuerzo más crítico, que es el refuerzo en la posición más baja.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,08$$

$$h = 2,2 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 20,85 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.9. Perfiles para refuerzos longitudinales de costado en zonas de tanques.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	No cumple.
3	Plt. 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	No cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	No cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	No cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3515	9,27	No cumple.
11	L 1½"x1½"x¼"	0,5	3619	11,76	No cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3636	16,20	No cumple.
13	L 2"x2"x¼"	0,5	3780	20,79	No cumple.
14	L 2½"x2½"x¼"	0,5	3941	32,40	Cumple.
15	L 3"x3"x¼"	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2½"x2½"x¼", por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{\text{mín}}$ .

- Cálculo de refuerzos longitudinales de fondo ordinario y en fondo de lanzamientos:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,08$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{mín} = 14,22 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.10. Perfiles para refuerzos longitudinales de fondo ordinario y en fondo de lanzamientos.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	No cumple.
3	Plt 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	No cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.

7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3515	9,27	No cumple.
11	L 1½"x1½"x¼"	0,5	3619	11,76	No cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3636	16,20	Cumple.
13	L 2"x2"x¼"	0,5	3780	20,79	Cumple.
14	L 2½"x2½"x¼"	0,5	3941	32,40	Cumple.
15	L 3"x3"x¼"	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>", por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{\text{mín}}$ .

- Cálculo de refuerzos longitudinales de fondo en zona de tanques:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,08$$

$$h = 2,7 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 25,59 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.11. Perfiles para refuerzos longitudinales de fondo en zona de tanques.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	No cumple.
3	Plt. 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	No cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	No cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	No cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	No cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3515	9,27	No cumple.
11	L 1½"x1½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3619	11,76	No cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3636	16,20	No cumple.
13	L 2"x2"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3780	20,79	No cumple.
14	L 2½"x2½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3941	32,40	Cumple.
15	L 3"x3"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2½"x2½"x<sup>1</sup>/<sub>4</sub>", por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{\min}$ .

- Cálculo de refuerzos longitudinales de mamparo longitudinal ordinario:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones. Pero este cálculo se realizará para el refuerzo más crítico, que es el refuerzo en la posición más baja.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,7$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 6,14 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.12. Perfiles para refuerzos longitudinales de mamparo longitudinal ordinario.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	2703	4,49	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	2864	9,25	Cumple.
3	Plt. 4"x1/4"	0,5	3025	15,54	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	2864	6,49	Cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3105	13,24	Cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	3347	22,00	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3025	8,38	Cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	3348	16,92	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	3670	27,80	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	2720	8,85	Cumple.
11	L 1½"x1½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	2824	11,23	Cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	2841	15,68	Cumple.
13	L 2"x2"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	2985	20,10	Cumple.
14	L 2½"x2½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3146	31,50	Cumple.
15	L 3"x3"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,5	3307	45,39	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>" , por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el MS<sub>min</sub> y para facilitar la construcción, manteniendo la misma forma y tamaño de las escotaduras.

- Cálculo de refuerzos longitudinales de mamparo longitudinal en zona de tanques:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones. Pero este cálculo se realizará para el refuerzo más crítico, que es el refuerzo en la posición más baja.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 2,2 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 19,31 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 6,35 mm.

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,5	3498	4,87	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,5	3659	9,82	No cumple.
3	Plt 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	No cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,5	3659	7,04	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,5	3900	14,18	No cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,5	3820	9,13	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,5	4143	18,27	No cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3515	9,27	No cumple.
11	L 1½"x1½"x1/4"	0,5	3619	11,76	No cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,5	3636	16,20	No cumple.
13	L 2"x2"x1/4"	0,5	3780	20,79	Cumple.
14	L 2½"x2½"x1/4"	0,5	3941	32,40	Cumple.
15	L 3"x3"x1/4"	0,5	4102	46,57	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x1/4", por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{mín.}$

- Cálculo de refuerzos verticales de mamparos transversales ordinarios:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,46$$

$$h = 0,675 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,35 \text{ m}$$



Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 2,21 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.14. Perfiles para refuerzos verticales de mamparos transversales ordinarios.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,45	2465	4,45	Cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,45	2626	9,15	Cumple.
3	Plt 4"x1/4"	0,45	2787	15,34	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,45	2626	6,42	Cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,45	2867	13,05	Cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,45	3109	21,60	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,45	2787	8,27	Cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,45	3110	16,62	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,45	3432	27,16	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,45	2482	8,82	Cumple.
11	L 1½"x1½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,45	2586	11,18	Cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,45	2603	15,63	Cumple.
13	L 2"x2"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,45	2747	20,02	Cumple.
14	L 2½"x2½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,45	2908	31,36	Cumple.
15	L 3"x3"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,45	3069	45,17	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>", por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{\min}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de refuerzos verticales de mamparos transversales en tanques:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 1,875 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,35 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 13,35 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 6,35 mm.

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.15. Perfiles para refuerzos verticales de mamparos transversales en tanques.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,45	3180	4,82	No cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,45	3341	9,74	No cumple.
3	Plt 4"x1/4"	0,45	3503	16,27	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,45	3341	6,97	No cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,45	3583	14,01	Cumple.

6	Plt. 4"x3/8"	0,45	3825	23,21	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,45	3503	9,02	No cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,45	3825	18,01	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,45	4148	29,54	Cumple.
10	L 1½"x1½"x³/16"	0,45	3198	9,23	No cumple.
11	L 1½"x1½"x¼"	0,45	3301	11,71	No cumple.
12	L 2"x2"x³/16"	0,45	3318	16,15	Cumple.
13	L 2"x2"x¼"	0,45	3462	20,71	Cumple.
14	L 2½"x2½"x¼"	0,45	3624	32,28	Cumple.
15	L 3"x3"x¼"	0,45	3785	46,38	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x³/16", por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{\text{mín}}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de refuerzos verticales de espejo de popa:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 0,48 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 0,952 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 1,7 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,317 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 6,35 mm.

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,317	2338	4,67	Cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,317	2499	9,41	Cumple.
3	Plt. 4"x1/4"	0,317	2660	15,60	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,317	2499	6,71	Cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,317	2740	13,37	Cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,317	2982	21,89	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,317	2660	8,63	Cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,317	2983	16,98	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,317	3305	27,46	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,317	2355	9,10	Cumple.
11	L 1½"x1½"x¼"	0,317	2459	11,53	Cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,317	2476	15,96	Cumple.
13	L 2"x2"x¼"	0,317	2620	20,42	Cumple.
14	L 2½"x2½"x¼"	0,317	2781	31,81	Cumple.
15	L 3"x3"x¼"	0,317	2976	45,66	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el L 2"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>", por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con el  $MS_{mín}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de refuerzos verticales de espejo de proa:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 0,111 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 0,222 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 0,02 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,074 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 6,35 mm.

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.17. Perfiles para refuerzos verticales de espejo de proa.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	0,074	793	3,73	Cumple.
2	Plt. 3"x1/4"	0,074	954	6,98	Cumple.
3	Plt. 4"x1/4"	0,074	1115	10,79	Cumple.
4	Plt. 2"x3/8"	0,074	954	4,97	Cumple.
5	Plt. 3"x3/8"	0,074	1195	8,97	Cumple.
6	Plt. 4"x3/8"	0,074	1437	13,48	Cumple.
7	Plt. 2"x1/2"	0,074	1115	5,97	Cumple.
8	Plt. 3"x1/2"	0,074	1438	10,48	Cumple.
9	Plt. 4"x1/2"	0,074	1760	15,41	Cumple.
10	L 1½"x1½"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,074	810	8,39	Cumple.
11	L 1½"x1½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,074	913	10,40	Cumple.
12	L 2"x2"x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> "	0,074	931	14,64	Cumple.
13	L 2"x2"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,074	1075	18,27	Cumple.
14	L 2½"x2½"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,074	1236	28,20	Cumple.
15	L 3"x3"x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	0,074	1397	40,13	Cumple.

Debido a que todos cumplen con el  $MS_{\text{mín}}$  en gran proporción y además debido a que el espacio en esta zona es relativamente pequeña en relación a

los perfiles de cubierta y de fondo, entonces se elegirá como refuerzo para esta zona una plancha de 6,35 mm de espesor, de forma y tamaño adecuado, de tal manera que el borde libre sea menor o igual que el máximo correspondiente a una cartela triangular sin ala, según las reglas del A. B. S., del mismo espesor. Es decir que el borde libre será menor o igual que 455 mm.

- Cálculo de  $b_{ao}$  en zona de carga, ordinaria y en lanzamientos:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,7$$

$$h = 2,25 \text{ m}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

$$l = 2 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 73,71 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,667 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 6,35 mm.

Según las reglas del A. B. S. para el bao como elemento estructural de soporte tiene que tener una altura mínima de dos veces la altura de los refuerzos que soporta para poder ejecutar recortes para que pasen los refuerzos soportados.

Siendo los refuerzos longitudinales L 2"x2"x1/4", entonces la altura mínima del bao será 101,6 mm (4").

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

TABLA 5.18. Perfiles para bao en zona de carga, ordinaria y en lanzamientos.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt 4"x1/4"	0,667	4878	16,85	No cumple.
2	Plt. 4"x3/8"	0,667	5224	24,89	No cumple.
3	Plt. 4"x1/2"	0,667	5524	31,41	No cumple.
4	Plt. 4"x3/4"	0,667	6169	44,21	No cumple.
5	Plt. 4"x1"	0,667	6814	55,55	No cumple.
6	L 4"x4"x1/4"	0,667	5483	83,30	Cumple.
7	L 4"x4"x5/16"	0,667	5782	101,60	Cumple.
8	L 4"x4"x3/8"	0,667	6077	119,05	Cumple.
9	L 4"x4"x1/2"	0,667	6653	151,17	Cumple.
10	T (4"x1/4")x(2"x1/4")	0,667	5201	50,09	No cumple.
11	T (5"x1/4")x(2"x1/4")	0,667	5362	65,56	No cumple.
12	T (5"x1/4")x(3"x1/4")	0,667	5524	88,31	Cumple.
13	T (6"x1/4")x(2"x1/4")	0,667	5524	82,47	Cumple.
14	T (6"x1/4")x(3"x1/4")	0,667	5685	108,95	Cumple.
15	T (6"x1/4")x(4"x1/4")	0,667	5846	136,32	Cumple.

Entonces se elige como refuerzo el T (6"x1/4")x(3"x1/4"), por ser uno de los perfiles que cumplen con superar el  $MS_{min}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de varengas:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

$$l = 2 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 70,20 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,667 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 6,35 mm.

Según las reglas del A. B. S. para la varenga como elemento estructural de soporte tiene que tener una altura mínima de dos veces la altura de los refuerzos que soporta para poder ejecutar recortes para que pasen los refuerzos soportados.

Siendo los refuerzos longitudinales L 2"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>", entonces la altura mínima de la varenga será 101,6 mm (4").



A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt 4"x1/4"	0,667	4878	16,85	No cumple.
2	Plt. 4"x3/8"	0,667	5224	24,89	No cumple.
3	Plt. 4"x1/2"	0,667	5524	31,41	No cumple.
4	Plt. 4"x3/4"	0,667	6169	44,21	No cumple.
5	Plt. 4"x1"	0,667	6814	55,55	No cumple.
6	L 4"x4"x1/4"	0,667	5483	83,30	Cumple.
7	L 4"x4"x5/16"	0,667	5782	101,60	Cumple.
8	L 4"x4"x3/8"	0,667	6077	119,05	Cumple.
9	L 4"x4"x1/2"	0,667	6653	151,17	Cumple.
10	T (4"x1/4")x(2"x1/4")	0,667	5201	50,09	No cumple.
11	T (5"x1/4")x(2"x1/4")	0,667	5362	65,56	No cumple.
12	T (5"x1/4")x(3"x1/4")	0,667	5524	88,31	Cumple.
13	T (6"x1/4")x(2"x1/4")	0,667	5524	82,47	Cumple.
14	T (6"x1/4")x(3"x1/4")	0,667	5685	108,95	Cumple.
15	T (6"x1/4")x(4"x1/4")	0,667	5846	136,32	Cumple.

Entonces se elige como varenga el T (6"x1/4")x(3"x1/4"), por ser uno de los perfiles que cumplen con superar el  $MS_{min}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de bulárcamas:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 19,74 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 6,35 mm.

Según las reglas del A. B. S. para la varenga como elemento estructural de soporte tiene que tener una altura mínima de dos veces la altura de los refuerzos que soporta para poder ejecutar recortes para que pasen los refuerzos soportados.

Siendo los refuerzos longitudinales L 2"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>", entonces la altura mínima de la varenga será 101,6 mm (4").

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

TABLA 5.20. Perfiles para bulárcamas.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt 4"x1/4"	0,5	3820	16,44	No cumple.
2	Plt. 4"x3/8"	0,5	4142	23,55	Cumple.
3	Plt. 4"x1/2"	0,5	4465	30,09	Cumple.
4	Plt. 4"x3/4"	0,5	5110	41,67	Cumple.
5	Plt. 4"x1"	0,5	5756	51,60	Cumple.
6	L 4"x4"x1/4"	0,5	4425	82,41	Cumple.
7	L 4"x4"x5/16"	0,5	4723	100,25	Cumple.
8	L 4"x4"x3/8"	0,5	5019	117,17	Cumple.

