



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y
Recursos Naturales

**“ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA
PROPULSOR DE LA BARCAZA AMISTAD”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

Iris Katuska Ponce Chóez

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

A Dios, por iluminar mi camino y darme la sabiduría y fortaleza; a mis padres y a mis hermanos especialmente Ibeth e Israel, quienes antes de pensar en ellos pensaron en mí, quienes me apoyaron moral y económicamente en el transcurso de mis estudios; a la familia Chóez Zavala por ser mi segunda familia; a mis amigos, quienes me ayudaron con sus conocimientos y me dieron palabras de aliento. También, al Ing. Alejandro Chanabá por su apoyo y tiempo para realizar este trabajo.

DEDICATORIA

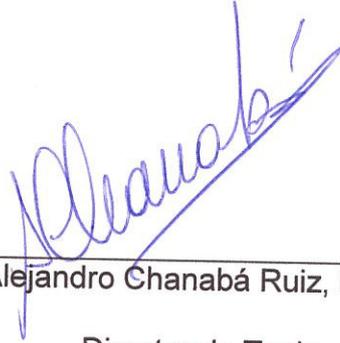
A mis padres, a mis hermanos y a mi sobrinito Smailer, quienes fueron mi inspiración durante todo este tiempo de estudio, quienes me guiaron y apoyaron en todo momento para cumplir mis metas.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



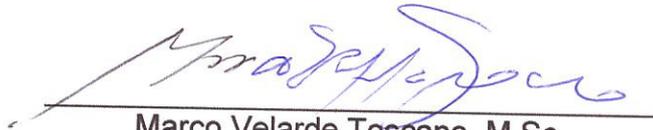
Eduardo Cervantes, Ing.

Presidente del Tribunal



Alejandro Chanabá Ruiz, M.Sc.

Director de Tesis



Marco Velarde Toscano, M.Sc.

Vocal Principal

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamentos de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Iris Katuska Ponce Chóez

RESUMEN

Las barcazas con o sin propulsión son ampliamente utilizadas en el transporte marítimo de cargas. La decisión de instalar un sistema propulsor depende de un estudio técnico y económico que todo proyecto debe realizar antes de su ejecución.

En la presente tesis se realiza un estudio técnico – económico para seleccionar el sistema propulsor adecuado para la Barcaza Amistad que presta servicios a la plataforma de su mismo nombre ubicada en el Golfo de Guayaquil, con el objetivo de aumentar los ingresos que genera actualmente dicha embarcación. Se muestran las ventajas y desventajas de los tipos de sistemas propulsores comunes, para luego seleccionar los más convenientes y proceder a realizar el estudio técnico y económico. Los sistemas escogido son: el sistema convencional (motor - reductor - eje - hélice) y el sistema azimutal hidráulico que en la actualidad es ampliamente usado en barcazas.

En el estudio técnico se realizaron todos los cálculos de ingeniería necesarios para implementar el sistema propulsor dependiendo del tipo. Para el sistema convencional se emplearon las reglas ABS, mientras que para el sistema azimutal hidráulico simplemente se buscó el equipo de acuerdo a la potencia a instalar. Además, fue necesario realizar cambios en la distribución de cada

sistema; para el sistema azimutal las modificaciones fueron menores debido a que únicamente es ubicado en la cubierta sobre el espejo de popa, mientras que para el sistema convencional se debe hacer una redistribución de los elementos de sala de máquina y la sección última de popa. Posterior a esta redistribución se realizaron los análisis de estabilidad y de resistencia longitudinal.

Se determinaron los costos que genera implementar cada sistema; para luego realizar la evaluación económica. A pesar de que los costos de implementación son mayores en el sistema azimutal, de acuerdo a la evaluación económica, que involucran los criterios VAN, TIR, Razón Beneficio – Costo y Período de Recuperación de Capital, ambos proyectos son factibles de realizar.

Finalmente, en base al estudio técnico y económico realizado se planteó una discusión de las propuestas, eligiendo al Sistema Azimutal Hidráulico para ser instalado en la barcaza Amistad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1. INFORMACIÓN GENERAL.....	3
1.1. Características de las Barcazas.....	3
1.2. Reglamentaciones Técnicas Ecuatorianas para Barcazas	13
1.3. Especificaciones Técnicas de la Embarcación Seleccionada.....	16
1.3.1 Características Principales	17
1.3.2 Planos	18
1.3.3 Detalles Estructurales.....	24
1.3.4 Habitabilidad.....	26
1.3.5 Sistema Eléctrico.....	28
1.3.6 Circuitos	32
1.3.7 Equipamiento Náutico, de Navegación y de Comunicación.....	36
1.3.8 Luces de Navegación	38
1.3.9 Equipo de Señalamiento Óptico y Luces de Búsqueda	38

CAPITULO 2. PROPUESTAS PARA EL SISTEMA

PROPULSOR DE LA BARCAZA.....	40
2.2. Tipos de Sistemas Propulsores.....	40
2.3. Parámetros a considerar para el estudio técnico – económico	49
2.4. Selección de los Sistemas propulsores adecuados para la barcaza	52
2.5. Estudio Técnico de las propuestas seleccionadas.	57
2.4.1 Modelización del casco de la Barcaza Amistad	57
2.4.2 Cálculo de Resistencia y Potencia	59
2.4.3 Sistemas de las propuestas.....	65
2.4.5 Distribución de pesos según las propuestas	74
CAPITULO 3. ANÁLISIS ECONÓMICO	85
3.1. Costos de Implementación.....	85
3.2. Evaluación Económica.....	89
3.3. Análisis de Resultados de la Evaluación Económica	104
3.4. Propuesta.....	105
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.	109
ANEXOS.....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Barcaza de cubierta Hua Hum	5
Figura 2. Barcaza Tanque	6
Figura 3. Barcaza Tolva de Separación	7
Figura 4. Barcaza Cubierta	7
Figura 5. Barcaza Maderera en el momento de la descarga	8
Figura 6. Barcaza Seccional	9
Figura 7. Barcazas transportando carbón	9
Figura 8. Barcaza Container Feeder	10
Figura 9. Barcazas Grúa	11
Figura 10. Barcaza Spud en muelle	11
Figura 11. Barcazas en el Ecuador	12
Figura 12. Barcaza Amistad	16
Figura 13. Líneas de Forma de la Barcaza Amistad	19
Figura 14. Distribución General de la Barcaza Amistad	20
Figura 15. Estructurales del Casco de la Barcaza Amistad	21
Figura 16. Sistema de Combustible de la Barcaza Amistad	22

Figura 17. Sistema de Achique, Lastre y Contraincendios de la Barcaza Amistad.....	23
Figura 18. Turbina a Vapor	41
Figura 19. Turbina a Gas	42
Figura 20. Sistema Diésel con Conexión Directa.....	43
Figura 21. Sistema de Propulsión Diésel Eléctrica	44
Figura 22. Azimutal de Transmisión Mecánica y de Transmisión Eléctrica ..	46
Figura 23. Sistemas Azimutales Hidráulico.....	47
Figura 24. Propulsión Waterjet.....	48
Figura 25. Modelado de las formas del casco	58
Figura 26. Estructura del Casco y Superestructura	58
Figura 27. Motor Diésel 3508 B	66
Figura 28. Sistema Propulsor y Gobierno del Sistema Convencional.....	69
Figura 29. Sistema Azimutal Hidráulico	70
Figura 30. Sistema de Combustible del Sistema Convencional.....	72
Figura 31. Sistema de Combustible del Sistema Azimutal.....	73
Figura 32. Esquema de distribución de Paneles Eléctricos	74
Figura 33. Habitabilidad en Planta baja y alta.....	76
Figura 34. Esquema de la sección en análisis	81

Figura 35. Resistencia Longitudinal del Sistema Convencional.....	82
Figura 36. Resistencia Longitudinal del Sistema Azimutal.....	82
Figura 37. Distribución General con Sistema Convencional	83
Figura 38. Distribución General con Sistema Azimutal	84
Figura 39. Curvas Hidrostáticas.....	113
Figura 40. Curva de Coeficientes.....	113
Figura 41. Curvas para obtener la resistencia residual según el tipo de embarcación	114
Figura 42. Esquema del reductor seleccionado.....	116
Figura 43. Curva Motor - Hélice y tabla de Resultados.....	116
Figura 44. Dotación Mínima para Buques de Carga General	128
Figura 45. Curva de Brazo Adrizante. Condición 1	133
Figura 46. Curva de Brazo Adrizante. Condición 2	134
Figura 47. Curva de Brazo Adrizante. Condición 3	135
Figura 48. Curva de Brazo Adrizante. Condición 4	136
Figura 49. Curva de Brazo Adrizante. Condición 5	137
Figura 50. Curva de Brazo Adrizante. Condición 6	138
Figura 51. Curva de Brazo Adrizante. Condición 7	139
Figura 52. Curva de Brazo Adrizante. Condición 1	140

Figura 53. Curva de Brazo Adrizante. Condición 2	141
Figura 54. Curva de Brazo Adrizante. Condición 3	142
Figura 55. Curva de Brazo Adrizante. Condición 4	143
Figura 56. Curva de Brazo Adrizante. Condición 5	144
Figura 57. Curva de Brazo Adrizante. Condición 6	145
Figura 58. Curva de Brazo Adrizante. Condición 7	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Dimensiones Principales del Casco.....	17
Tabla II. Capacidades de Tanques	17
Tabla III. Espesores del Planchaje del casco	24
Tabla IV. Estructurales del Casco.....	25
Tabla V. Estructurales de Mamparos.....	25
Tabla VI. Características de los Generadores	29
Tabla VII. Datos Hidrostáticos de la Barcaza.....	59
Tabla VIII. Resultados de la Resistencia por Newmann	62
Tabla IX. Resultados de la Resistencia según pruebas realizadas a barcazas	64
Tabla X. Características del Motor Diésel.....	66
Tabla XI. Características del Sistema Azimutal	70
Tabla XII. Costos por Material y Maquinaria. Sistema Convencional.....	86
Tabla XIII. Costos por Consumo de Equipos. Sistema Convencional.....	86
Tabla XIV. Costo por Mano de Obra. Sistema Convencional	86
Tabla XV. Costos por Material y Maquinaria. Sistema Azimutal	88
Tabla XVI. Costos por Consumo de Equipos. Sistema Azimutal	88

Tabla XVII. Costo por Mano de Obra. Sistema Azimutal	89
Tabla XVIII. Ingresos Anuales por Alquiler de la Barcaza. Sistema Convencional	92
Tabla XIX. Egresos Anuales por Alquiler de la Barcaza. Sistema Convencional	93
Tabla XX. Amortización de la Deuda. Sistema Convencional.....	95
Tabla XXI. Razón Beneficio Costo. Sistema Convencional	96
Tabla XXII. Cálculo del VAN y TIR. Sistema Convencional	97
Tabla XXIII. Ingresos Anuales por Alquiler de la Barcaza. Sistema Azimutal	99
Tabla XXIV. Egresos Anuales por Alquiler de la Barcaza. Sistema Azimutal	100
Tabla XXV. Amortización de la Deuda. Sistema Azimutal	101
Tabla XXVI. Razón Beneficio Costo. Sistema Azimutal	102
Tabla XXVII. Cálculo del VAN y TIR. Sistema Azimutal.....	103
Tabla XXVIII. Resultados de la Evaluación Económica de los Sistemas....	104
Tabla XXIX. Barcazas sin Propulsión	111
Tabla XXX. Barcazas con Propulsión	112
Tabla XXXI. Datos requeridos para la eficiencia de la hélice.....	115
Tabla XXXII. Cálculo del Diámetro del Eje.....	117

Tabla XXXIII. Resultados de Cálculo de fuerza de timón	119
Tabla XXXIV. Cálculos de torque del timón	120
Tabla XXXV. Resultados de Cálculos de diámetro de la mecha.....	121
Tabla XXXVI. Resultados del cálculo de numeral de equipo	122
Tabla XXXVII. Cálculo de Potencia de la Bomba.....	125
Tabla XXXVIII. Distribución de Paneles Eléctricos de la Barcaza Amistad.	126
Tabla XXXIX. Distribución de Pesos del Sistema Convencional	129
Tabla XL. Distribución de Pesos del Sistema Azimutal.....	131
Tabla XLI. Resultados de Estabilidad. Condición 1	133
Tabla XLII. Resultados de Estabilidad. Condición 2	134
Tabla XLIII. Resultados de Estabilidad. Condición 3	135
Tabla XLIV. Resultados de Estabilidad. Condición 4	136
Tabla XLV. Resultados de Estabilidad. Condición 5	137
Tabla XLVI. Resultados de Estabilidad. Condición 6	138
Tabla XLVII. Resultados de Estabilidad. Condición 7	139
Tabla XLVIII. Resultados de Estabilidad. Condición 1	140
Tabla XLIX. Resultados de Estabilidad. Condición 2	141
Tabla L. Resultados de Estabilidad. Condición 3.....	142

Tabla LI. Resultados de Estabilidad. Condición 4	143
Tabla LII. Resultados de Estabilidad. Condición 5	144
Tabla LIII. Resultados de Estabilidad. Condición 6	145
Tabla LIV. Resultados de Estabilidad. Condición 7	146
Tabla LV. Cálculo de la Inercia de la Sección.....	147
Tabla LVI. Inercia alrededor del Eje Neutro - Módulo Seccional.....	148
Tabla LVII. Esfuerzos Máximos en Aguas Tranquilas.....	149
Tabla LVIII. Esfuerzos Máximos en Arrufo.....	149
Tabla LIX. Esfuerzos Máximos en Quebranto	150
Tabla LX. Esfuerzos Máximos en Aguas Tranquilas.....	150
Tabla LXI. Esfuerzos Máximos en Arrufo.....	151
Tabla LXII. Esfuerzos Máximos en Quebranto	151

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. DATOS GENERALES DE BARCAZAS EN ECUADOR.....	111
ANEXO B. CURVAS HIDROSTÁTICAS Y DE COEFICIENTES.....	113
ANEXO C. CÁLCULO DE RESISTENCIA.....	114
ANEXO D. SISTEMA PROPULSOR DEL SISTEMA CONVENCIONAL.....	115
ANEXO E. SISTEMA DE GOBIERNO DEL SISTEMA CONVENCIONAL...	118
ANEXO F. SISTEMA DE FONDEO.....	122
ANEXO G. CÁLCULO DE LA BOMBA DE TRASVASIJE.....	124
ANEXO H. PANELES ELÉCTRICOS.....	126
ANEXO I. DOTACIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD.....	128
ANEXO J. DISTRIBUCIÓN DE PESOS Y SU UBICACIÓN.....	129
ANEXO K. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....	133
ANEXO L. CÁLCULO DEL ESFUERZO.....	147

INTRODUCCIÓN

El movimiento de carga mediante transporte marítimo se ha realizado desde la antigüedad y aún sigue desarrollándose, debido a que puede transportar grandes volúmenes de carga y es más flexible; también tiene gran importancia para el mundo moderno ya que fortalece el desarrollo social y económico de un país. Para lograr satisfacer la demanda de transporte de carga, se ha incrementado el número de buques tanto para mercados internacionales como para el comercio a corta distancia. Las embarcaciones que mejor se ajustan a necesidades de corta distancia son las barcazas debido a que es un medio económico, seguro y su inversión inicial es recuperable en corto plazo. En nuestro país estas embarcaciones son altamente utilizadas para este tipo de comercio a corta distancia, las cuales son autopropulsadas y no propulsadas; estas últimas son remolcadas o empujadas por remolcadores y se pueden utilizar en convoyes o por separado.

ASTINAVE EP construyó la barcaza Amistad, la misma que brinda servicios industriales y logísticos para la actividad costa afuera, específicamente a la Plataforma “Amistad” ubicada a 65km de Puerto Bolívar. La barcaza de 48 m de eslora no fue diseñada con propulsión, pero se pensó en colocar un sistema de propulsión para así obtener mejores ingresos y se prescindiría del alquiler de remolcadores.

Basándonos en un análisis técnico y económico para sustentar la realización del proyecto, se requiere seleccionar el sistema propulsor adecuado para la barcaza. Se estudian los sistemas propulsores más comunes en el ámbito naval para seleccionar la mejor propuesta, y elaborar un estudio técnico que incluye la selección óptima de los elementos de los dos sistemas propulsores, y las modificaciones de los demás sistemas que lo requieran. Posteriormente se realiza un análisis económico de la propuesta para así seleccionar el sistema de propulsión más adecuado y que genere menos costos y mayores ingresos.

CAPITULO 1

INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Características de las Barcazas

Las barcazas son embarcaciones de fondo plano, que se utiliza para transportar carga pesada o pasajeros a corta y larga distancia, generalmente no tiene propulsión por lo tanto son llevadas por remolcadores; aquellas que son autopropulsadas, en nuestro país, son llamadas gabarras. Brindan servicio a los puertos, ríos, bahías, muelles e incluso playas debido a que pueden vararse con facilidad, sin la necesidad de un muelle. Sin embargo, no todas las barcazas son empleadas para el transporte de carga, también se construyen barcazas tipo restaurante, hotel y casas para hacer turismo.

Este tipo de embarcaciones han sido utilizadas desde hace mucho tiempo debido a la necesidad de transportar grandes cantidades de carga con poco calado y relativamente bajos costos de construcción y operación. Generalmente se utilizaban en canales y esclusas, y eran remolcadas por hombres o animales como caballos y mulas, que iban por un camino lateral, esto limitaba su velocidad y capacidad de carga, permitiendo al ferrocarril entrar en el mercado de transporte de carga amenazando la existencia de estas embarcaciones. Luego se desarrollaron métodos más eficientes para competir, como la instalación de motores de vapor en barcas autopropulsadas o en remolcadores, instalación de baterías, y métodos eléctricos como Trolley, Funiculares y Mulass eléctricas. Todos estos métodos quedaron obsoletos con la llegada del motor diésel en 1910, y poco a poco asumieron el control ya que fueron capaces de remolcar más peso con mayor velocidad.