9	L 4"x4"1/2"	0,5	5594	148,00	Cumple.
10	T (4"x1/4")x(2"x1/4")	0,5	4143	49,28	Cumple.
11	T (5"x1/4")x(2"x1/4")	0,5	4304	64,25	Cumple.
12	T (5"x1/4")x(3"x1/4")	0,5	4465	86,76	Cumple.
13	T (6"x1/4")x(2"x1/4")	0,5	4465	80,49	Cumple.
14	T (6"x1/4")x(3"x1/4")	0,5	4627	106,64	Cumple.
15	T (6"x1/4")x(4"x1/4")	0,5	4788	133,74	Cumple.

Entonces se elige como varenga el T (5"x1/4")x(2"x1/4"), por ser uno de los perfiles que cumplen con superar el  $MS_{\min}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de contralárcamas:

Este cálculo se realizará similar a lo anterior y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,7$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 13,82 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según las reglas del A. B. S. para la varenga como elemento estructural de soporte tiene que tener una altura mínima de dos veces la altura de los refuerzos que soporta para poder ejecutar recortes para que pasen los refuerzos soportados.

Siendo los refuerzos longitudinales  $L 2'' \times 2'' \times \frac{3}{16}''$ , entonces la altura mínima de la varenga será 101,6 mm (4'').

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

TABLA 5.21. Perfiles para contrabulárcamas.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt 4''x1/4''	0,5	3025	15,52	Cumple.
2	Plt. 4''x3/8''	0,5	3347	22,00	Cumple.
3	Plt. 4''x1/2''	0,5	3670	27,80	Cumple.
4	Plt. 4''x3/4''	0,5	4315	37,73	Cumple.
5	Plt. 4''x1''	0,5	4961	45,94	Cumple.
6	L 4''x4''x1/4''	0,5	3630	80,49	Cumple.
7	L 4''x4''x5/16''	0,5	3928	97,61	Cumple.
8	L 4''x4''x3/8''	0,5	4224	113,72	Cumple.
9	L 4''x4''x1/2''	0,5	4799	142,79	Cumple.
10	T (4''x1/4'')x(2''x1/4'')	0,5	3348	47,65	Cumple.
11	T (5''x1/4'')x(2''x1/4'')	0,5	3509	61,93	Cumple.
12	T (5''x1/4'')x(3''x1/4'')	0,5	3670	84,05	Cumple.
13	T (6''x1/4'')x(2''x1/4'')	0,5	3670	77,30	Cumple.
14	T (6''x1/4'')x(3''x1/4'')	0,5	3832	102,94	Cumple.
15	T (6''x1/4'')x(4''x1/4'')	0,5	3993	129,61	Cumple.

Entonces se elige como varenga el T (5''x1/4'')x(2''x1/4''), por ser uno de los perfiles que cumplen con superar el  $MS_{min}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de puntales en zona de carga, ordinaria y en lanzamientos:

Como según el plano de disposición general, casi toda la cubierta estará sometida a cargas, debido a la carga comercial, al peso de la superestructura, el peso y cargas dinámicas de los propulsores, entonces se considerará para fines prácticos que toda la cubierta estará sometida a la misma carga distribuida correspondiente a la zona de carga comercial.

Para determinar el puntal primero se determinará la carga que se someterá al puntal y luego se calcularán la carga que soportan diversos perfiles para elegir luego el puntal adecuado.

Según el A.B.S., la carga que se someterá al puntal está dada por la siguiente ecuación:

$$W = nbhs (t)$$

Siendo:

$n$  : Coeficiente adimensional de corrección

$b$  : Ancho promedio del área soportada, en m

$h$  : Distancia desde el fondo del casco en el centro del área soportada al lado inferior al costado de la plancha de cubierta, en m.

$s$  : Espaciamiento de puntales, en m.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$n = 1,07$$

$$b = 2 \text{ m}$$

$$h = 1,35 \text{ m}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$W = 1,07(2)(1,35)(1,5) \text{ t}$$

$$W = 4,33 \text{ t}$$

Según los la carga distribuida determinada anteriormente para la zona de carga comercial:

$$p = 2,1972 \text{ t/m}^2$$

Dado que el área soportada por el puntal es.

$$A_{soportada} = b \cdot s$$

$$A_{soportada} = 3 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$W_{carga\ distribuida} = A_{soportada} \cdot p$$

$$W_{carga\ distribuida} = 6,59 \text{ t}$$

Con el máximo valor hallado se buscará, empleando las reglas del A.B.S., que perfiles cumplen con poder soportar esta carga.

Según el A.B.S., la máxima carga admisible que podría soportar un puntal está dada por la siguiente ecuación:

$$W_a = [k - nl/r]A \text{ (t)}$$

Siendo:

$k, n$  : Coeficientes adimensionales.

$l$  : Espacio no soportado del puntal, en m.

$r$  : Radio de giro menor, en cm.

$A$  : Área de sección transversal del puntal, en  $\text{cm}^2$ .

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$k = 1,232$$

$$n = 0,00452$$

$$l = 103,25 \text{ cm}$$

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

ITE M	Perfil	$r$ (cm)	$A$ (cm <sup>2</sup> )	$W_a$ (t)	Observación
1	L 2"x2"3/16"	1,000	4,610	3,53	No cumple.
2	L 2"x2"x1/4"	0,993	6,048	4,61	No cumple.
3	L 2"x2"5/16"	0,990	7,428	5,65	No cumple.
4	L 2"x2"3/8"	0,989	8,766	6,66	Cumple.
5	H (2"x3/16")x(2"x3/16")	1,200	7,254	6,12	No cumple.
6	H (2"x1/4")x(2"x1/4")	1,202	9,677	8,17	Cumple.
7	Tubo Ø1" SCH-40	1,068	3,188	2,53	No cumple.
8	Tubo Ø1 1/4" SCH-40	1,372	4,321	3,85	No cumple.
9	Tubo Ø1 1/2" SCH-40	1,583	5,158	4,83	No cumple.
10	Tubo Ø2" SCH-40	1,999	6,927	6,92	Cumple.
11	Tubo Ø2 1/2" SCH-40	2,405	10,997	11,41	Cumple.

Entonces se elige como puntal el Tubo Ø2" SCH-40, ASTM A53, grado B, por ser uno de los perfiles que cumplen con superar la máxima carga  $W$  y por su bajo peso.

- Cálculo de cartelas:

Según el A.B.S. y la figura 10, la longitud del solape mínimo del brazo de la cartela no será menor que el obtenido por la siguiente ecuación:

$$x = 1,4y + 30,5 \text{ mm}$$

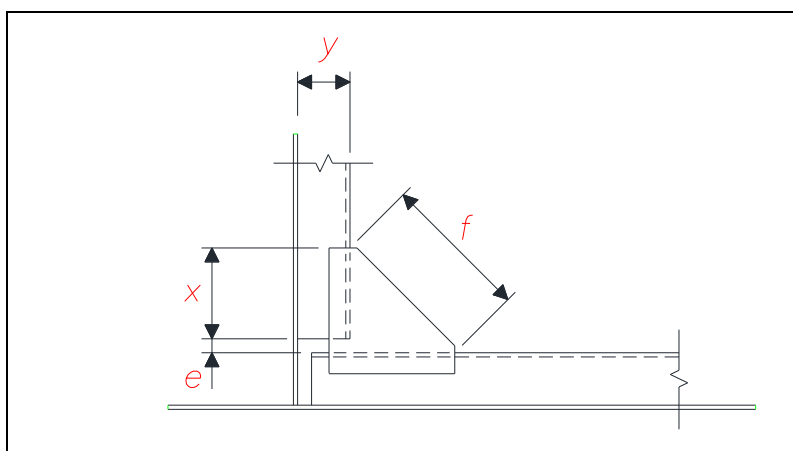


Figura 10. Longitud de solape mínimo "x", y borde libre "f" de una cartela.



Para todas las cartelas se considerarán  $e = 20$  mm.

A continuación se muestran en la siguiente tabla, los valores calculados para los perfiles seleccionados:

TABLA 5.23. Valores calculados para cartelas de 45° de estructura de casco.					
ITEM	Perfil asociado	$y$ (mm)	$x$ (mm)	$f$ (mm)	Observación
1	L 2"x2"x $\frac{3}{16}$ "	50,8	101,6	172	$f < 455$ mm
2	L 2"x2"x $\frac{1}{4}$ "	50,8	101,6	172	$f < 455$ mm
3	L 2½"x2½"x $\frac{1}{4}$ "	63,5	119,4	197,1	$f < 455$ mm
4	T (5"x $\frac{1}{4}$ ")x(2"x $\frac{1}{4}$ ")	133,4	217,2	335,4	$f < 455$ mm
5	T (6"x $\frac{1}{4}$ ")x(3"x $\frac{1}{4}$ ")	158,8	252,8	385,7	$f < 455$ mm

De acuerdo a la figura 10, para  $f = 455$  mm, el valor "x" tendría que ser igual a 301,7 mm.

Por lo tanto, según el A.B.S., se elegirán las cartelas de dimensiones adecuadas según la TABLA 5.23, sin ala, y de espesores iguales a 6,35 mm.

Pero haciendo que el valor de "x" no pase de 301,7 mm.

- Cálculo del módulo de sección actual del buque-viga:

De acuerdo a los cálculos previamente realizados, y al plano de cuadernas y mamparos, se determina que los elementos a ser considerados para estos cálculos son los que se muestran en la siguiente figura 11:

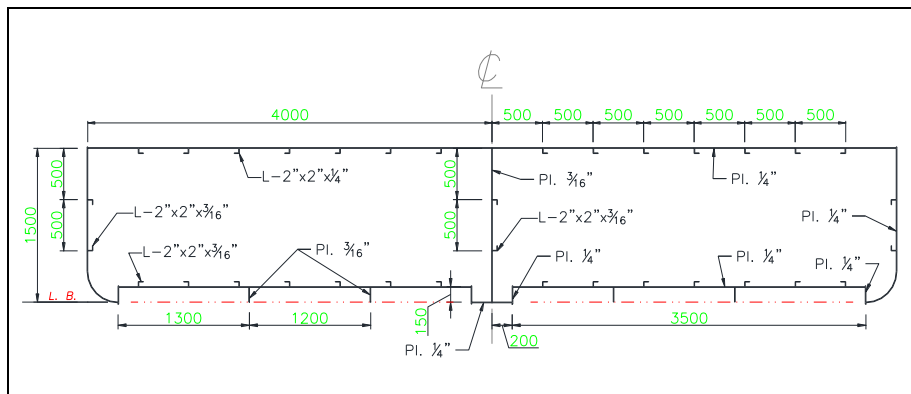


Figura 11. Sección transversal y elementos longitudinales.

Para este caso, según el gráfico, el mínimo módulo de sección es aquella calculada para el eje horizontal transversal que pasa por el centro de gravedad, ubicada a 800,4 mm sobre la Línea Base.

Siendo:

$I_y$  : Momento de inercia de área respecto al eje  $y$ .

$$I_y = 60,8224 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$d_{z \text{ máx}}$  : Distancia máxima en la dirección del eje  $z$  de la sección transversal del buque viga.

$$d_{z \text{ máx}} = 820,4 \text{ mm}$$

$MS_{bv}$  : Módulo de sección del buque viga.

$$MS_{bv} = \frac{I_y}{d_{z \text{ máx}}}$$

Entonces:

$$MS_{bv} = \frac{60,8224 \cdot 10^9}{820,4} \text{ mm}^3$$

$$MS_{bv} = 74,14 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$MS_{bv} = 7414 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}$$

Es valor obtenido cumple con ser mayor que el mínimo requerido.

### 5.2.7. Estructura de caseta.

- Cálculo del espesor de planchas de mamparos y cubiertas de caseta:

Según las reglas del A.B.S., para casetas de remolcadores, el espesor de planchas mínimo permisible es de 3,5 mm. Por lo tanto, para estas zonas se eligen planchas de acero estructural de 4,76 mm (3/16").

- Cálculo de refuerzos longitudinales primera cubierta de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de casco y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,7$$

$$h = 0,61 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m para sala de máquinas.}$$

$l = 2$  m para otras zonas.

Remplazando valores se obtienen:

$MS_{\text{mín}} = 3,75 \text{ cm}^3$  para sala de máquinas.

$MS_{\text{mín}} = 6,66 \text{ cm}^3$  para otras zonas.

$a_e = 0,5$  m

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según el A.B.S., el tamaño mínimo del alma del refuerzo será de 63,5 mm (ó 2,5”).

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ ( $\text{mm}^2$ )	MS ( $\text{cm}^3$ )	Observación
1	Plt. 2 $\frac{1}{2}$ ”x $\frac{3}{16}$ ”	0,5	2682	5,11	No cumple todo.
2	Plt. 2 $\frac{1}{2}$ ”x $\frac{1}{4}$ ”	0,5	2783	6,67	Cumple todo.
3	Plt. 2 $\frac{1}{2}$ ”x $\frac{3}{8}$ ”	0,5	2985	9,60	Cumple todo.
4	Plt. 3”x $\frac{1}{4}$ ”	0,5	2864	9,25	Cumple todo.
5	Plt. 3”x $\frac{3}{8}$ ”	0,5	3105	13,24	Cumple todo.
6	L 2 $\frac{1}{2}$ ”x2 $\frac{1}{2}$ ”x $\frac{3}{16}$ ”	0,5	2962	24,45	Cumple todo.
7	L 2 $\frac{1}{2}$ ”x2 $\frac{1}{2}$ ”x $\frac{1}{4}$ ”	0,5	3146	31,50	Cumple todo.
8	L 2 $\frac{1}{2}$ ”x2 $\frac{1}{2}$ ”x $\frac{5}{16}$ ”	0,5	3324	37,98	Cumple todo.
9	L 2 $\frac{1}{2}$ ”x2 $\frac{1}{2}$ ”x $\frac{3}{8}$ ”	0,5	3498	43,97	Cumple todo.
10	L 3”x3”x $\frac{1}{4}$ ”	0,5	3307	45,39	Cumple todo.
11	L 3”x3”x $\frac{5}{16}$ ”	0,5	3526	54,88	Cumple todo.
12	L 3”x3”x $\frac{3}{8}$ ”	0,5	3740	63,74	Cumple todo.