A pesar de la llegada del motor diésel no había garantía que el transporte por barcas continúe en el mercado ya que tenían que competir en este sector con grandes buques, por esta razón las empresas innovaron y enfrentaron los desafíos al diseñar nuevas barcas de ríos y océanos para todo tipo de carga y rutas, convirtiéndose en una herramienta de mucha utilidad para el transporte. Existen algunos tipos de barcaza según la carga y utilidad como:

Barcazas de Cubierta._ Son barcazas comunes, como la mostrada en la Figura 1, con su espacio de trabajo multifuncional, no tienen bodegas de carga, están diseñadas para transportar casi cualquier cosa, generalmente llevan vehículos y equipo pesado. También son utilizados como plataformas de servicios dando apoyo a torres de perforación, o en la construcción de estructuras en el mar.

Figura 1. Barcaza de cubierta Hua Hum



Fuente: www.barczas.cl

Barcazas Tanque.- Barcazas cuyas cubiertas tienen cierres estancos diseñadas para transportar líquidos, por lo general productos del petróleo y a base de aceite (Figura 2). Manejan carga peligrosa como gases licuados, gas a presión. Sus compartimentos deben estar bien diseñados para evitar la superficie libre, que provoca desplazamientos del líquido, poniendo en riesgo la estabilidad de la embarcación.

Figura 2. Barcaza Tanque



Fuente: www.towingline.com/archives/672

Barcazas Tolva._ Barcazas que pueden ser abiertas o con cubiertas estancas, transportan material como, arena, basura, carbón, mineral de hierro, bauxita, rocas, grava, cereales, azúcar. Está diseñada con algunos compartimentos entre la proa y la popa que albergan los productos, tiene una o algunas puertas en la parte inferior que se abren hacia abajo cuando el material va ser arrojado al mar o ríos. Dentro de este tipo están las barcazas tolva de separación o también llamadas Split (Figura 3), cuya diferencia de las barcazas tolvas comunes es que todo el casco se divide longitudinalmente, separándose el lado de babor del lado de estribor mediante bisagras en la cubierta haciendo que el material se deslice rápidamente por el centro. Son las más usadas para operaciones de draga.

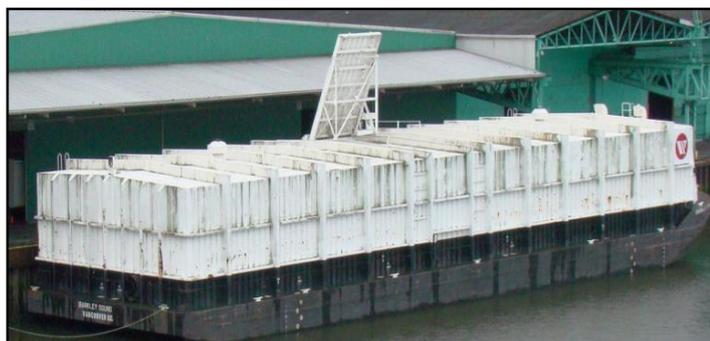
Figura 3. Barcaza Tolva de Separación



Fuente: www.southchinashipyard.com/product.php

Barcazas Cubiertas (Covered Barge).- Barcazas (Figura 4) provistas con una caseta que cubre parte o la totalidad de la cubierta de carga, muchas son diseñadas para el servicio de larga distancia en el mar. Es utilizada para el transporte de mercancías que necesitan protección contra la intemperie. Las casetas tienen típicamente puertas grandes, y se deslizan vertical u horizontalmente, facilitando el acceso.

Figura 4. Barcaza Cubierta



Fuente: www.flickr.com/photos/25409219@N02/5019525344/

Barcazas Madereras (log barge).- Barcazas utilizadas para el desembarco de troncos, véase la Figura 5. Para descargar el material, los tanques de un lado son inundados hasta que la barcaza se incline entre 25 y 30 grados y simplemente deja caer la carga. Durante todo el procedimiento es asistida por un remolcador, el cual está unido a la popa de la barcaza con una línea conectada a un sistema de liberación rápida.

Figura 5. Barcaza Maderera en el momento de la descarga



Fuente: www.ral.ca/designs/barges.html

Barcazas Seccionales.- Compuestas de varios pontones los cuales son atornillados o sujetos para hacer una plataforma plana estable de diferentes formas y tamaño según lo requerido por el cliente, véase la figura 6. Algunas están equipadas con puntales o brazos como las barcazas spud.

Figura 6. Barcaza Seccional



Fuente: wimscobarges.com/?page_id=125

Barcazas de Carga Seca a Granel.- Barcazas utilizadas, como su nombre lo indica (Figura 7), para transportar carga seca tales como carbón, acero acabado o sus derivados, grano, arena o grava, o materiales similares. Tienen un espacio hueco para la carga, que cuenta con refuerzos tanto horizontales como verticales. Las cubiertas pueden ser de fibra de vidrio o del mismo material del casco, que es de acero, dependiendo si la carga es sensible al clima y pueden ser levantadas o enrolladas.

Figura 7. Barcazas transportando carbón



Fuente: commons.wikimedia.org/wiki/File:Barge_%C3%A0_charbon.jpg

Barcazas Container Feeder.- Estas Barcazas son utilizadas para el transporte de contenedores y pueden estar equipadas con grúas para movilizar la carga (Figura 8). Son bastante empleadas en los puertos de contenedores ya que brindan apoyo a la logística reduciendo la congestión causada por los camiones contenedores.

Figura 8. Barcaza Container Feeder



Fuente: www.flickr.com/photos/nachtdienst/4515190923/

Barcazas Grúa.- Son barcazas equipadas con una o más grúas sobre la cubierta (Figura 9). Es utilizada para la elevación de cargas pesadas para proyectos de construcción en alta mar. Varían en tamaño de acuerdo al peso de la grúa y la ubicación de la obra. Tienen puntales como las barcazas spud o utilizan sistemas de amarre multipunto.

Figura 9. Barcazas Grúa



Fuente: www.btmarine.co.uk/n230.htm

Barcazas Spud.- Son utilizadas generalmente para trabajos de obras de construcción que requieren una plataforma estable, suelen ser barcazas de cubiertas, están equipadas con puntales que sostiene la barcaza fija en un solo lugar durante el trabajo, como se muestra en la Figura 10. Si se requiere colocar la embarcación en una posición indicada, se levantan los puntales y nuevamente se los fija en el sitio indicado.

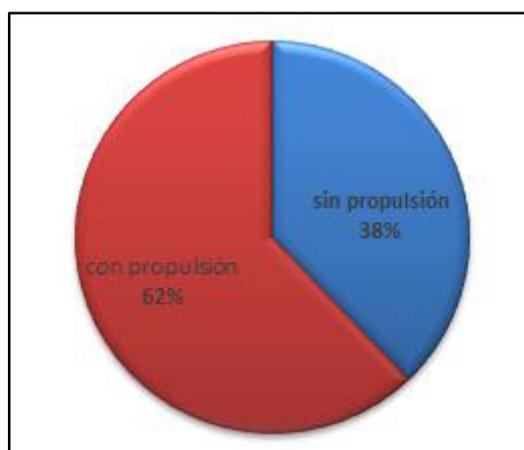
Figura 10. Barcaza Spud en muelle



Fuente: www.boatnerd.com/news/newsthumbsb/html1/newsthumbs_921.htm

Todas estas barcazas tienen varias aplicaciones de gran utilidad, y pueden ser combinadas de dos o más tipos a la vez según los requerimientos. Dependiendo del trabajo a realizar y de las zonas de operación se puede determinar si es conveniente instalar o no propulsión y qué tipo. En Ecuador la mayoría de barcazas son autopropulsadas según datos proporcionados por la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial [1], en la figura 11 se puede apreciar el porcentaje de barcazas de un total de 103.

Figura 11. Barcazas en el Ecuador



Fuente: Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial
Elaboración: Iris Ponce Chóez

La mayoría de estas embarcaciones son de uso privado y son utilizadas para transportar carga general. Las esloras de estas embarcaciones están entre 11.02 m y 104 m (Véase anexo A).

1.2. Reglamentaciones Técnicas Ecuatorianas para Barcazas

Todas las embarcaciones deben seguir una serie de reglamentaciones para poder navegar libremente en los ríos y océanos. Estas sirven para salvaguardar la vida humana y el medio ambiente, así como, los intereses de un país para su desarrollo. En Ecuador, la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial (SPTMF) es la institución encargada de establecer los requerimientos para obtener los permisos de navegación, los cuales dependen especialmente del tamaño, del servicio y del TRB de la nave. A continuación se nombran los requisitos que exige la SPTFM para una barcaza o cualquier embarcación que presta servicios de transporte de carga.

Convenio de Líneas de carga._ Su cumplimiento garantiza principalmente que exista una reserva de flotabilidad para que el buque pueda enfrentar una inundación parcial, además, garantiza una adecuada estabilidad y evita el exceso de esfuerzo en el casco debido a la sobrecarga. Este convenio cuenta con una serie de reglas que permiten calcular el francobordo mínimo que debe tener una embarcación, tomando en cuenta los riesgos en diferentes zonas y estaciones del año; estableciendo el límite de carga que puede llevar.