Entonces se elige como refuerzos longitudinales el perfiles de acero estructural: L 2 $\frac{1}{2}$ ”x2 $\frac{1}{2}$ ”x $\frac{3}{16}$ ”, por ser el más ligero de los perfiles que

cumplen con no ser menor que los  $MS_{\text{mín}}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de refuerzos longitudinales segunda y tercera cubierta de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de casco y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,7$$

$$h = 0,457 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 2 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 4,99 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según el A.B.S., el tamaño mínimo del alma del refuerzo será de 63,5 mm (ó 2,5”).

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>3/16</sup> ”	0,5	2682	5,11	Cumple.
2	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>1/4</sup> ”	0,5	2783	6,67	Cumple.
3	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>3/8</sup> ”	0,5	2985	9,60	Cumple.
4	Plt. 3”x <sup>1/4</sup> ”	0,5	2864	9,25	Cumple.
5	Plt. 3”x <sup>3/8</sup> ”	0,5	3105	13,24	Cumple.
6	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>3/16</sup> ”	0,5	2962	24,45	Cumple.
7	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>1/4</sup> ”	0,5	3146	31,50	Cumple.
8	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>5/16</sup> ”	0,5	3324	37,98	Cumple.
9	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>3/8</sup> ”	0,5	3498	43,97	Cumple.
10	L 3”x3”x <sup>1/4</sup> ”	0,5	3307	45,39	Cumple.
11	L 3”x3”x <sup>5/16</sup> ”	0,5	3526	54,88	Cumple.
12	L 3”x3”x <sup>3/8</sup> ”	0,5	3740	63,74	Cumple.

Entonces se eligen como refuerzos longitudinales el perfil de acero estructural: Plt. 2<sup>1/2</sup>”x<sup>1/4</sup>”; por ser uno de los más ligeros de los perfiles que cumplen con ser no menor que el  $MS_{mín}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de refuerzos verticales de los mamparos del primer nivel de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de mamparos y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,08$$

$$h = 0,61 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 14,8 \text{ cm}^3 \text{ para sala de máquinas.}$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según el A.B.S., el tamaño mínimo del alma del refuerzo será de 63,5 mm (ó 2,5”).

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.26. Perfiles para refuerzos verticales de los mamparos del primer nivel de caseta.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>3/16</sup> ”	0,5	2682	5,11	Cumple.
2	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>1/4</sup> ”	0,5	2783	6,67	Cumple.
3	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>3/8</sup> ”	0,5	2985	9,60	Cumple.
4	Plt. 3”x <sup>1/4</sup> ”	0,5	2864	9,25	Cumple.
5	Plt. 3”x <sup>3/8</sup> ”	0,5	3105	13,24	Cumple.
6	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>3/16</sup> ”	0,5	2962	24,45	Cumple.
7	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>1/4</sup> ”	0,5	3146	31,50	Cumple.
8	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>5/16</sup> ”	0,5	3324	37,98	Cumple.
9	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x <sup>3/8</sup> ”	0,5	3498	43,97	Cumple.
10	L 3”x3”x <sup>1/4</sup> ”	0,5	3307	45,39	Cumple.
11	L 3”x3”x <sup>5/16</sup> ”	0,5	3526	54,88	Cumple.
12	L 3”x3”x <sup>3/8</sup> ”	0,5	3740	63,74	Cumple.

Entonces se elige como refuerzos verticales el perfiles de acero estructural: L 2<sup>1/2</sup>”x2<sup>1/2</sup>”x<sup>3/16</sup>”, por ser los más ligeros de los perfiles que cumplen con no ser menor que el MS<sub>mín</sub>.

- Cálculo de refuerzos verticales de los mamparos del segundo y tercer nivel de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de mamparos y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,08$$

$$h = 0,457 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 2,2 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 9,32 \text{ cm}^3 \text{ para sala de máquinas.}$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según el A.B.S., el tamaño mínimo del alma del refuerzo será de 63,5 mm (ó 2,5”).

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:



ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x3 <sup>3/16</sup> ”	0,5	2682	5,11	Cumple.
2	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x1 <sup>1/4</sup> ”	0,5	2783	6,67	Cumple.
3	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x3 <sup>3/8</sup> ”	0,5	2985	9,60	Cumple.
4	Plt. 3”x1 <sup>1/4</sup> ”	0,5	2864	9,25	Cumple.
5	Plt. 3”x3 <sup>3/8</sup> ”	0,5	3105	13,24	Cumple.
6	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x3 <sup>3/16</sup> ”	0,5	2962	24,45	Cumple.
7	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x1 <sup>1/4</sup> ”	0,5	3146	31,50	Cumple.
8	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x5 <sup>3/16</sup> ”	0,5	3324	37,98	Cumple.
9	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x3 <sup>3/8</sup> ”	0,5	3498	43,97	Cumple.
10	L 3”x3”x1 <sup>1/4</sup> ”	0,5	3307	45,39	Cumple.
11	L 3”x3”x5 <sup>3/16</sup> ”	0,5	3526	54,88	Cumple.
12	L 3”x3”x3 <sup>3/8</sup> ”	0,5	3740	63,74	Cumple.

Entonces se elige como refuerzos verticales el perfiles de acero estructural: L 2<sup>1/2</sup>”x2<sup>1/2</sup>”x3<sup>3/16</sup>”, por ser los más ligeros de los perfiles que cumplen con no ser menor que el MS<sub>mín.</sub>

- Cálculo de refuerzos horizontales del primer nivel de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de mamparos y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,08$$

$$h = 0,61 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 5,78 \text{ cm}^3 \text{ para sala de máquinas.}$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según el A.B.S., el tamaño mínimo del alma del refuerzo será de 63,5 mm (ó 2,5”).

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.28. Perfiles para refuerzos horizontales del primer nivel de caseta.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> ”	0,5	2682	5,11	No cumple.
2	Plt. 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ”	0,5	2783	6,67	Cumple.
3	Plt. 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ”	0,5	2985	9,60	Cumple.
4	Plt. 3”x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ”	0,5	2864	9,25	Cumple.
5	Plt. 3”x <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ”	0,5	3105	13,24	Cumple.
6	L 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x <sup>3</sup> / <sub>16</sub> ”	0,5	2962	24,45	Cumple.
7	L 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ”	0,5	3146	31,50	Cumple.
8	L 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x <sup>5</sup> / <sub>16</sub> ”	0,5	3324	37,98	Cumple.
9	L 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”x <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ”	0,5	3498	43,97	Cumple.
10	L 3”x3”x <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ”	0,5	3307	45,39	Cumple.
11	L 3”x3”x <sup>5</sup> / <sub>16</sub> ”	0,5	3526	54,88	Cumple.
12	L 3”x3”x <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ”	0,5	3740	63,74	Cumple.

Entonces se elige como refuerzos verticales el perfiles de acero estructural:

Plt. 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>”x<sup>1</sup>/<sub>4</sub>”, por ser el más ligeros de los perfiles que cumplen con no ser menor que el  $MS_{\min}$ .

- Cálculo de refuerzos horizontales de los mamparos del segundo y tercer nivel de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de mamparos y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1,08$$

$$h = 0,457 \text{ m}$$

$$s = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 2 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 7,7 \text{ cm}^3 \text{ para sala de máquinas.}$$

$$a_e = 0,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según el A.B.S., el tamaño mínimo del alma del refuerzo será de 63,5 mm (ó 2,5”).

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles comerciales en la siguiente tabla:

TABLA 5.29. Perfiles para refuerzos horizontales de los mamparos del segundo y tercer nivel de caseta.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x3 <sup>3/16</sup> ”	0,5	2682	5,11	Cumple.
2	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x1 <sup>1/4</sup> ”	0,5	2783	6,67	Cumple.
3	Plt. 2 <sup>1/2</sup> ”x3 <sup>3/8</sup> ”	0,5	2985	9,60	Cumple.
4	Plt. 3”x1 <sup>1/4</sup> ”	0,5	2864	9,25	Cumple.
5	Plt. 3”x3 <sup>3/8</sup> ”	0,5	3105	13,24	Cumple.
6	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x3 <sup>3/16</sup> ”	0,5	2962	24,45	Cumple.
7	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x1 <sup>1/4</sup> ”	0,5	3146	31,50	Cumple.
8	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x5 <sup>5/16</sup> ”	0,5	3324	37,98	Cumple.
9	L 2 <sup>1/2</sup> ”x2 <sup>1/2</sup> ”x3 <sup>3/8</sup> ”	0,5	3498	43,97	Cumple.
10	L 3”x3”x1 <sup>1/4</sup> ”	0,5	3307	45,39	Cumple.
11	L 3”x3”x5 <sup>5/16</sup> ”	0,5	3526	54,88	Cumple.
12	L 3”x3”x3 <sup>3/8</sup> ”	0,5	3740	63,74	Cumple.

Entonces se elige como refuerzos verticales el perfiles de acero estructural: L 2<sup>1/2</sup>”x2<sup>1/2</sup>”x3<sup>3/16</sup>”, por ser uno de los perfiles que cumplen con no ser menor que el MS<sub>mín</sub> y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de refuerzos transversales de soporte de mamparos del primer nivel de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de mamparos y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 0,61 \text{ m}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\min} = 41,11 \text{ cm}^3 \text{ para sala de máquinas.}$$

$$a_e = 0,3 \text{ m , correspondiente al mínimo espacio entre ventanas.}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según las reglas del A. B. S. para la varenga como elemento estructural de soporte tiene que tener una altura mínima de dos veces la altura de los refuerzos que soporta para poder ejecutar recortes para que pasen los refuerzos soportados.

Siendo los refuerzos longitudinales Plt.  $2\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{4}''$ , entonces la altura mínima de la varenga será 127 mm (5'').

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

TABLA 5.30. Perfiles para refuerzos transversales de soporte de mamparos del primer nivel de caseta.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	T (5''x1/4'')x(2''x1/4'')	0,3	2557	58,21	Cumple.
2	T (5''x1/4'')x(3''x1/4'')	0,3	2718	79,68	Cumple.
3	T (5''x1/4'')x(3''x3/8'')	0,3	2960	108,40	Cumple.
4	T (6''x1/4'')x(2''x1/4'')	0,3	2718	71,83	Cumple.
5	T (6''x1/4'')x(3''x1/4'')	0,3	2880	96,55	Cumple.
6	T (6''x1/4'')x(4''x1/4'')	0,3	3041	122,50	Cumple.
7	T (6''x1/4'')x(3''x3/8'')	0,3	3121	129,74	Cumple.
8	T (6''x1/4'')x(4''x3/8'')	0,3	3363	167,39	Cumple.

Entonces se elige como varenga el T (6''x1/4'')x(3''x1/4''), por ser uno de los perfiles que cumplen con no ser menor que el  $MS_{\min}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de refuerzos transversales de soporte de mamparos del segundo y tercer nivel de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de mamparos y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 1$$

$$h = 0,457 \text{ m}$$

$$s = 2 \text{ m}$$

$$l = 2,2 \text{ m}$$

Reemplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 34,51 \text{ cm}^3 \text{ para sala de máquinas.}$$

$$a_e = 0,2 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según las reglas del A. B. S. para la varenga como elemento estructural de soporte tiene que tener una altura mínima de dos veces la altura de los refuerzos que soporta para poder ejecutar recortes para que pasen los refuerzos soportados.

Siendo los refuerzos longitudinales  $L\ 2\frac{1}{2}''\times 2\frac{1}{2}''\times \frac{3}{16}''$ , entonces la altura mínima de la varenga será 127 mm (5").

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

TABLA 5.31. Perfiles para refuerzos transversales de soporte de mamparos del segundo y tercer nivel de caseta.					
ITEM	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	T (5''x1/4'')x(2''x1/4'')	0,2	2081	54,42	Cumple.
2	T (5''x1/4'')x(3''x1/4'')	0,2	2242	75,23	Cumple.
3	T (5''x1/4'')x(3''x3/8'')	0,2	2484	102,38	Cumple.
4	T (6''x1/4'')x(2''x1/4'')	0,2	2242	66,42	Cumple.
5	T (6''x1/4'')x(3''x1/4'')	0,2	2404	90,24	Cumple.
6	T (6''x1/4'')x(4''x1/4'')	0,2	2565	115,47	Cumple.
7	T (6''x1/4'')x(3''x3/8'')	0,2	2645	121,50	Cumple.
8	T (6''x1/4'')x(4''x3/8'')	0,2	2887	157,81	Cumple.

Entonces se elige como varenga el T (5''x $\frac{1}{4}$ '')x(3''x $\frac{1}{4}$ ''), por ser uno de los perfiles que cumplen con no ser menor que el  $MS_{mín}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de bao de soporte de primera cubierta de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de mamparos y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,7$$

$$h = 0,61\text{ m}$$

$$s = 1,5\text{ m}$$

$$l = 5,6 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 156,67 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 1,5 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según las reglas del A. B. S. para la varenga como elemento estructural de soporte tiene que tener una altura mínima de dos veces la altura de los refuerzos que soporta para poder ejecutar recortes para que pasen los refuerzos soportados.

Siendo los refuerzos longitudinales L  $2\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{16}''$ , entonces la altura mínima de la varenga será 127 mm (5'').

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

TABLA 5.32. Perfiles para bao de soporte de primera cubierta de caseta.					
IT.	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{\text{sec.tot.}}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	T (5''x1/4'')x(2''x1/4'')	1,5	8269	66,53	No cumple.
2	T (5''x1/4'')x(3''x1/4'')	1,5	8430	89,46	No cumple.
3	T (5''x1/4'')x(3''x3/8'')	1,5	8672	121,81	No cumple.
4	T (6''x1/4'')x(2''x1/4'')	1,5	8430	84,25	No cumple.
5	T (6''x1/4'')x(3''x1/4'')	1,5	8592	111,05	No cumple.
6	T (6''x1/4'')x(4''x1/4'')	1,5	8753	138,66	No cumple.
7	T (6''x1/4'')x(3''x3/8'')	1,5	8833	148,87	No cumple.
8	T (6''x1/4'')x(4''x3/8'')	1,5	9075	189,69	Cumple.



Entonces se elige como varenga el T (6"x<sup>1/4</sup>")x(4"x<sup>3/8</sup>"), por ser un perfil que cumple con no ser menor que el  $MS_{\text{mín}}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de bao de soporte de segunda y tercera cubierta de caseta:

Este cálculo se realizará similar a los anteriores refuerzos de mamparos y empleando las mismas ecuaciones.

Para este caso los coeficientes y variables tienen los siguientes valores:

$$c = 0,7$$

$$h = 0,457 \text{ m}$$

$$s = 2 \text{ m}$$

$$l = 2,5 \text{ m}$$

Remplazando valores se obtienen:

$$MS_{\text{mín}} = 31,19 \text{ cm}^3$$

$$a_e = 0,833 \text{ m}$$

El espesor de plancha asociada en este caso es de 4,76 mm.

Según las reglas del A. B. S. para la varenga como elemento estructural de soporte tiene que tener una altura mínima de dos veces la altura de los

refuerzos que soporta para poder ejecutar recortes para que pasen los refuerzos soportados.

Siendo los refuerzos longitudinales Plt.  $2^{1/2} \times 1/4$ ", entonces la altura mínima de la varenga será 127 mm (5").

A continuación se muestran los valores calculados para diversos perfiles en la siguiente tabla:

IT.	Perfil	$a_e$ (m)	$A_{sec.tot.}$ (mm <sup>2</sup> )	MS (cm <sup>3</sup> )	Observación
1	T (5"x1/4")x(2"x1/4")	0,833	5096	64,56	Cumple.
2	T (5"x1/4")x(3"x1/4")	0,833	5257	87,14	Cumple.
3	T (5"x1/4")x(3"x3/8")	0,833	5499	118,62	Cumple.
4	T (6"x1/4")x(2"x1/4")	0,833	5257	81,25	Cumple.
5	T (6"x1/4")x(3"x1/4")	0,833	5418	107,55	Cumple.
6	T (6"x1/4")x(4"x1/4")	0,833	5580	134,75	Cumple.
7	T (6"x1/4")x(3"x3/8")	0,833	5660	144,23	Cumple.
8	T (6"x1/4")x(4"x3/8")	0,833	5902	184,27	Cumple.

Entonces se elige como varenga el T (5"x1/4")x(2"x1/4"), por ser un perfil que cumple con no ser menor que el  $MS_{min}$  y para asegurar la estabilidad estructural.

- Cálculo de cartelas:

Este cálculo se realiza de manera similar que en las estructuras de casco y empleando las mismas ecuaciones.

Para todas las cartelas se considerarán  $e = 20$  mm.

A continuación se muestran en la siguiente tabla, los valores calculados para los perfiles seleccionados:

TABLA 5.34. Valores calculados para cartelas de 45° de estructura de caseta.					
IT.	Perfil asociado	y (mm)	x (mm)	f (mm)	Observación
1	Plt. 2"x1/4"	50,8	101,6	172,0	$f < 455$ mm
2	L 2"x2"x3/16"	50,8	101,6	172,0	$f < 455$ mm
3	T (5"x1/4")x(2"x1/4")	133,4	217,2	335,4	$f < 455$ mm
4	T (5"x1/4")x(3"x1/4")	133,4	217,2	335,4	$f < 455$ mm
5	T (6"x1/4")x(3"x1/4")	158,8	252,8	385,7	$f < 455$ mm
6	T (6"x1/4")x(3"x3/8")	161,9	257,2	392,0	$f < 455$ mm

De acuerdo a la figura 10, para  $f = 455$  mm, el valor "x" tendría que ser igual a 301,7 mm.

Por lo tanto, según el A.B.S., se elegirán las cartelas de dimensiones adecuadas según la TABLA 5.34, sin ala, y de espesores iguales a 6,35 mm. Pero haciendo que el valor de "x" no pase de 301,7 mm.

### 5.2.8. Sistema de propulsión.

Este sistema está conformado por los turbo propulsores aéreos y motores con las características previamente seleccionadas. Su tobera será construida de acero estructural ASTM A36, con planchas de 1/8" y 1/16". La tobera y los propulsores serán soportados por pedestales tubulares de acero estructural A36, adecuadamente dimensionados.

Los turbo propulsores aéreos de dirección variable estarán provistos adicionalmente de una base giratoria construido también de acero estructural ASTM A36. Poseerá un eje de pivote adecuadamente dimensionada para soportar los esfuerzos mecánicos.

### **5.2.9. Sistema de gobierno.**

Este sistema está conformado por equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos para poder controlar el arranque y apagado de los motores que accionan a los turbo propulsores, así como también sus velocidades de giro. En el caso de los turbo propulsores aéreos de orientación variable, el equipamiento de gobierno contará con:

- Microrruptores, para el control de los ángulos máximos de pivote turbo propulsores aéreos
- Sistema de engranajes, para poder cambiar dirección de los turbo propulsores.
- Motorreductores, para accionar el sistema de engranajes y poder cambiar la dirección de los turbo propulsores a una velocidad moderada que no ponga en riesgo la estabilidad estructural del sistema de propulsión.

En general el sistema de gobierno permitirá que todos los turbo propulsores podrán ser empleados de manera alternativa.

Como en el empleo de:

- Un turbo propulsor se consume 74,6kW (33,2%225kW).
- Dos turbos propulsores se consume 149,2kW (66.4%225kW).
- Tres turbos propulsores se consume 223,8kW (99,6%225kW).
- Dos turbos propulsores se consume 298,4kW (132,8%225kW).

Entonces sólo se podrán emplear como máximo dos (02) turbo propulsores de manera continua para no sobrecargar el grupo electrógeno y manteniendo el margen de reserva recomendado por los fabricantes.

### **5.2.10. Sistema de achique y lastrado.**

Según el ABS, lo mínimo requerido de una bomba de este sistema para un buque de más de 20 m de eslora es que esta pueda bombear  $11 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Considerando el caso más crítico, que corresponde al achique de los tanques de lastre de proa, cuando el nivel del agua de lastre esté a 5 cm de altura y con el calado correspondiente a su máxima carga. Entonces se tendrá en consideración los siguientes valores:

$$Q = 11 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{rs} = 0,5 \text{ m}$$

$$H_{rd} = 0,7 \text{ m}$$

$$H_{fs} = 0,4 \text{ m}$$

$$H_{fd} = 0,1 \text{ m}$$

$$\eta_b = 0,6$$

Siendo:

$Q$  : Caudal del flujo de agua durante el achique.

$H_{rs}$  : Altura relativa de la superficie libre líquido en la zona de succión.

$H_{rd}$  : Altura relativa de la superficie libre líquido en la zona de descarga.

$H_{fs}$  : Pérdida de altura dinámica por fricción del sistema en la zona de succión.

$H_{fd}$  : Pérdida de altura dinámica por fricción del sistema en la zona de descarga.

$\eta_b$  : Eficiencia de la bomba.

$P_b$  : Potencia de la bomba en hp.

$$P_b = \frac{Q_{(l/s)} \cdot H_{dt(m)}}{76 \cdot \eta_b}$$

$H_{dt}$ : Altura de columna de agua, correspondiente a la caída de presión desde el nivel del agua en el tanque de lastre y a un punto situado a la altura de la línea de máxima carga.

$$H_{dt} = H_{rd} - H_{rs} + H_{fs} + H_{fd}$$

Entonces reemplazando valores se obtienen:

$$H_{dt} = 1,15 \text{ m}$$

$$Q_{(l/s)} = 3,06 \text{ l/s}$$

$$P_b = 0,077 \text{ HP}$$

De los catálogos de productos de la Empresa HIDROSTAL S.A. se selecciona la electrobomba trifásica de la serie B, modelo B1.1/2x2-0.8M, potencia 0,8 hp, 3600RPM a 60 Hz y 20kg-f de peso.

### 5.2.11. Sistema contraincendios.

Según el ABS, lo mínimo requerido de una bomba de este sistema para un buque de más de 20 m de eslora es que esta pueda bombear  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  y capaz de producir en una boquilla de salida un chorro de agua de 12 m de distancia horizontal.

Considerando el caso más crítico, que corresponde al bombeo de agua desde la toma de fondo hasta una boquilla de manguera ubicada en el tercer nivel de caseta.

Para que el chorro de agua pueda alcanzar por lo menos los 12 m de distancia horizontal se debe cumplir, según la figura 12, lo siguiente:

- El ángulo de salida del chorro de agua debe ser de  $45^\circ$ .
- $V = \sqrt{9,8 \cdot 12} \text{ m/s}$

Entonces la velocidad de salida del chorro será:  $V = 10,8444 \text{ m/s}$ .

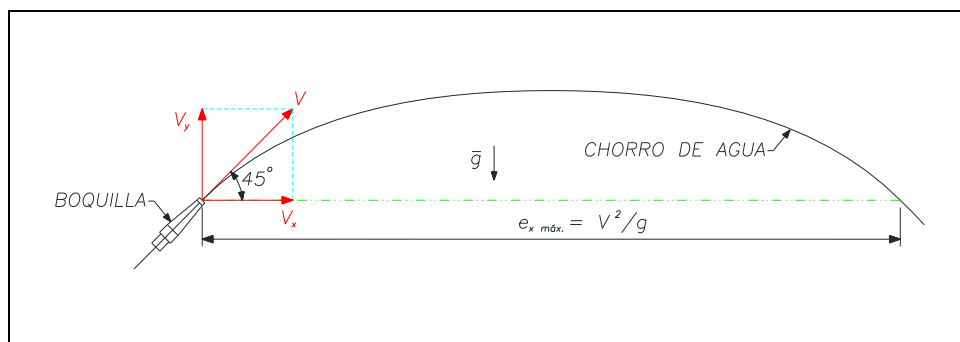


FIGURA 12. Características del alcance horizontal máximo del chorro de agua.

Para una boquilla con diámetro de salida "D" igual a 19 mm, su caudal será:

$$Q_b = V \cdot \left( \pi \cdot \frac{D^2}{4} \right)$$

Reemplazando valores se obtiene:  $Q_b = 3,0747 \text{ l/s} = 11,07 \text{ m}^3/\text{h}$

Considerando además lo siguiente:

$$H_{rs} = 0,5 \text{ m}$$

$$H_{rd} = 7 \text{ m}$$

$$H_{fs} = 0,1 \text{ m}$$

$$H_{fd} = 9,5 \text{ m}$$

$$\eta_b = 0,6$$

Siendo:

$Q$  : Caudal del flujo de agua durante el achique.

$H_{rs}$  : Altura relativa de la superficie libre líquido en la zona de succión.

$H_{rd}$  : Altura relativa de la superficie libre líquido en la zona de descarga.

$H_{fs}$  : Pérdida de altura dinámica por fricción del sistema en la zona de succión.

$H_{fd}$  : Pérdida de altura dinámica por fricción del sistema en la zona de descarga.

$\eta_b$  : Eficiencia de la bomba.

$P_b$  : Potencia de la bomba en hp.

$$P_b = \frac{Q_{(l/s)} \cdot H_{dt(m)}}{76 \cdot \eta_b}$$



$H_{dt}$ : Altura de columna de agua, correspondiente a la caída de presión desde el nivel del agua en el tanque de lastre y a un punto situado a la altura de la línea de máxima carga.

$$H_{dt} = H_{rd} - H_{rs} + H_{fs} + H_{fd} + \frac{V_b^2}{2 \cdot g}$$

$V_b$  : Velocidad en la boquilla.

Entonces reemplazando valores se obtienen:

$$H_{dt} = 22,09 \text{ m}$$

$$Q_{(l/s)} = 3,0747 \text{ l/s}$$

$$P_b = 1,4 \text{ hp}$$

De los catálogos de productos de la Empresa HIDROSTAL S.A. se selecciona la electrobomba trifásica de la serie B, modelo B1.1/2x2-3.4M, potencia 3,4 hp, 3600RPM a 60 Hz y 28,1 kg-f de peso.

Además según el ABS, las bombas de sistema de achique y lastrado también deben poder producir los 12 m de chorro de agua en la salida de una boquilla cualquiera del sistema contraincendios. Por este motivo, teniendo en cuenta los valores determinados en este apartado, se procede a cambiar la selección de las bombas del sistema de achique y lastrado, a la bomba de la marca HIDROSTAL, de la serie B, modelo B1.1/2x2-1.9M, potencia 1,9 hp, 3600RPM a 60 Hz y 24,6 kg-f de peso.