Certificado IACS._ La Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) representa a las 10 sociedades de clasificación más

importante del mundo como son: ABS, BV, CCS, DNV, GL, KR, LR, NK, Rina y RS. Es obligatorio que todas las embarcaciones de 400 TRB en adelante y para embarcaciones de pasajeros de 12 personas en adelante estén clasificadas con algún miembro del IACS.

Certificado IOPP (Certificado internacional de prevención de la contaminación por hidrocarburos)._ Este certificado forma parte de los convenios de MARPOL (Maritime Pollution). Su objetivo es reducir las descargas de hidrocarburos y disminuir los accidentes y derrames en el mar. Es obligatorio para embarcaciones tanqueras, o embarcaciones que pasan mucho tiempo en travesía, debido a que se puede mezclar agua con combustible en las sentinas y ser desechadas en el mar.

Certificado ISPP (Certificado internacional de prevención de la contaminación por aguas residuales)._ Este certificado también es emitido por MARPOL, su objetivo es evitar la contaminación del mar prohibiendo derramamientos de aguas residuales, o al menos aguas residuales que no hayan sido tratadas y sean arrojadas dentro de la costa.

Certificado de arqueo._ Este certificado permite acreditar a una embarcación para su clasificación. El arqueo está relacionado con el volumen de espacios

cerrados o utilizables; este valor permite establecer los costos que se imponen para acceder al derecho de navegar.

Las embarcaciones también deben contar con los siguientes documentos o permisos:

- Planos de construcción y memoria técnica: Toda embarcación debe presentar los planos de líneas de forma, estructurales sistemas y circuitos; y su respectiva memoria técnica en la cual se detalla lo presentado en los planos; posteriormente se realiza un estudio para poder ser aprobados.
- Matrícula: certificado emitido por la Capitanía de Puerto correspondiente.
- Aprobación de estudio de estabilidad.
- Licencia de construcción y/o modificación.
- Permiso de vare y desvare.
- Dotación mínima para la embarcación: De acuerdo a la potencia del motor y TRB de la nave.
- Patente de navegación.
- Permiso de tráfico: Documento que demuestra la nacionalidad y las condiciones de navegabilidad y seguridad de la nave.

En vista de los últimos accidentes marítimos ocurridos en el país, es una buena opción que los dueños de las naves aseguren la carga; este no es un certificado que emite la Subsecretaria, pero se evitan grandes pérdidas económicas a los dueños.

1.3. Especificaciones Técnicas de la Embarcación Seleccionada

La barcaza “Amistad” de 48 m de eslora (Figura 12) es una barcaza tipo cubierta construida totalmente de acero, utilizada para el servicio de carga general, materiales de trabajo y maquinaria, especialmente requerida por la plataforma offshore del mismo nombre. Tiene una sola cubierta principal corrida, de proa a popa, y en la parte inferior de la cubierta, se encuentran 12 compartimentos estancos. Posee los equipos necesarios para que la embarcación funcione continuamente, generación eléctrica, equipos de salvataje, equipos de comunicación, entre otros.

Figura 12. Barcaza Amistad



Fuente: www.astinave.com.ec

A continuación se presentan las especificaciones técnicas e información necesaria para el estudio [2].

1.3.1 Características Principales

Se detallan las dimensiones principales y las capacidades de los tanques.

Tabla I. Dimensiones Principales del Casco

Eslora total	48.0	m
Manga total	15.0	m.
Puntal	3.2	m
Calado	1.2	m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla II. Capacidades de Tanques

Combustible Diésel	21480.0	gal
Agua Dulce	12200.0	gal
Agua Salada (Lastre)	24400.0	gal

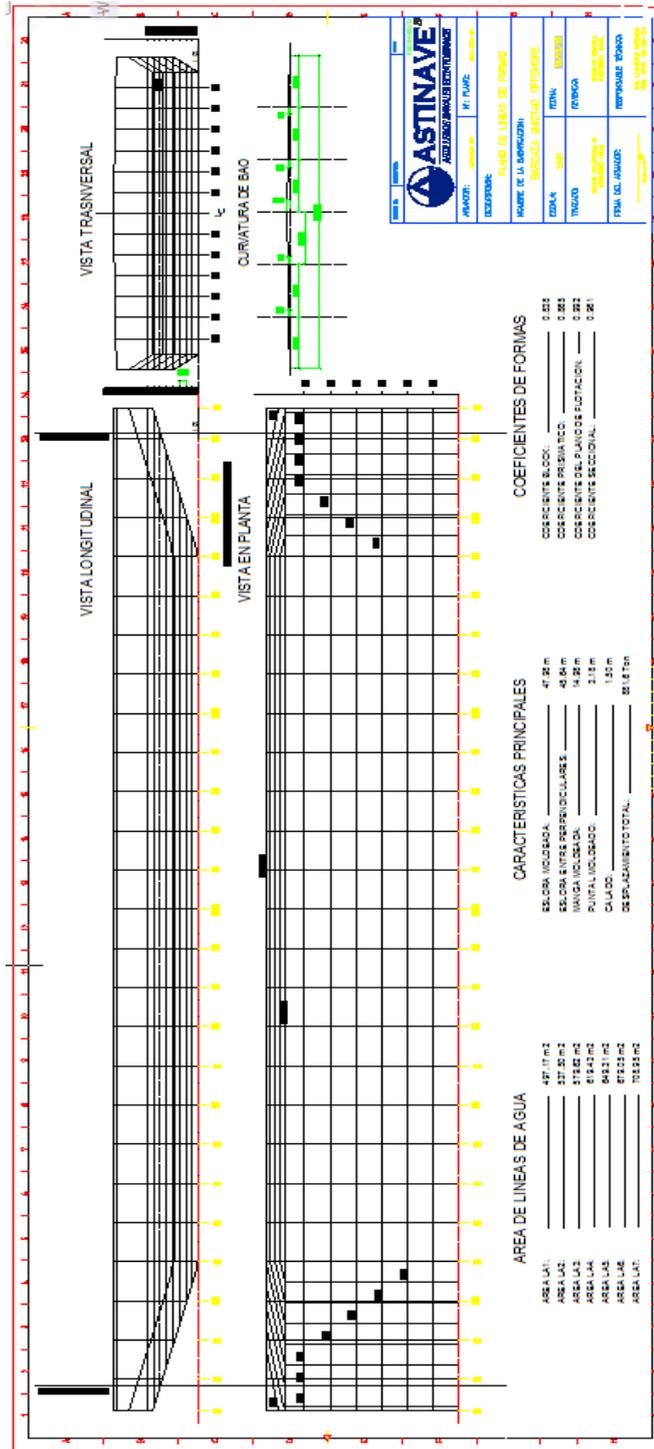
Fuente: Elaboración Propia

1.3.2 Planos

Se presentan los siguientes planos básicos:

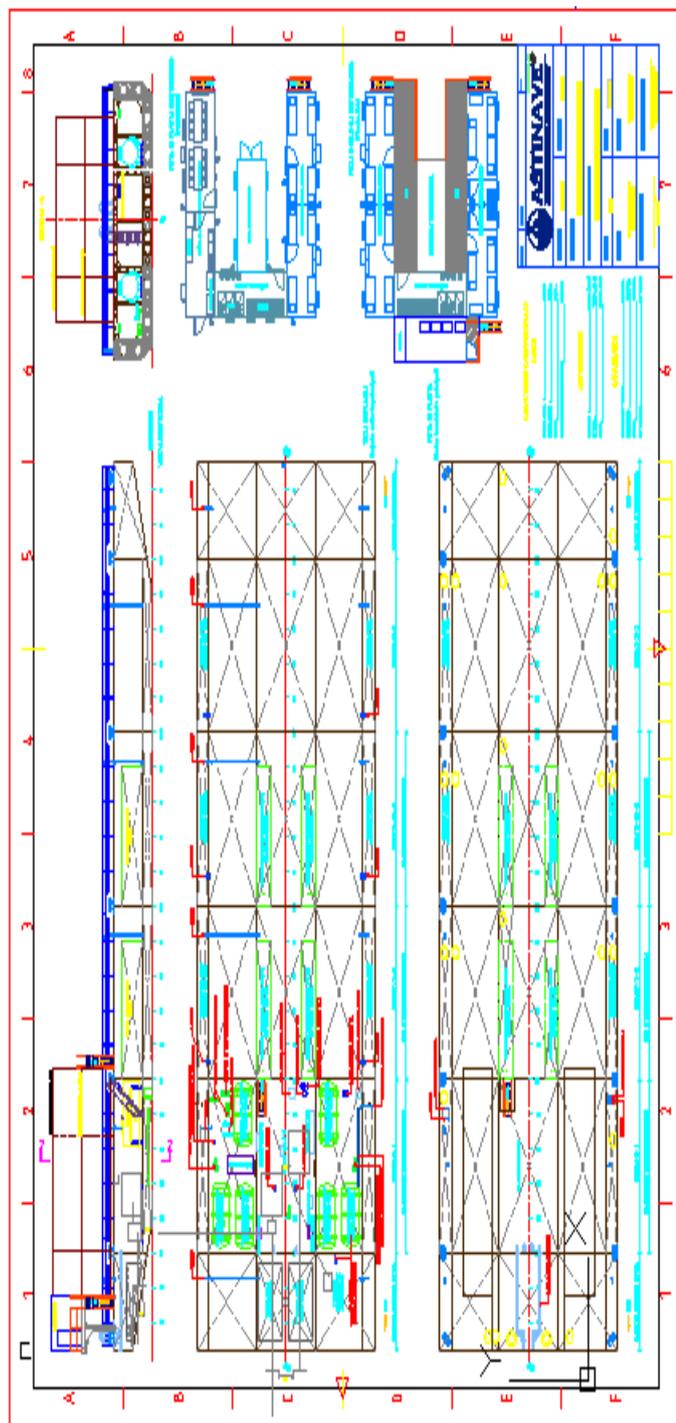
- Líneas de Formas
- Distribución General
- Estructurales del Casco
- Sistema de Combustible
- Sistema de Achique, Lastre y Contraincendios