### **5.2.12. Sistema de agua dulce y sanitario.**

Como el tiempo total aproximado para un viaje completo, de ida y vuelta, entre Iquitos y Pucallpa es 153,3 h, entonces la capacidad de los tanques se realizará teniendo en cuenta los siguientes valores:

- $T_{total} = 7$  días.
- $n_t = 7$
- $v_{ct/d} = 20$  l

Siendo:

$T_{total}$  : tiempo total de viaje.

$n_t$  : Número de tripulantes.

$v_{dct}$  : Volumen diario consumido de agua dulce por tripulante.

$v_t$  : Volumen total consumido por todos los tripulante en todo el viaje.

$$v_t = T_{total} \cdot n_t \cdot v_{ct/d}$$

Calculando se obtiene:  $v_t = 980$  litros

De catálogos de productos de la Empresa ETERNIT se elige para el sistema de agua dulce el tanque de poliuretano para agua dulce, de 1,1 m<sup>3</sup> capacidad volumétrica, de 21,19 kg de peso.

Para compensar la asimetría de pesos de los tanques, se seleccionará para el sistema sanitario otro tanque de iguales características que la del sistema de agua dulce.

Para el bombeo de agua sedimentada de río, del sistema sanitario, se empleará una electrobomba capaz de llenar el tanque seleccionado en un tiempo máximo de 10 minutos.

Entonces para la determinación aproximada de la potencia de la bomba a emplear en el sistema sanitario, se considerarán los siguientes valores:

$$Q = 1,1 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$H_{rs} = 0,7 \text{ m}$$

$$H_{rd} = 7,5 \text{ m}$$

$$H_{fs} = 0,5 \text{ m}$$

$$H_{fd} = 1,1 \text{ m}$$

$$\eta_b = 0,6$$

Siendo:

$Q$  : Caudal del flujo de agua durante el bombeo.

$H_{rs}$  : Altura relativa de la superficie libre líquido en la zona de succión.

$H_{rd}$  : Altura relativa del punto de descarga.

$H_{fs}$  : Pérdida de altura dinámica por fricción del sistema en la zona de succión.

$H_{fd}$  : Pérdida de altura dinámica por fricción del sistema en la zona de descarga.

$\eta_b$  : Eficiencia de la bomba.

$P_b$  : Potencia de la bomba en hp.

$$P_b = \frac{Q_{(l/s)} \cdot H_{dt(m)}}{76 \cdot \eta_b}$$

$H_{dt}$ : Altura de columna de agua, correspondiente a la caída de presión desde el nivel del agua en el tanque de sedimentación de agua dulce, hasta el punto el punto de descarga en tanque alto de agua de sedimentación.

$$H_{dt} = H_{rd} - H_{rs} + H_{fs} + H_{fd} + \frac{V_d^2}{2 \cdot g}$$

$V_d$  : Velocidad de descarga en el tanque desde una tubería de Ø1" schd-40.

Entonces reemplazando valores se obtienen:

$$V_d = 3,29 \text{ m/s}$$

$$H_{dt} = 8,95 \text{ m}$$

$$Q_{(l/s)} = 1,8333 \text{ l/s}$$

$$P_b = 0,36 \text{ hp}$$

De los catálogos de productos de la Empresa HIDROSTAL S.A. se selecciona la electrobomba de la serie A, modelo A1E-0.6M, potencia 0,6 hp, 3600RPM a 60 Hz y 14,8 kg-f de peso.

### **5.2.13. Peso de la nave.**

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, se obtienen una lista de pesos, con sus respectivas coordenadas de centro de gravedad, de diferentes elementos que componen la nave, con el cual se determina el peso total de la nave con su respectivo centro de gravedad. Esta lista de pesos se encuentra en el anexo del presente trabajo.

Los resultados obtenidos fueron los valores indicados en la TABLA 5.35:

TABLA 5.35. Lista de pesos de la nave en diferentes condiciones.					
CASOS	DESCRIPCIÓN	Peso (kN)	X <sub>G</sub> (m)	Y <sub>G</sub> (m)	Z <sub>G</sub> (m)
1.1	Nave en rosca.	814,513	-2,453	0,000	1,705
1.2	Nave no operativa con tripulantes con efectos personales y carga en pañol.	822,263	-2,489	-0,004	1,727
1.3	Nave no operativa con 100% de consumibles, sin carga y sin lastre.	957,472	-2,636	-0,009	1,721
2.1.1	Nave operativa con 100% de consumibles y sin carga.	1178,334	0,203	0,000	1,511
2.1.2	Nave operativa con 25% de consumibles y sin carga.	1080,825	0,211	0,000	1,536
2.2.1	Nave operativa con 100% de consumibles y con 32,5 t de carga.	1276,297	0,191	0,000	2,028
2.2.2	Nave operativa con 25% de consumibles y con 32,5 t de carga.	1211,337	0,197	0,000	2,053
2.3.1	Nave operativa con 100% de consumibles y con 65 t de carga.	1595,122	0,146	0,000	2,212
2.3.2	Nave operativa con 25% de consumibles y con 65 t de carga.	1528,926	0,160	0,000	2,242
2.4.1	Nave operativa con 100% de consumibles y con 91,44 t de carga.	1854,498	0,103	0,000	2,316
2.4.2	Nave operativa con 25% de consumibles y con 91,44 t de carga.	1788,208	0,114	0,000	2,344

#### **5.2.14. Cálculo de velocidad y potencia.**

Del plano de curvas hidrostáticas, plano de líneas de forma y de los resultados indicados en el APÉNDICE 3, se emplearán estos valores para el cálculo de velocidad y potencia de la nave para los casos operativos.

Para el caso 2.1.1, se emplean los siguientes resultados:

$$L_f = 32,622 \text{ m}$$

$$S = 95,3 \text{ m}^2$$

$$\nabla = 120,116 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Según la referencia [2] para el cálculo de la resistencia al avance se puede considerar despreciable el efecto del viento, empleando solamente los cálculos de la resistencia por fricción y residual, entre el casco y el agua, como se muestra en los siguientes cálculos para diferentes velocidades:

- Para  $V = 0,5 \text{ m/s}$ :

$$\text{Número de Reynolds: } R_n = V \cdot L_f \cdot 770000$$

$$R_n = 12559470$$

De gráfico de curvas de [2] para determinar el coeficiente de fricción:

$$C_f = 0,00325$$

$$\text{Resistencia por fricción: } R_f = C_f \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot S$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$R_f = 0,00325 \cdot \frac{1000}{2} \cdot (0,5)^2 \cdot 95,3 \text{ N}$$

$$R_f = 0,03872 \text{ kN}$$

Grado de velocidad:  $R = 0,31515$

$$\text{Resistencia residual: } R_r = C_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot \frac{V}{L_f}$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$R_r = 0,006 \cdot \frac{1000}{2} \cdot (0,5)^2 \cdot \frac{120,116}{32,622} \text{ N}$$

$$R_r = 0,002762 \text{ kN}$$

Siendo la resistencia total:  $R_T = R_f + R_r$

$$\therefore R_T = 0,04148 \text{ kN}$$

- Para  $V = 1 \text{ m/s}$ :

$$\text{Número de Reynolds: } R_n = V \cdot L_f \cdot 770000$$

$$R_n = 25119840$$

De gráfico de curvas de [2] para determinar el coeficiente de fricción:

$$C_f = 0,0031$$

$$\text{Resistencia por fricción: } R_f = C_f \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot S$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$R_f = 0,0031 \cdot \frac{1000}{2} \cdot (1)^2 \cdot 95,3 \text{ N}$$

$$R_f = 0,14771 \text{ kN}$$

Grado de velocidad:  $R = 0,6303$

$$\text{Resistencia residual: } R_r = C_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot \frac{V}{L_f}$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$R_r = 0,008 \cdot \frac{1000}{2} \cdot (1)^2 \cdot \frac{120,116}{32,622} \text{ N}$$

$$R_r = 0,01473 \text{ kN}$$

Siendo la resistencia total:  $R_T = R_f + R_r$

$$\therefore R_T = 0,16244 \text{ kN}$$

De manera similar se obtienen valores de las resistencias para otras velocidades y para los otros casos, los cual se muestran en las siguientes tablas. En la TABLA 5.36 se incluye los valores ya obtenidos.

TABLA 5.36. Valores de resistencia al avance vs. velocidad para el caso 2.1.1.					
$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)
0,5	0,04148	2,5	1,05385	4,5	5,0636
1,0	0,16244	3,0	1,69493	5,0	7,36627
1,5	0,36891	3,5	2,50333	5,5	10,29105
2,0	0,67143	4,0	3,67339	6,0	14,54974



TABLA 5.37. Valores de resistencia al avance vs. velocidad para el caso 2.1.2.

$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)
0,5	0,03956	2,5	0,99849	4,5	4,74628
1,0	0,15479	3,0	1,6007	5,0	6,88662
1,5	0,3507	3,5	2,35883	5,5	9,60306
2,0	0,63688	4,0	3,45197	6,0	13,55138

TABLA 5.38. Valores de resistencia al avance vs. velocidad para el caso 2.2.1.

$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)
0,5	0,0434	2,5	1,10944	4,5	5,38333
1,0	0,17011	3,0	1,78966	5,0	7,84986
1,5	0,38717	3,5	2,64871	5,5	10,985
2,0	0,70611	4,0	3,89631	6,0	15,55719

TABLA 5.39. Valores de resistencia al avance vs. velocidad para el caso 2.2.2.

$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)
0,5	0,04212	2,5	1,07281	4,5	5,17478
1,0	0,16502	3,0	1,72746	5,0	7,53504
1,5	0,37509	3,5	2,55346	5,5	10,53383
2,0	0,68323	4,0	3,75061	6,0	14,90302

TABLA 5.40. Valores de resistencia al avance vs. velocidad para el caso 2.3.1.

$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)
0,5	0,04964	2,5	1,29094	4,5	6,4347
1,0	0,19502	3,0	2,09972	5,0	9,44224
1,5	0,44663	3,5	3,12528	5,5	13,27211
2,0	0,81924	4,0	4,62834	6,0	18,88037

TABLA 5.41. Valores de resistencia al avance vs. velocidad para el caso 2.3.2.

$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)
0,5	0,04836	2,5	1,25354	4,5	6,21783
1,0	0,18989	3,0	2,03580	5,0	9,11373
1,5	0,43438	3,5	3,02701	5,5	12,80023
2,0	0,79593	4,0	4,47737	6,0	18,19465

TABLA 5.42. Valores de resistencia al avance vs. velocidad para el caso 2.4.1.

$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)
0,5	0,05489	2,5	1,44161	4,5	7,29396
1,0	0,21593	3,0	2,35574	5,0	10,73975
1,5	0,49630	3,5	3,51746	5,5	15,13197
2,0	0,91334	4,0	5,22852	6,0	21,57754

TABLA 5.43. Valores de resistencia al avance vs. velocidad para el caso 2.4.2.

$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)	$V$ (m/s)	$R_T$ (kN)
0,5	0,05357	2,5	1,40348	4,5	7,07586
1,0	0,21065	3,0	2,29089	5,0	10,41023
1,5	0,48375	3,5	3,41805	5,5	14,65945
2,0	0,88954	4,0	5,07628	6,0	20,89203

Estos resultados se pueden resumir en un solo gráfico, como se muestra en la

Figura 13.

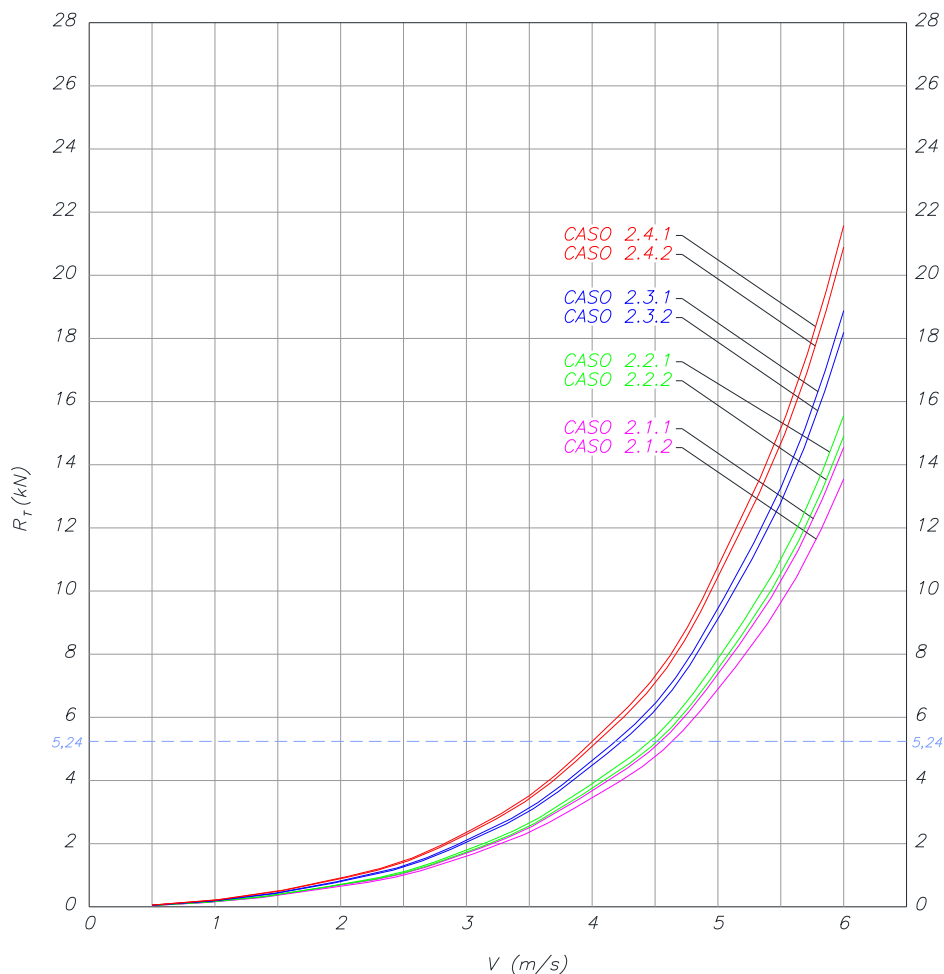


FIGURA 13. Curvas de Velocidad de la nave vs. Resistencia al avance.

Como, según datos de catálogo, cada turbopropulsor aerodinámico puede ejercer una fuerza máxima de 589lb-f (2,62 kN), entonces los dos (02) turbopropulsor es aerodinámicos de orientación variable, en conjunto, pueden ejercer una fuerza máxima de empuje igual a 5,24 kN, en tal sentido, se determina que en esta condición se requiere una potencia instalada de 305,09 HP.

Siendo el factor limitante la fuerza de empuje total de los turbopropulsores aerodinámicos, entonces las velocidades máximas alcanzadas para cada caso operativo de la nave se obtienen gráficamente en la Figura 13, al trazar una línea

horizontal correspondiente a 5,24 kN de resistencia total al avance e intersectando las curvas  $V$  vs  $R_T$  correspondientes a cada caso operativo. Las abscisas de las coordenadas de estos puntos de intersección son las que determinan las velocidades máximas, tal como se muestran en las figuras 13 y 14.

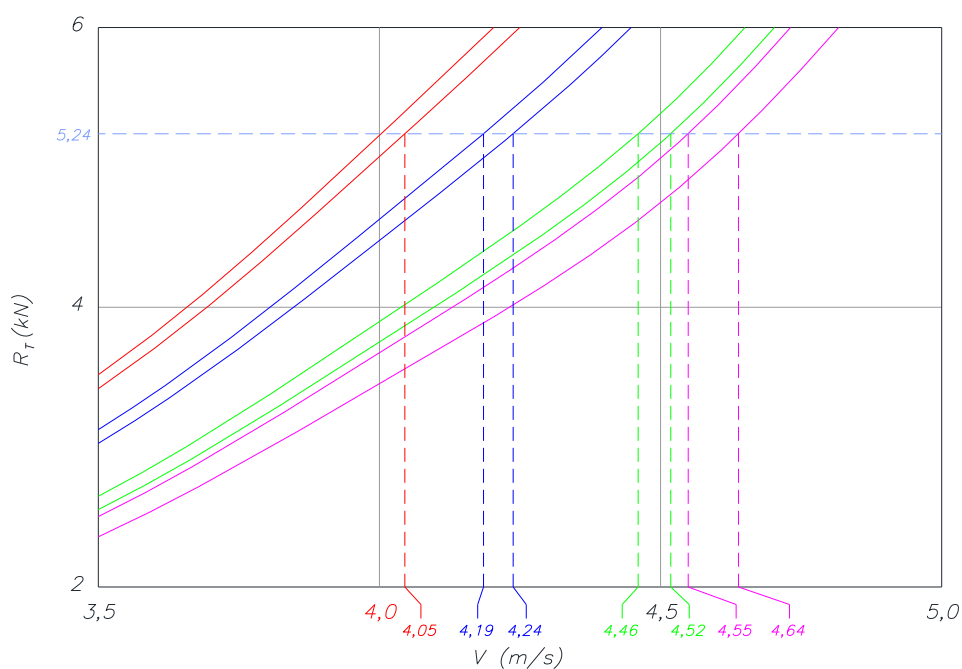


FIGURA 14. Zona de intersección ampliada y velocidades máximas.

### 5.2.15. Análisis de estabilidad y trimado.

Considerando que:

- La estabilidad de una embarcación es la característica de ésta para tratar de mantenerse adrizado en diversas condiciones de perturbaciones estáticas y dinámicas. La evaluación de la estabilidad se realiza mediante la comparación de ciertos parámetros numéricos con valores de estándares internacionales

como el de la Organización Marítima Internacional (OMI) y de los criterios de Rahola.

- El trimado de una embarcación es la condición de inclinación longitudinal de ésta. La evaluación del trimado depende las características propias de cada nave para lograr una navegación segura y relativamente eficiente.

Para el análisis de estabilidad se considerarán parcialmente los criterios de la OMI que son los mismos que la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI) exigen cumplir, y parcialmente los de Rahola. Este último por ajustarse mejor a la realidad de nuestra Amazonía.

Para el análisis de trimado se considerará como aceptable aquella inclinación que se encuentra dentro del siguiente rango:

- Máximo asiento a popa de 5 cm.
- Máximo asiento a proa de 10 cm.

Siendo la condición de trimado ideal optima aquella correspondiente a una condición horizontal de la nave. Por ser ésta la condición esperada que menos turbulencia produciría en sus cavidades.

En el APENDICE 3 se muestran en tablas y gráficos los cálculos y resultados de estabilidad y trimado.

El resumen de los resultados del APENDICE 3 referentes a los casos operativos se muestra en la siguiente TABLA 5.44.

CASO	GMTc (m)	GMLc (m)	Tpp (m)	Tpr (m)	Alcance de estab.	Escora permanente	Cumpl. Criterios Estab.	Cumpl. Criterios Trimado
2.1.1	8,569	155,287	0,521	0,521	64,6°	0,0°	Cumple	Cumple
2.1.2	9,255	165,083	0,48	0,48	64,1°	0,0°	Cumple	Cumple
2.2.1	7,659	146,714	0,561	0,561	59,4°	0,0°	Cumple	Cumple
2.2.2	7,929	151,949	0,534	0,534	57,2°	0,0°	Cumple	Cumple
2.3.1	5,746	126,44	0,69	0,69	52,6°	0,0°	Cumple	Cumple
2.3.2	5,904	129,666	0,663	0,663	51,3°	0,0°	Cumple	Cumple
2.4.1	<b>4,771</b>	115,583	0,792	0,792	47,2°	0,0°	Cumple	Cumple
2.4.2	4,827	117,804	0,766	0,766	46,2°	0,0°	Cumple	Cumple

Al cumplirse con todos los criterios de estabilidad se concluye que la embarcación es estable en la carga de contenedores para todas las condiciones de carga establecidos en los cálculos. Además, se cumple con la Resolución Directoral N°0474-98/DCG, donde el valor mínimo de la altura metacéntrica (GMTc) es de 450 milímetros.

Al cumplirse con el rango de rango de trimado, se concluye que la embarcación está adecuadamente trimada para realizar una navegación segura y eficiente.

#### **5.2.16. Análisis de resistencia estructural.**

El buque como toda estructura de ingeniería está sometida a una serie de esfuerzos originados por la acción de fuerzas externas e internas, por tanto, debe ser capaz de soportar los esfuerzos con determinado margen de seguridad. Los esfuerzos de mayor relevancia en el caso de buques está dado en la condiciones de arrufo y quebranto, y en el caso de los ríos las varadas.

Para determinar los esfuerzos, primero debemos de conocer la carga, determinado la carga realizamos el cálculo del momento flector y para ello suponemos que la embarcación se comporte como una viga buque, por tanto, el momento flector estará determinado por la siguiente fórmula [5]:

$$M = \frac{P_{ct} \times L}{4}$$

Dónde:

$M$ : Momento flector en la sección media (kN.m).

$P_{ct}$ : Carga sobre cubierta (kN).

$L$ : Eslora de la embarcación (m).

$$L = 34 \text{ m}$$

Considerando como carga crítica a la carga máxima empleada en los análisis de estabilidad y trimado, entonces:

$$P_{ct} = 91,44 \text{ t fuerza}$$

$$P_{ct} = 897,0264 \text{ kN}$$

Entonces reemplazando valores se obtiene:

$$M = 7624,7244 \text{ kN.m}$$

Para determinar el esfuerzo máximo en la estructura del casco se emplea la siguiente fórmula:

$$\sigma_{m\acute{a}ximo} = \frac{M}{MS_{bv}}$$

Dónde:

$\sigma_{m\acute{a}ximo}$ : esfuerzo de trabajo máximo. Que corresponde a la quilla de la nave según el apartado 5.2.6.

$MS_{bv}$ : Módulo de sección del buque viga. Determinado anteriormente en el apartado 5.2.6.

$$MS_{bv} = 7\,414 \text{ cm}^2\cdot\text{m}$$

Entonces reemplazando valores se obtiene:

$$\sigma_{m\acute{a}ximo} = 1,0284 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{m\acute{a}ximo} = 10,284 \text{ MPa}$$

En la TABLA 78 del apartado 6.17. de la referencia [5] para aceros navales de resistencia ordinaria, se recomienda como mínimo esfuerzo admisible  $1000 \text{ kgf/cm}^2$  (98,1 MPa) con respecto a la consideración de un límite elástico de  $2500 \text{ kgf/cm}^2$  (245,25 MPa). Es decir que se recomienda el empleo de un coeficiente de seguridad de 2,5.

Considerando como caso crítico el empleo de acero estructural ASTM A36 para todo la estructura del casco, entonces se tendrán en cuenta el siguiente dato:

$$\text{Límite elástico mínimo } (\sigma_f) = 2530 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (248,19 MPa)}$$



Resistencia a la tracción ( $\sigma_t$ ) = 4080 a 5620 kgf/cm<sup>2</sup> (400,25 a 551,32 MPa)

Entonces:

$$\text{Coeficiente de seguridad a la fluencia} = \frac{\sigma_f}{\sigma_{\text{máximo}}}$$

Reemplazando valores:

$$\text{Coeficiente de seguridad a la fluencia} = 248,19/10,284$$

Se tiene:

**Coeficiente de seguridad a la fluencia = 24,13**

Por lo tanto, esta nave es estructuralmente segura, al tener la estructura un coeficiente de seguridad a la fluencia superior a lo recomendado.

## **CAPÍTULO 6**

### **PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN**

#### **6.1. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN.**

Existen dos métodos de construcción naval:

- Construcción tradicional.
- Construcción integral.

En la construcción tradicional, la construcción se realiza con poca elaboración de planos de detalles previos a la confección y ensamble de elementos estructurales y equipos de la nave. Los problemas de ensamble normalmente se solucionan en obra. Los planos de detalle y sistemas cambian con frecuencia, de acuerdo a las modificaciones que se realizan durante el ensamble.

En la construcción integral, la construcción se realiza con un gran esfuerzo de elaboración de planos de detalle de confección y ensamble de elementos estructurales y equipos. Los problemas de ensamble normalmente no existen. Los planos de detalles de confección y ensamble de elementos estructurales y equipos, normalmente permanecen inalterables durante la ejecución del proyecto. Dependiendo de la tecnología e infraestructura disponible puede permitir la posibilidad de realizar construcción por módulos integrados.

## **6.2. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN.**

Al ser la construcción integral más económica que el de la tradicional, se selecciona la construcción integral como el método adecuado para reducir costos.

## **6.3. PERSONAL EMPLEADO Y TIEMPO POR ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN.**

Primero, siendo el fin del proyecto el mejorar la calidad de vida de nuestra sociedad, entonces se elige el lugar de la construcción en Iquitos, para poder dar mover la economía de esta zona, dando trabajo a una parte de su población que dependen de la construcción naval; además porque en esta zona se puede disponer de todos los materiales necesarios para la construcción de la nave, nacionales o internacionales.

Las etapas en la construcción serán:

- Etapa 1: Elaboración de planos de detalles.
- Etapa 2: Adquisición de materiales y equipos.
- Etapa 3: Limpieza y recubrimiento con imprimante de planchas y perfiles de acero.
- Etapa 4: Corte de materiales y construcción de bloques.
- Etapa 5: Construcción de la nave por ensamble de bloques en grada.
- Etapa 6: Arenado y pintado general.

- Etapa 7: Ensamble e implementación de equipos y elementos de habitabilidad.
- Etapa 8: Botadura a río.
- Etapa 9: Pruebas y calibraciones finales.

Entonces teniendo en cuenta la descripción de las etapas, en la siguiente

TABLA 6.1 se muestran la cantidad de personal y tiempos empleados.