Figura 13. Líneas de Forma de la Barcaza Amistad



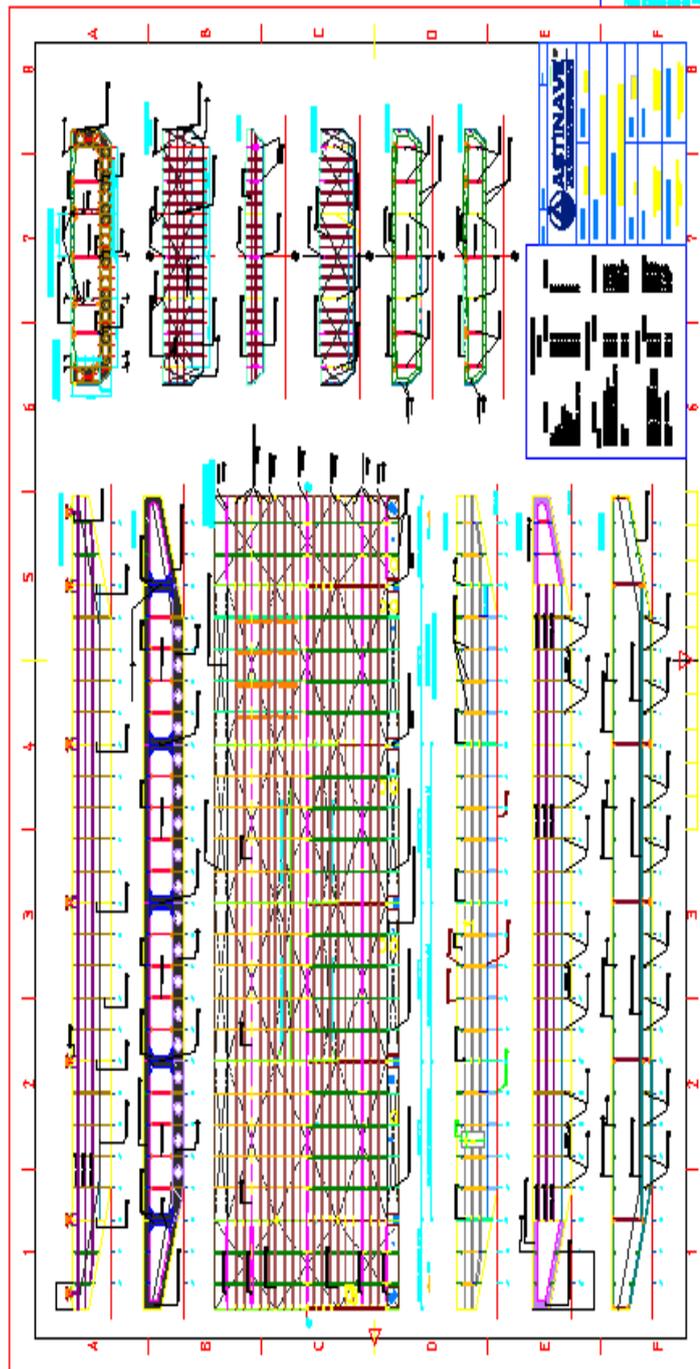
Fuente: Astinave E.P

Figura 14. Distribución General de la Barcaza Amistad



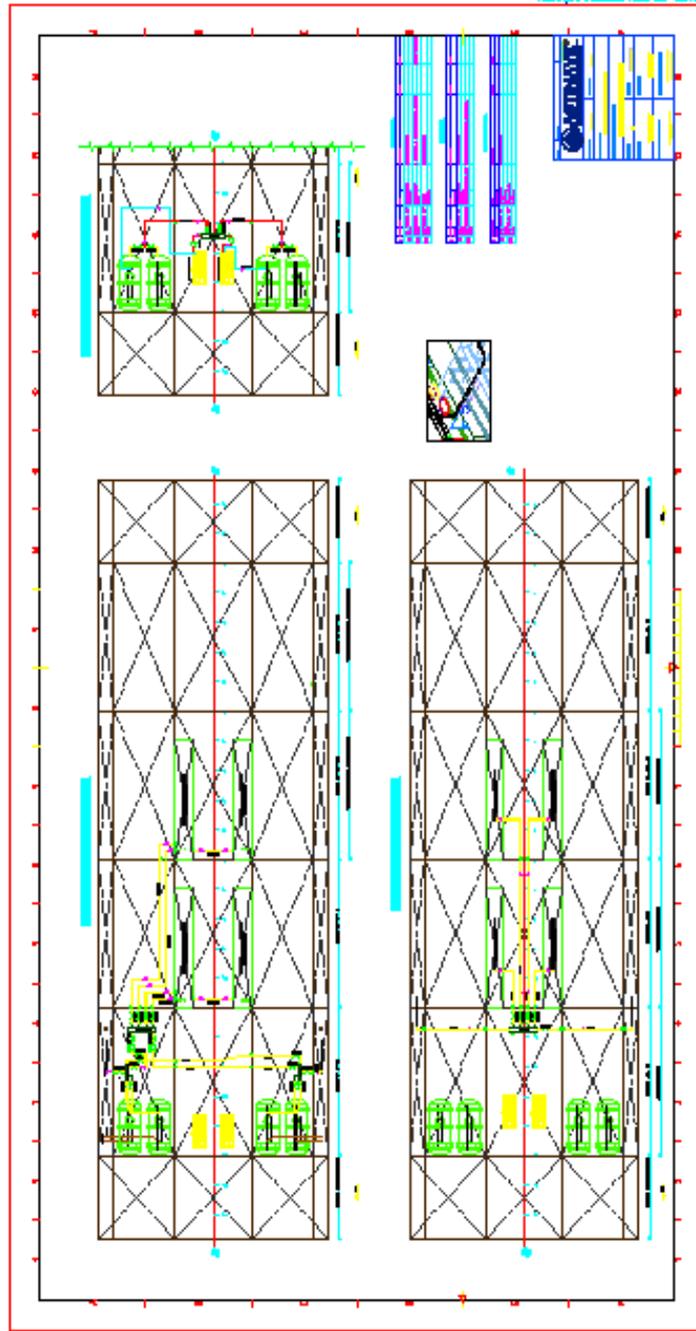
Fuente: Astinave E.P

Figura 15. Estructurales del Casco de la Barcaza Amistad



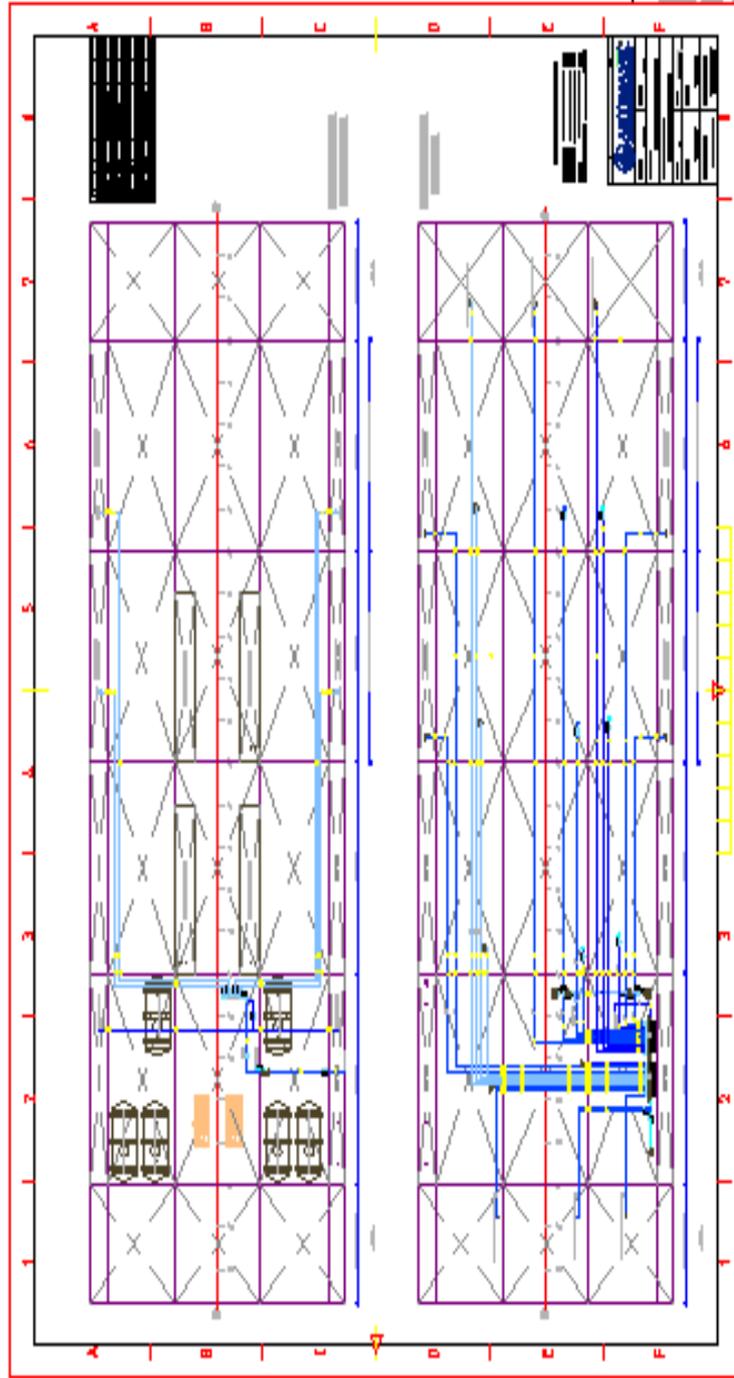
Fuente: Astinave E.P

Figura 16. Sistema de Combustible de la Barcaza Amistad



Fuente: Astinave E.P

Figura 17. Sistema de Achique, Lastre y Contraincendios de la Barcaza



Fuente: Astinave E.P

1.3.3 Detalles Estructurales

La construcción es de tipo longitudinal, consta de cuatro mamparos longitudinales, un mamparo con espesor de 3/8" y otro con espesor 1/4" en cada banda, colocados a 2500 mm y 6500 mm respectivamente desde la línea de crujía. Incluye además, tres vagras longitudinales separadas 4500 mm de la línea de crujía, tanto a babor como estribor. Las cuadernas están separadas cada 1875 mm y están reforzadas con puntales tipo tubo, ubicados en línea de crujía y separados de esta 4500 mm a babor y estribor; y los mamparos transversales están separados cada 9375 mm. El planchaje del casco está compuesto por los siguientes espesores:

Tabla III. Espesores del Planchaje del casco

Ubicación	Material	Espesor
Fondo	ASTM A-131	1/2"
Costado	ASTM A-131	3/8"
Pantoque	ASTM A-131	1/2"
Cubierta Principal	ASTM A-131	3/8"
Doble fondo	ASTM A-131	3/8"
Doble fondo (costado de babor y estribor)	ASTM A-131	1/4"
Espejo de proa y popa	ASTM A-131	3/8"
Mamparos de doble fondo	ASTM A-131	1/4"

Fuente: Elaboración Propia

El casco tiene cuatro barras longitudinales de 1_1/2" llamadas "chinas" ubicadas en el pantoque, dos en cada banda. Los demás elementos estructurales están distribuidos como se define en las tablas IV y V:

Tabla IV. Estructurales del Casco

Descripción	Material	Refuerzo
Longitudinales Fondo	ASTM A-36	Tipo L: 4 "x4"x3/8"
Longitudinales Doble Fondo	ASTM A-36	Tipo L: 4 "x4"x3/8"
Baos Cubierta Principal	ASTM A-36	Tipo L: 12 "x4"x3/8"
Longitudinales Cubierta Principal	ASTM A-36	Tipo L: 4 "x4"x3/8" Tipo T: 16 "x6"x1/2"
Puntales	ASTM A-53	Tubo 4", CED.80
Vagras	ASTM A-131	Plancha: 1/2"

Fuente: Elaboración Propia

Tabla V. Estructurales de Mamparos

Descripción	Material	Refuerzo
Mamparos Transversales	ASTM A-131	Plancha: 3/8"
Mamparos Longitudinales, Lc+2500	ASTM A-131	Plancha: 3/8"
Mamparos Longitudinales, Lc+6500	ASTM A-131	Plancha: 1/4"
Refuerzos Verticales	ASTM A-36	Tipo L: 4 "x4"x3/8" Tipo L:16" x6"x1/2"
Refuerzos Horizontales	ASTM A-36	Tipo L: 4 "x4"x3/8"
Platinas	ASTM A-36	Platinas: 3"x3/8"
Escuadras	ASTM A-131	Plancha: 3/8"

Fuente: Elaboración Propia

Consta de los siguientes compartimentos

- Peak de popa. (Bloque de lanzamiento de popa).
- Sala de generadores. (Módulo I - Compartimento central).
- Sala de tanques de agua dulce, combustible, bombas trasvasije y manifolds de achique, lastre. (Módulo I y III).
- Sala de tanque de almacenamiento de combustible. (Módulo V).
- Compartimentos estancos. (Módulo IV, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII).
- Peak de proa. (Bloque de lanzamiento de proa).

1.3.4 Habitabilidad

La barcaza fue diseñada y construida para llevar a bordo 45 tripulantes y para su habitabilidad se han colocado contenedores. Sin embargo, en la actualidad los contenedores no están instalados, ya que a últimas instancias se decidió alquilarla sin ellos. A pesar de esto, es importante conocer la distribución de los contenedores debido a que al instalar el sistema propulsor se requerirá de los tripulantes y para su habitabilidad se necesitará reubicarlos. La distribución de los contenedores es como se indica a continuación:

- Cuatro contenedores de 20 pies, dos ubicados en planta baja y dos ubicados sobre los anteriores, incluyen sus respectivas luces interiores

y sistemas de aire acondicionado. Los contenedores de planta baja están ubicados en línea de crujía, uno es utilizado como bodega de herramientas, y el segundo, como baño para los obreros, con cuatro duchas, tres servicios higiénicos, y cuatro lavamanos. Los otros contenedores son utilizados como baños para los obreros, con las mismas características que el de la planta baja, mientras que el segundo, es utilizado como cuarto de enfermería y cuarto de control, adecuado para satisfacer necesidades náuticas.

- Cuatro contenedores de 40 pies, dos en planta baja y dos en planta alta ubicados a los costados de babor y estribor de la embarcación. El contenedor de planta baja de estribor sirve de habitabilidad para los obreros con sus respectivas literas, closets, luces interiores y sistema de aire acondicionado y el contenedor de planta baja de babor, sirve como pañol de alimentos, cocina, comedor, y sala para comedor. El contenedor de planta alta ubicado en la banda de estribor es distribuido para la habitabilidad y baños del personal profesional y el contenedor ubicado en la banda de babor es utilizado para habitabilidad de los obreros, con las mismas características del contenedor de la planta baja.

1.3.5 Sistema Eléctrico

Bancos de batería 12VDC

La barcaza cuenta con tres bancos de baterías. Uno para cada generador y otro para alimentar los equipos consumidores de 12VDC cuando fallen las otras fuentes de poder. Los generadores cuentan con un banco de batería de 200Ah de capacidad de 12VDC, son especialmente utilizadas para el arranque.

El banco de baterías de emergencia para consumidores 12VDC tiene una capacidad de 100Ah a 12VDC.

La embarcación cuenta con los siguientes cargadores de batería:

- 24VDC 55 AMP para los bancos de batería de los generadores.
- 12VDC 35 AMP para el banco de batería de emergencia.
- Generación de Corriente Alterna

La barcaza tiene dos generadores eléctricos a Diésel, ubicados en la sala de generadores, sus características se muestran en la Tabla VI.

Tabla VI. Características de los Generadores

Fabricante	CUMMINS
Modelo	99MDDCE
Potencia -1800RPM	162 HP
Consumo de Combustible	7.8 Gal/hora
Rpm	1800
Enfriamiento	AGUA/AIRE
Voltaje	440 VAC
Corriente Nominal	162.4 AMP
Frecuencia	60Hz
Potencia Continua	99KW

Fuente: Elaboración Propia

La capacidad de los dos generadores es suficiente para satisfacer todos los servicios que posee la embarcación como alumbrado, equipos y tomacorrientes de servicio general. Los generadores eléctricos cuentan con un regulador de voltaje, y con un panel de mando en el cuarto de bombas.

Poder de Tierra

La embarcación cuenta con una toma de poder de tierra de 60 Amp continuos a 440 VAC trifásico. El cable de poder de tierra es calibre 3x6 AWG y tiene una longitud de 30 metros.

Paneles de Distribución Eléctrica

La embarcación cuenta con ocho paneles para el arranque y control de las máquinas principales, un panel para la distribución de la energía en corriente alterna 440VAC-60Hz, dos paneles para la distribución de la energía en corriente alterna 220VAC-60Hz/120VAC-60Hz para habitabilidad, un panel en corriente alterna 220VAC-60Hz/ 120VAC-60Hz para Iluminación exterior (reflectores), un panel para la distribución del poder de 12 VDC, en corriente continua para equipos de comunicación y navegación; un panel para corriente alterna 440VAC-60Hz para bombas de Transvase de Combustible; un panel para corriente alterna 220VAC-60Hz para bombas de despacho de Combustible, y un panel para Herramientas Eléctricas en corriente alterna 440VAC/220VAC -60Hz.