TABLA 6.1. Personal directamente empleado por etapas y tiempos de trabajo.					
ETAPAS	Tipo de personal empleado.	Cantidad de personal	Tiempo (días)	Inicio (día)	Fin (día)
Etapa 1.	Ingenieros	2	45	1	45
	Dibujantes	4	42	4	45
	Personal administrativo	2	46	1	46
Etapa 2.	Ingeniero	1	15	6	20
	Personal administrativo	4	45	6	50
Etapa 3.	Arenador	2	10	11	20
	Pintor	2	10	11	20
	Ayudante	4	10	11	20
	Maquinista	1	10	11	20
	Maniobrista	2	10	11	20
Etapa 4.	Ingeniero	2	30	13	42
	Caldeleros	6	30	13	42
	Cortadores	3	30	13	42
	Soldadores	9	30	13	42
	Esmeriladores	6	30	13	42
	Carpinteros	2	30	13	42
	Maquinista	1	30	13	42
	Maniobrista	4	30	13	42
	Tubero	2	30	13	42
	Electricista	2	30	13	42
	Ayudantes	13	30	13	42
Etapa 5.	Ingenieros	4	25	21	45
	Soldadores	9	25	21	45
	Esmerilador	6	25	21	45
	Mecánicos	2	25	21	45
	Carpinteros	2	25	21	45
	Maquinista	1	25	21	45

	Maniobrista	4	25	21	45
	Tubero	2	25	21	45
	Electricista	2	25	21	45
	Ayudante	10	25	21	45
Etapa 6.	Ingeniero	1	10	46	55
	Arenador	4	10	46	55
	Pintor	4	10	46	55
	Ayudante	4	10	46	55
	Maquinista	1	10	46	55
	Maniobrista	2	10	46	55
Etapa 7.	Ingeniero	2	6	59	64
	Mecánico	4	6	59	64
	Electricista	2	6	59	64
	Carpintero	2	6	59	64
	Maquinista	1	6	59	64
	Maniobrista	4	6	59	64
	Tubero	2	6	59	64
	Ayudante	10	6	59	64
Etapa 8.	Ingeniero	1	1	65	65
	Maquinista	2	1	65	65
	Maniobrista	4	1	65	65
Etapa 9.	Ingeniero	4	3	66	68
	Mecánicos	2	3	66	68
	Electricistas	2	3	66	68
	Electrónicos	2	3	66	68
	Ayudantes	5	3	66	68
	Motorista	1	3	66	68
	Maniobrista	2	3	66	68
TOTAL:					68

El tiempo total real de ejecución del proyecto de construcción en la selva Amazónica se estima aproximadamente con un 35% adicional del tiempo total dado en la TABLA 6.1 sin considerar imprevistos. Es decir que el tiempo real aproximado será:

$$t_{proy.} = 135\%(68\text{días})$$

$$\therefore t_{proy.} \approx 92 \text{ días.}$$

## **CAPÍTULO 7**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA.**

#### **7.1. GENERALIDADES.**

La evaluación de un proyecto es el proceso de medición de su valor, que se basa en la comparación de los beneficios que genera y los costos o inversiones que requiere, desde un punto de vista determinado.

El presupuesto con que se debe desarrollar el proyecto de diseño de construcción, se debe señalar las fuentes de financiamiento, los costos que involucra diseñar y construir. Y la planificación de la utilidad que se espera obtener, para cumplir los objetivos.

##### **7.1.1. Objetivo.**

El presente estudio ha sido realizado con fines estrictamente académicos y presenta el informe cuyo objetivo a la fecha es evaluar el trabajo realizado por la Motochata Fluvial desde el punto de vista económico.

##### **7.1.2. Evaluación.**

Los beneficios netos económicos han sido determinados considerando:

- Los ingresos se basan en la carga seca transportada sobre cubierta.
- Los egresos corresponden al costo de los insumos, de operación y mantenimiento de la motochata con turbo propulsión y sustentación.
- Los costos de inversión en el diseño y construcción.

### **7.1.3. Premisas de evaluación.**

- El periodo de servicio abarca 30 años como vida útil total, sin embargo el estudio estará basado en 10 años por estar dentro de la vida útil económica, a finales de este periodo la embarcación se someterá a un recorrido integral para recuperar sus performances.
- Se considera un valor remanente de la nave.
- La tasa de descuento base utilizada es de 12%, haciéndose sensibilidad entre las tasas de 8 a 49 %.

## **7.2. EVALUACIÓN DEL ASPECTO ECONÓMICO.**

La evaluación económica cuantificará y evaluará las bondades intrínsecas del Proyecto, es decir el flujo real de bienes y servicios absorbidos y generados por éste sin tener en cuenta el financiamiento de la inversión.

### **7.2.1. Inversión.**

Una forma de determinar aproximadamente el costo de inversión, es determinar aproximadamente el valor de la nave nueva mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Valor de Nave Nueva} = \left( \text{Precio de estructura} \right) + \left( \text{Precio de maquinaria} \right)$$

$$\text{Precio de estructura} = M_{\text{acero}} \cdot CPT$$

$$\text{Precio de maquinaria} = P_{\text{mot.princ.}} \cdot CPHP$$

Siendo:

$M_{\text{acero}}$  : Masa de estructura de acero de la nave (t).

$P_{\text{mot.princ.}}$  : Potencia del motor principal (t).

$CPT$  : Costo por tonelada de acero procesado.

$$CPT = S/. 31,08/t$$

$CPHP$  : Costo por hp de potencia de motor principal instalado.

$$CPHP = S/. 906,50/HP$$

Entonces reemplazando valores se obtienen:

$$\text{Precio de estructura} = (52,565 + 16,458) \cdot 1000 \cdot (31.08)$$

$$\text{Precio de estructura} = S/. 2'145 234,84$$

$$\text{Precio de maquinaria} = 305,9 \cdot 906,5$$

$$\text{Precio de maquinaria} = S/. 277 298,35$$

$$\text{Valor de Nave Nueva} = S/. 2'733 333,19$$



Por lo tanto el valor de la inversión será: S/. 2'733 333,19.

### **7.2.2. Costos de operación y mantenimiento.**

Constituido básicamente de los salarios de la tripulación, repuestos e insumos para la operación y el mantenimiento. Se ha estimado un costo operación (salarios, viáticos, combustible, etc.) anual del 45% del costo directo de inversión, y un costo en mantenimiento anual del 5% del costo directo de inversión.

En una nave tradicional el costo de mantenimiento anual es del 10% del costo directo de inversión. Debido a que estas no cuentan con las bondades de navegación de la nueva nave de este proyecto.

### **7.2.3. Ingresos anuales del proyecto.**

Para calcular los beneficios se ha considerado el valor del transporte de carga seca sobre cubierta en el trayecto de la ciudad de Iquitos y Pucallpa. Basado en estudios de las referencias [10], [11], [12], [13] y [14] se obtiene lo siguiente:

$$Ingreso_{anual} = M_{ct} \cdot F \cdot N_{IPI\ anual}$$

$$N_{IPI\ anual} = \frac{365 - DSN_{erm}}{DN + DSN_{ap}}$$

Siendo:

$M_{ct}$  : Masa de carga transportada en t.

$F$  : Flete de transporte de Iquitos-Pucallpa-Iquitos.

$$F = 2 \cdot [236,826 + 0,101 \cdot (x)]$$

$x$  : Longitud de recorrido entre Iquitos y Pucallpa en km.

$$x = 932 \text{ km.}$$

$$F = S/. 330,958/t$$

$N_{IPI \text{ anual}}$ : Número de viajes anuales en la ruta Iquitos-Pucallpa-Iquitos. Redondeado al menor valor entero.

$DSN_{erm}$  : Días sin navegar por estiaje, reparaciones y mantenimientos.

$DN$  : Días navegando.

$DSN_{ap}$  : Días sin navegar por aprovisionamiento y mantenimiento programado en puerto por cada viaje.

$$DSN_{ap} = 1$$

De los resultados obtenidos:

$$M_{ct} = 91,44 \text{ t}$$

$$DSN_{erm} = 0$$

$$DN \approx 7$$

Reemplazando se obtienen:

$$N_{IPI \text{ anual}} = 45$$

$$\text{Ingreso}_{\text{anual}} = \text{S/} . 2'723\ 651,96$$

#### 7.2.4. Evaluación económica.

- Valor Actual Neto Económico

Al igual que para otras naves fluviales de nuestra Amazonía, para este análisis se considerará que se realizan inversiones a los diez (10) años, para el cambio del motor principal y de algunas planchas o refuerzos desgastados.

Para este análisis debemos de recordar que nuestra inversión inicial es de S/. 2'733 333,19 para los efectos de construcción y diseño.

Para la tasa de interés, tomamos un valor del 12% por efecto de oportunidad de capital de la empresa contratante.

Considerando datos de la TABLA 7.1, correspondiente al flujo de caja para el proyecto en el tiempo de análisis preestablecido, se obtiene:

$$\text{VAN E} = \text{S/} . 4'933\ 936,77$$

TABLA 7.1. Principales movimientos económicos.				
AÑO	INGRESO	INVERSIÓN	OP. Y MANT.	FLUJO DE CAJA
0	-	S/. 2'733 333,19	-	- S/. 2'733 333,19
1	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
2	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
3	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
4	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
5	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
6	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
7	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
8	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
9	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37
10	S/. 2'723 651,96	-	S/. 1'366 666,60	S/. 1'356 985,37

- Tasa Interna de Retorno Económica

Representa la tasa de rendimiento económica del proyecto y se obtiene descontando el saldo neto de caja versus los recursos propios a la inversión.

$$\text{TIR E} = 48,71\%$$

- Relación Beneficio – Costo Económico

Representa la relación entre los fondos económicos invertidos y generados. Se obtiene a partir del cociente del flujo de los ingresos y costos actualizados. Se observa que es mayor que la unidad por lo tanto es rentable.

$$\text{B/C E} = 1,47$$

### 7.2.5. Comparación económica del proyecto con otra nave de diseño tradicional.

Considerando datos reales de naves que realizan la misma función de transporte, pero de diseño tradicional con semi-túneles en su turbo propulsión hidrodinámica, se comparan diversas características en la TABLA 7.2. La nave de diseño tradicional elegida es una de las mejores naves actualmente diseñadas.

TABLA 7.2. Características comparativas del presente proyecto y otra de diseño tradicional.		
CARACTERÍSTICAS	MchF MOFLUNI	MchF TRADICIONAL
Eslora (m)	34,0	39,5
Manga (m)	8,0	7,5
Puntal (m)	1,5	1,2
Calado (m)	0,792	0,64
Masa de la nave en rosca (t)	83,029	75,0
Capacidad de carga (t)	91,44	91,0
Velocidad a plena carga (nudos)	7,78	12,0
Masa de estructura (t)	79,023	71,38
Potencia instalada (hp)	305,9	420,0

Valor de la nave nueva (S/.)	2'733 333,19	2'599 263,44
Nº de tripulantes	6	6
Tiempo de navegación por día de trabajo	24 horas	12 horas
Costo de op. anual (S/.)	1'229 999,94	1'169 668,55
Costo de mant. anual (S/.)	136 666,66	259 926,34
Costo de op. y mant. anual (S/.)	1'366 666,60	1'429 594,89
Días de para anual (estiaje, rep., ...)	0	45
Días sin navegar por viaje Iq-Puc-Iq para aprovisionamiento, mantenimiento en puerto y otros.	1	1
Días navegando por viaje Iq-Puc-Iq	7	7
Número de viajes al año (Iq-Puc-Iq)	45	40
Longitud recorrida entre Iquitos y Pucallpa (km)	932	932
Flete homogenizado entre Iquitos y Pucallpa	330,958	330,958
Ingreso anual (S/.)	2'723 651,96	2'409 374,24
Flujo de caja anual (S/.)	1'356 985,36	979 779,35
Tasa de descuento (%)	12	12
VAN (S/.)	4'933 936,77	2'936 708,39
TIR	48,71%	35,95%
B/C	1,47	1,28

De los valores mostrados en la TABLA 7.2, se observan que todos los índices económicos de la nave de este proyecto son mejores que la nave de diseño TRADICIONAL. Por lo tanto la nave de este proyecto es más rentable que la de diseño tradicional.

#### **7.2.6. Análisis de sensibilidad**

- Tasa de descuento

Se analizó la variación de la tasa de descuento, para los indicadores económicos VAN y B/C entre 8 y 49 %. Para el rango donde la tasa de descuento es menor a 48% el proyecto muestra indicadores económicos positivos (TABLA 7.3). Se puede

apreciar que hasta el 48% el análisis por beneficio Vs. costo es ligeramente mayor que la unidad, un mayor descuento no sería de interés para desarrollar el proyecto.

TABLA 7.3. Sensibilidad a la variación de la tasa de descuento TD.		
TD	VAN E	B/C E
8%	S/. 6'372 149,07	1,54
9%	S/. 5'975 334,39	1,52
10%	S/. 5'604 754,45	1,50
11%	S/. 5'258 268,46	1,49
12%	S/. 4'933 936,77	1,47
13%	S/. 4'629 999,79	1,46
14%	S/. 4'344 859,40	1,44
15%	S/. 4'077 062,39	1,43
16%	S/. 3'825 285,76	1,41
17%	S/. 3'588 323,75	1,39
18%	S/. 3'365 076,14	1,38
19%	S/. 3'154 537,92	1,36
20%	S/. 2'955 790,07	1,35
21%	S/. 2'767 991,27	1,33
22%	S/. 2'590 370,53	1,32
23%	S/. 2'422 220,58	1,31
24%	S/. 2'262 891,91	1,29
25%	S/. 2'111 787,49	1,28
26%	S/. 1'968 357,96	1,26
27%	S/. 1'832 097,32	1,25
28%	S/. 1'702 539,07	1,24
29%	S/. 1'579 252,73	1,22
30%	S/. 1'461 840,67	1,21
31%	S/. 1'349 935,24	1,20
32%	S/. 1'243 196,26	1,18
33%	S/. 1'141 308,63	1,17
34%	S/. 1'043 980,27	1,16
35%	S/. 950 940,15	1,15
36%	S/. 861 936,60	1,14
37%	S/. 776 735,72	1,12
38%	S/. 695 119,93	1,11
39%	S/. 616 886,69	1,10
40%	S/. 541 847,29	1,09
41%	S/. 469 825,75	1,08
42%	S/. 400 657,87	1,07
43%	S/. 334 190,30	1,06
44%	S/. 270 279,73	1,05
45%	S/. 208 792,11	1,04
46%	S/. 149 601,98	1,03
47%	S/. 92 591,80	1,02
48%	S/. 37 651,43	1,07
49%	- S/. 15 322,46	0,997

- Tarifa

Se analizó la variación de la tarifa de transporte de carga (fletamento) entre -40% y +30%, para los indicadores económicos VAN, TIR y B/C. (Ver TABLA 7.4). Cuanto más se aumente la tarifa del fletamento es más rentable. Para disminuir los precios de venta de productos comercializados que son transportados en la ruta Iquitos –Pucallpa-Iquitos, la tarifa de transporte se puede disminuir hasta 33% de las tarifas actuales, y manteniéndola aún rentable al negocio del transporte.