Bandejas Eléctricas

El recorrido del cableado eléctrico es soportado en bandejas perforadas, galvanizadas de espesor 3 mm, pintada electroestáticamente RAL7032. Para sujetar el cable se utilizan amarras plásticas.

Cableado Eléctrico

Los cables eléctricos cumplen con las siguientes características:

- Clasificación: Embarcaciones Marinas
- Bajo en emisiones de Gas Tóxico y Corrosivos
- Retardante a la llama.
- Temperatura del conductor +90°C o superior.
- Tensión de aislamiento 0.6/1KV.
- Normas IEEE 1580
- Normas ABS
- Normas UL 1309/CSA 245 Type X110

Penetraciones en Mamparos de Cables Eléctricos

Se ha provisto a la embarcación de tránsito, marca RISE para el paso por el mamparo M3 (Sala de máquinas); mamparo M8, mamparo M13 (Cuarto de Tanques de Combustibles) mamparo M13, mamparo 23 (Ruta para Iluminación Exterior) para asegurar la estanqueidad del mamparo.

1.3.6 Circuitos

Los circuitos están instalados de tal manera que son accesibles para la inspección y mantenimiento.

Sistema Sanitario, de Aguas Grises y Negras

Este sistema está compuesto de una caja de mar que alimenta a un tanque a presión, el cual por medio de una bomba de 3HP suministra agua salada a los inodoros. La descarga de los lavabos, inodoros y duchas son almacenadas en un tanque ubicado en el bloque de lanzamiento de popa. Este almacenamiento es tratado químicamente por medio de una planta de tratamiento de aguas residuales y posteriormente son descargados por un costado de la barcaza.

Sistema de Achique, Lastre y Contraincendios.

El sistema cuenta con dos bombas verticales de 15 HP, distribuidas de tal forma que se las pueda usar al mismo tiempo con diferentes fines. El sistema de achique es empleado para sacar por medio de un eductor residuos líquidos de los compartimentos del doble fondo correspondientes al peak de proa y popa, compartimentos de la sección media y sala de equipos y generadores.

Todas las succiones están ubicadas debajo del doble fondo y las líneas se acoplan a dos manifolds conectados entre sí, y ubicados en el doble fondo del módulo I, al costado de la sala de equipos y generadores.

En la cubierta principal están ubicadas dos tomas contra incendios, con válvulas angulares para acoplar una manguera de diámetro 1_1/2”.

El sistema de llenado de los tanques de lastre se realizará con las bombas verticales de 15 HP, y para el vaciado se emplea el eductor.

Sistema de Combustible

La barcaza tiene cuatro tanques de combustible con capacidad de 4042 Galones cada uno, ubicados tanto en Babor como Estribor. Asimismo, cuenta con cuatro tanques diarios de combustible, con una capacidad total de 1328 galones cada uno, ubicados bajo cubierta y en sala de generadores.

Por medio de dos bombas de trasvasije acopladas a un manifold de 4”, llevan el combustible desde los tanques de almacenamiento a los tanques diarios para abastecer del mismo a los generadores eléctricos. Las conexiones a estos generadores se realizarán por medio de acoples flexibles, y válvulas de cierre rápido.

Sistema de Enfriamiento de Generadores

Los dos Generadores tienen su respectivo sistema de enfriamiento por agua salada y su caja de mar. La descarga se realiza por el espejo del bloque de lanzamiento de popa.

Sistema de Agua Potable

Este circuito suministra agua a la cocina, enfermería, lavandería, lavaderos y duchas de los baños. Tiene dos tanques fijos en babor y estribor de 6100 Galones, dos tanques de fibra de vidrio de 1328 Galones, una bomba de 3 Hp y un tanque de presión de máximo 125 Psi.

Sistema de Gases de Escape

La descarga de gases de escape de los generadores se realiza por el espejo del bloque de lanzamiento. Las tuberías son de acero negro ASTM A-53, de diámetro 6" cédula 80 para trapa de agua sobre cubierta y cédula 40 para recorrido bajo cubierta principal.

Sistema de Fondeo y Amarre

La barcaza esta provista con diez bitas de amarre, ubicadas en la cubierta principal cinco en cada costado y están apoyadas sobre un reforzamiento estructural debajo de la cubierta para su agarre. La embarcación se sujeta en los cuatro extremos con 400 m de cadena de acero grado B cada uno y con un peso de 400 lbs.

Sistema de Ventilación / Extracción en Sala de Máquinas

La embarcación cuenta con un sistema de ventilación del tipo forzada que consta de dos ventiladores tipo blowers de 3.58 kw cada uno, ubicados en la cubierta principal sobre sala de generadores. La extracción se la realiza de manera natural por medio de unas rejillas en el cubichete de la sala de generadores.

Sistema de Aire Acondicionado

La embarcación está equipada con un sistema de aire acondicionado tipo Split para cada uno de los contenedores. Dos acondicionadores de aire de 12000 (BTU/h), seis de 18000 (BTU/h), uno de 24000 (BTU/h) y uno de 28000 (BTU/h).

1.3.7 Equipamiento Náutico, de Navegación y de Comunicación

Radio VHF Móvil de Banda Ancha

Un Radio VHF Móvil MOTOROLA DGM 4100 de 25/1 (W) ubicada en el Cuarto de Control. Tiene 32 canales con frecuencias desde 136 a 174 (MHz), y una potencia de salida de audio de 3 (W). Se alimenta con 12 VDC.

Radio VHF Móvil de Banda Marina

Un Radio VHF Marino ICOM IC-M504 de 25/1 (W) con DSC ubicada en el cuarto de control, tiene una frecuencia de transmisión de 156.025 a 157.425 [MHz], una frecuencia de recepción de 156.050 a 163.275 (MHz), y una potencia de salida de audio de 4.5 (W). Se alimenta con 12 VDC.

Radio VHF portátil de Banda Ancha

Tres Radios VHF Portátil MOTOROLA DGP 4150, intrínsecamente seguros con tecnología TDMA. Posee una frecuencia de 136 hasta 174 (MHz) y una potencia de 4/1 (W). Cumple con los estándares MIL-SPEDS 810 C; D, E, y F,

y un grado de protección IP57. Incluye batería intrínsecamente segura, y cargador rápido IMPRES.

Radiobaliza de Localización de Siniestros

Una Radiobaliza de Localización de Siniestros MCMURDO SMARTFIND PLUS/G5 con una frecuencia de transmisión de 406 [MHz], resistencia al agua hasta 10 m, con una vida operacional de 48 horas y una batería de 5 años de vida útil.

Transponder de Búsqueda y Rescate

Un Transponder de búsqueda y rescate MCMURDO S4 Rescue con un tiempo de operación de 8 h y en modo Standby de 96 h.

Megáfono

Un megáfono STANDARD HORIZON LH10. Posee (04) salidas, (02) con una potencia de salida de 35 (W) y (02) de 4.5 (W). Se alimenta con 12 (VDC). Es una unidad compacta, y estará ubicada en el Cuarto de Control.

1.3.8 Luces de Navegación

La embarcación cuenta con las siguientes luces de navegación:

01 Luz de mástil/fondeo, 225°, blanca, 5 millas.

- 01 Luz de maniobra, 360°, roja, 2 millas.
- 01 Luz de maniobra restringida, 360°, amarilla, 2 millas.
- 01 Luz de babor ,112-1/2°, roja, 2 millas.
- 01 Luz de estribor, 112-1/2°, verde, 2 millas.
- 01 Luz de estela, 135°, blanca, 2 millas.

1.3.9 Equipo de Señalamiento Óptico y Luces de Búsqueda

Reflector De Maniobra

Tres reflectores a prueba de explosión por banda sobre un poste desmontable de 2.5 metros de altura ubicados en las bandas de babor y estribor de la embarcación. También están ubicados dos reflectores a prueba de explosión sobre los contenedores de Habitabilidad. Y un reflector giratorio a prueba de explosión en Proa, cuya potencia es de 1000 W y 220 VAC@60Hz.

Reflector de Búsqueda

Está ubicado a popa de la embarcación en la línea de crujía sobre la cubierta del cuarto de control. Es un reflector a prueba de Explosión. Cuenta un foco de alto brillo y concentración de rayo 500W a 220VAC con un alcance de hasta 1.5 millas.