Como en el precio de los productos comercializados que han sido trasladados vía transporte fluvial está considerado el costo del flete, entonces con esta nave que puede disminuir su tarifa en un 31%, se posibilita la disminución de los precios de estos productos. También como consecuencia de esto se posibilita el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad local al permitirles la posibilidad de mejorar su alimentación y capacidad de ahorro.

VARIACIÓN DE LA TARIFA	VAN E	TIR E	B/C E
-40%	- S/. 1'221 759,64	-0,39%	0,88
-35%	- S/. 452 297,59	7,80%	0,96
-34%	- S/. 298 405,18	9,27%	0,97
-33%	- S/. 144 512,77	10,69%	0,99
-32%	S/. 937,64	12,08%	1,0009
-31%	S/. 163 272,05	13,44%	1,02
-30%	S/. 317 164,46	14,77%	1,03
-25%	S/. 1'086 626,51	21,08%	1,10
-20%	S/. 1'856 088,56	26,99%	1,18
-15%	S/. 2'625 550,61	32,64%	1,25
-10%	S/. 3'395 012,67	38,11%	1,32
-5%	S/. 4'164 474,72	43,45%	1,40
0%	S/. 4'933 936,77	48,71%	1,47
5%	S/. 5'703 398,82	53,89%	1,55
10%	S/. 6'472 860,87	59,03%	1,62
15%	S/. 7'242 322,92	64,14%	1,69
20%	S/. 8'011 784,97	69,21%	1,77
25%	S/. 8'781 247,02	74,27%	1,84
30%	S/. 9'550 709,08	79,31%	1,91

## CONCLUSIONES

1. En el Apartado 2.11. (Impacto Ambiental), se demuestra el aporte a la conservación del Medio Ambiente, que por tener el sistema de propulsión fuera del contacto con el agua del río, no producirá alteraciones en el fondo de los ríos, no causaría daño a la fauna y no habría contaminación por lubricantes de los ejes de propulsión, por lo tanto, se concluye que: El impacto ambiental que causaría la motochata con turbo propulsión y sustentación parcial aérea, sería menor que el de otra motochata de diseño tradicional.
2. En el Apartado 5.1.2. (Calado), se determina que el calado resultante de la motochata de diseño exclusivo, tiene un valor aproximado de 0,7 metros, en tal sentido, es ampliamente favorable para la navegación en ríos con poca profundidad, como el río Ucayali, en la ruta Pucallpa-Iquitos, cuyo registro en época de vaciante extrema llegó a 1,8 metros de profundidad, por tanto, se concluye que: En la ruta Pucallpa-Iquitos, la motochata con turbo propulsión y sustentación parcial aérea, lograría navegar continuamente todo el año, con una distancia mínima de 1,1 m entre el casco de la motochata con turbo propulsión y sustentación parcial aérea, y el fondo más profundo de la sección transversal del río.



3. De los Apartados 5.2.1 y 5.2.14 (Selección preliminar de maquinaria y equipos - Cálculo de Velocidad y Potencia), en base a los cálculos realizados en el Apartado 5.1., se concluye que: La potencia instalada de 305,9 HP (225 kW), y que para esta potencia se tiene una velocidad de 4 m/s (7,78 nudos) en aguas tranquilas, teniéndose una resistencia al avance que es de 5,24 kN. Cabe mencionar que, si la navegación es en surcada (contracorriente) por el Río Ucayali, lo podrá realizar a 4,78 nudos, puesto que la velocidad del río es de 4,5 nudos, lo cual resta velocidad a la condición de aguas tranquilas.
4. Del Apartado 5.2.15. (Análisis de Estabilidad y Trimado), en base a los cálculos realizados, se concluye que: La motochata con turbo propulsión y con sustentación parcial aérea es segura y eficiente para las condiciones de carga analizadas, siendo el menor valor de la altura metacéntrica (GMTc) de 4,711 metros, valor que está por encima del mínimo exigido por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI).
5. Del Apartado 5.2.16. (Análisis de Resistencia Estructural), en base a los cálculos realizados, se concluye que: El máximo esfuerzo es de 10,284 MPa, ubicado en las planchas de fondo del casco en la zona central, teniendo un factor de seguridad de 24,13.
6. Del Apartado 7.2.2. (Costos de Operación y Mantenimiento), en base a los cálculos para una estimación anual, se concluye que: La motochata con turbo propulsión y sustentación parcial aérea tendría el 5% del Costo de Inversión para el mantenimiento preventivo, reduciendo a la mitad del costo de un

diseño convencional, cuyo cambios de hélices por daño encarece los costos de mantenimiento.

7. Del Apartado 7.2. (Evaluación del Aspecto Económico), en base a los cálculos y comparaciones realizados, se concluye que: La nave del presente proyecto es más rentable que la de diseño tradicional. Para la evaluación a diez (10) años con una tasa de 12% se tiene un VAN económico de S/.4'933 936,77. La tasa de interés de retorno (TIR) de 48,71% y B/C E de 1,47, indicadores económicos que demuestra la viabilidad del proyecto. Con este nuevo diseño, el costo de mantenimiento anual se disminuiría a un 52,6% con respecto al de otro de carga similar de diseño tradicional.
8. En el Apartado 7.2.6. (Análisis de Sensibilidad), en base a los cálculos realizados, se concluye que: La tarifa de transporte se puede disminuir hasta 31% de las tarifas actuales, y manteniéndola aún rentable el negocio del transporte.
9. Finalmente, con el desarrollo del nuevo diseño de motochata con turbo-propulsión y sustentación parcial aérea, adecuado para los ríos de nuestra Amazonía de baja profundidad, con características de navegabilidad más eficientes y más segura que el de otras de diseño tradicional, por lo tanto, se concluye que: Se ha realizado un aporte tecnológico para el transporte fluvial en la Hoya Amazónica.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. “ELEMENTOS DE ARQUITECTURA NAVAL”. Autor: Ing. Antonio MANDELLI. Edición: 1960.
- [2]. “CRUCERO Y LANCHAS VELOCES”. Autor: Ing. Juan BAADER. Edición: 1951.
- [3]. “VOCABULARIO DE CONSTRUCCIÓN NAVAL”. Autor: Ing. Rafael CRESPO RODRÍGUEZ. Edición: 1975.
- [4]. “PROYECTO DE BEQUES” - Segunda Parte. Autor: Raul F. ALEMAN. Edición: 1961.
- [5]. “CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DEL BUQUE”. Autor: Dr. Ricardo Martín DOMINGUEZ. Edición: 1969.
- [6]. “MECÁNICA DE MATERIALES”. Autores: Ferdinand P. Beer – E. Russel Johnston. Segunda edición. 1999.
- [7]. “FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE FLUIDOS”. Autores: Philip M. Gerhart – Richard J. Gross – John I. Hochstein. Segunda edición. 1995.
- [8]. “APUNTES Y MATERIAL DIDÁCTICO DE CLASES DE CURSOS LLEBADOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA”.
- [9]. “HOVERHAWK CORPORATION”  
[http://www.seas.columbia.edu/mece1/Team%20LevTech/Site\\_files/Hovercraft%20and%20Airboat%20Engines,%20Propellers,%20Fans,%20Supplies.htm](http://www.seas.columbia.edu/mece1/Team%20LevTech/Site_files/Hovercraft%20and%20Airboat%20Engines,%20Propellers,%20Fans,%20Supplies.htm)
- [10]. “ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD DEL RÍO UCAYALI EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE PUCALLPA Y LA CONFLUENCIA CON EL RÍO MARAÑÓN”. Autor: M.T.C. Año: 2004.  
[https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/acuatico/s\\_nosotros/UCAYALI.htm](https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/acuatico/s_nosotros/UCAYALI.htm)
- [11]. “ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD DE LOS RÍOS MARAÑÓN Y AMAZONAS, TRAMO SARAMIRIZA-SANTA ROSA”. Autor: M.T.C. Año: 2008.

[https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/acuatico/s\\_nosotros/NavMaraAma.html](https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/acuatico/s_nosotros/NavMaraAma.html)

- [12]. PERFIL DE PROYECTO: “MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE NAVEGABILIDAD EN LOS RÍOS UCAYALI, HUALLAGA, MARAÑÓN Y AMAZONAS”. Autor: M.T.C. Año: 2007.

[https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/acuatico/s\\_nosotros/Perfil%20de%20Proyecto/Mejoramiento%20y%20Mantenimiento%20de%20las%20Condiciones%20de%20Navegabilidad%20en%20las%20V%C3%ADas%20Navegables/PERFIL%20MEJ%20MANT%20HIDROVIAS%20FINAL.pdf](https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/acuatico/s_nosotros/Perfil%20de%20Proyecto/Mejoramiento%20y%20Mantenimiento%20de%20las%20Condiciones%20de%20Navegabilidad%20en%20las%20V%C3%ADas%20Navegables/PERFIL%20MEJ%20MANT%20HIDROVIAS%20FINAL.pdf)

- [13]. PROYECTO DE ACONDICIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEI DE PALMA

<http://prezi.com/ay8ozmm8pqby/untitled-prezi/>

- [14]. MAPA DE COSTOS DE TRANSPORTE FLUVIAL DE PRODUCTOS DE LA AMAZONÍA PERUANA: ZONA IQUITOS. Autor: Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Año: 2009.

<http://www.siamazonia.org.pe:8181/cnpp-otca/sites/default/files/5%20Mapa%20de%20costos%20de%20Transporte%20Fluvial%20Zona%20Iquitos.pdf>

- [15]. SERVICIOS DE DATOS DE NAVE - DICAPI

[https://www.dicapi.mil.pe/serv\\_datosnave.htm](https://www.dicapi.mil.pe/serv_datosnave.htm)

- [16]. CATALOGO DE EMBARCACIONES - SIMA

<http://www.sima.com.pe/brochure/SIMA%20Catalogo%20Embarcaciones.pdf>

- [17]. CATALOGO DE PRODUCTOS - CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA.

<http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/CATALOGO%20DE%20PRODUCTOS%20-%20SET10.pdf>

- [18]. CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EMBARCADEROS FLUVIALES

[http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2005/obregon\\_mr/pdf/obregon\\_mr-TH.4.pdf](http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2005/obregon_mr/pdf/obregon_mr-TH.4.pdf)

- [19]. CONTENEDOR- WIKIPEDIA

<http://es.wikipedia.org/wiki/Contenedor>

- [20]. TIPOS DE CONTENEDORES

<http://www.affari.com.ar/conttt.htm>

- [21]. BIBLIOTECA VIRTUAL DE LA DIRECCIÓN DE CAPITANÍAS Y GUARDA COSTAS DEL PERU.

<https://www.dicapi.mil.pe/biblioteca.htm>

- [22]. TEXTO ÚNICO DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS DE LA MARINA DE GUERRA DEL PERU

[https://www.dicapi.mil.pe/biblioteca/tupam\\_15001\\_dicapi\\_2012\\_parte\\_c.pdf](https://www.dicapi.mil.pe/biblioteca/tupam_15001_dicapi_2012_parte_c.pdf)

- [23]. ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL

<http://www.imo.org/Pages/home.aspx>

- [24]. CONVENIO INTERNACIONAL DE LÍNEAS DE CARGA

<http://www.ehu.es/ceinik/tratados/19TRATADOSOBREDERECHOMARITIMO/TDM1912.pdf>

- [25]. REGLAS DE SEGURIDAD PARA NAVES Y EMBARCACIONES DEDICADOS A LA NAVEGACIÓN INTERIOR - DIRECCIÓN DE CAPITANÍAS Y GUARDA COSTAS.

[https://www.dicapi.mil.pe/docs\\_informativos/dircontrol/normas-dircontrol/28-12-10-final-codigo-seguridad-equipos-naves-fluviales.pdf](https://www.dicapi.mil.pe/docs_informativos/dircontrol/normas-dircontrol/28-12-10-final-codigo-seguridad-equipos-naves-fluviales.pdf)

- [26]. FERREYROS

<http://www.ferreyros.com.pe/productos/equipos-nuevos/energia-y-motores/productos-de-generacion-electrica/grupos-electrogenos-diesel/3306?pf=222>

- [27]. BROCHURE- MOTORES TRIFÁSICOS – DELCROSA

[http://www.delcrosa.com.pe/esp/ver\\_archivo.php?cp=2](http://www.delcrosa.com.pe/esp/ver_archivo.php?cp=2)

- [28]. HIDROSTAL

<http://www.hidrostal.com.pe/>

- [29]. REGLAS Y GUÍAS DEL A.B.S.

[http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/appmanager/absEagle/absEagleDeskto?p?nfpb=true&pageLabel=abs\\_eagle\\_portal\\_rules\\_guides\\_book](http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/appmanager/absEagle/absEagleDeskto?p?nfpb=true&pageLabel=abs_eagle_portal_rules_guides_book)

- [30]. TEORÍA DEL BUQUE – ESCUELA NAUTICA ALAVELA

<http://www.alavela.es/media/docs/curso/teoria-del-buque.pdf>