CAPITULO 2

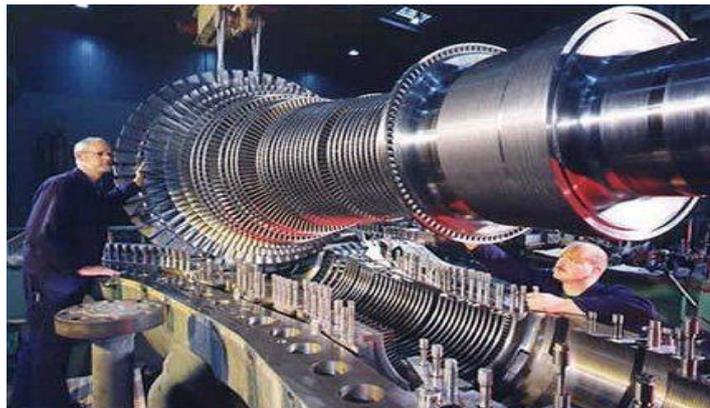
PROPUESTAS PARA EL SISTEMA PROPULSOR DE LA BARCAZA

2.2. Tipos de Sistemas Propulsores

Se conoce como sistema propulsor al conjunto de elementos (máquina o motor, caja reductora, ejes, propulsor y otros) que permiten generar el empuje necesario para mover la embarcación. Es el sistema más importante que se debe considerar al momento de diseñar un buque. Existe una variedad de sistemas que emplean diversos arreglos de motores, ejes, reductores y propulsores, para ajustarse a los requerimientos del armador. A continuación se muestran los sistemas más comunes en el mercado naval.

Propulsión turbina a Vapor._ Este sistema consta de una caldera, turbina de vapor y un condensador; el combustible generalmente usado es el bunker. El combustible se quema en la caldera produciendo vapor de agua, el cual es transformado en trabajo útil en la turbina a partir de la energía calorífica del vapor; a continuación el vapor es llevado al condensador para ser transformado en líquido, por último es bombeado a la caldera para reiniciar el ciclo, ver la Figura 18.

Figura 18. Turbina a Vapor



Fuente: www.directindustry.es/prod/man-diesel-turbo/turbina-vapor-19648-43114.html

Propulsión Turbina a Gas._ Su funcionamiento es similar al de turbina a vapor, únicamente que su fluido de trabajo es aire; consta de un compresor, un equipo combustor y la turbina (Figura 19). El aire es comprimido y mezclado con combustible para luego ser quemado, el gas producido se expande a

través de la turbina haciéndola rotar. Las turbinas a gas siempre van a necesitar de un engranaje reductor debido a que produce altas revoluciones y la hélice requiere menores velocidades.

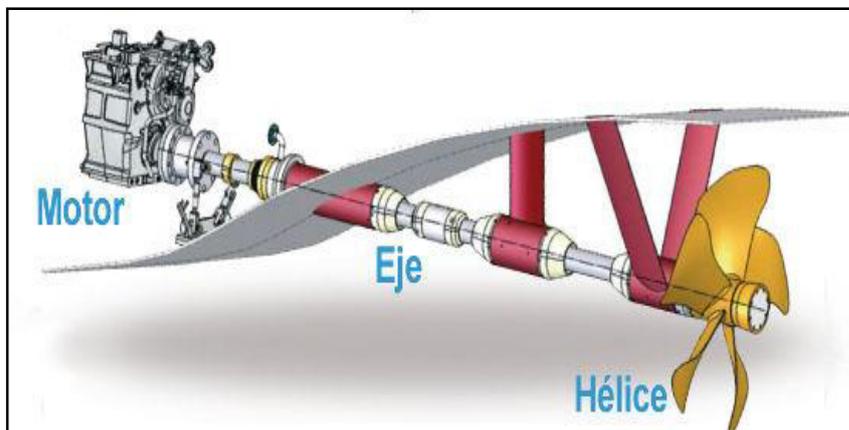
Figura 19. Turbina a Gas



Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Gas_turbine

Sistema de Propulsión Diésel de Combustión Interna. Es el sistema de propulsión marina más utilizado, convierte la energía química, debido a la combustión en los cilindros, en energía calorífica, parte de la cual se convierte en energía cinética para finalmente convertirse en energía mecánica. Puede estar conectado directamente al eje cuando se requieren velocidades bajas, como se muestra en la Figura 20, y por medio de una transmisión reductora se pueden reducir las revoluciones del motor, obtener el máximo rendimiento de la hélice y mayor seguridad de funcionamiento.

Figura 20. Sistema Diésel con Conexión Directa

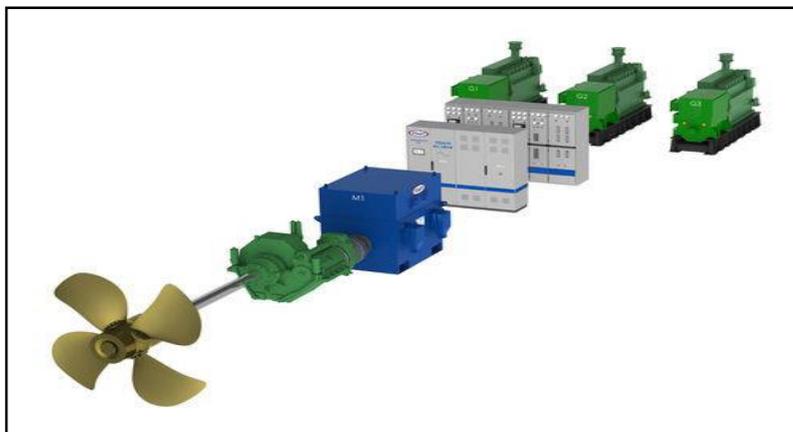


Fuente: <http://finmarpropulsionnaval.blogspot.com/>

Sistema de Propulsión Diésel Eléctrica

Sistema de propulsión en que el propulsor es accionado por medio de un motor eléctrico que es alimentado por generadores movidos por motores diésel (Figura 21). Se evitan largos ejes, pueden estar ubicados en cualquier parte de la embarcación debido a que proveen mayor flexibilidad en la ubicación. Los generadores se pueden utilizar para proveer energía tanto para la propulsión como para los demás servicios, no requiere de engranajes reductores y la potencia puede ser aumentada adicionando nuevos generadores.

Figura 21. Sistema de Propulsión Diésel Eléctrica



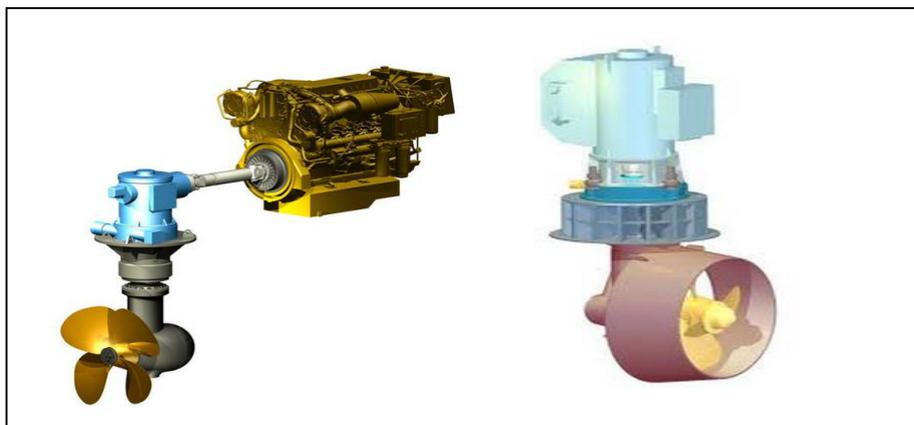
Fuente: www.nauticexpo.es/prod/stadt/sistemas-propulsion-buque-diesel-electricos-32120-200622.html

Sistema Propulsor Azimutal

Sistema propulsor que consiste en una hélice que puede girar horizontalmente un total de 360° dando empuje en cualquier dirección, haciendo innecesario la instalación de un timón, y permitiendo mejor maniobrabilidad que el sistema convencional de hélice y timón. Generalmente son empleados en buques offshore, cruceros, remolcadores, barcazas, ferries, embarcaciones deportivas, y todos los buques cuya maniobrabilidad sea la característica más importante. Existen 3 tipos de sistemas azimutales según la transmisión de energía.

- **Azimutal de Transmisión Mecánica.-** Está conectado al motor diésel mediante un sistema mecánico de engranajes, véase la Figura 22. Dependiendo de la disposición del eje del propulsor pueden ser L-drive y Z-drive. El primero está compuesto de dos ejes (vertical y horizontal) formando un ángulo recto, mientras el segundo está compuesto de tres ejes (dos horizontales y uno vertical), cuyo movimiento de rotación se asemeja a la letra Z.
- **Azimutal de Transmisión Eléctrica.-** Está acoplado directamente a través de un eje a un motor eléctrico ubicado en la misma vaina (pod o contenedor) perpendicular al propulsor, como se muestra en la Figura 22. La generación de electricidad del motor eléctrico es dada generalmente por un motor diésel, aunque también se están empleando turbinas a gas.

Figura 22. Azimutal de Transmisión Mecánica y de Transmisión Eléctrica



Fuente: <https://www.linkedin.com/today/post/article/20140624085708-229093469-learn-about-offshore-azimuth-thrusters>

- **Azimutales de Transmisión Hidráulica.-** Este sistema emplea una hélice impulsado por un motor hidráulico instalada en la misma vaina, a su vez el vástago de la hélice está unida al motor diésel-hidráulico el cual es montado sobre cubierta. Se puede ajustar la inclinación del drive, la profundidad de la hélice, las opciones del control remoto, y los motores pueden girar hacia los lados dejando más espacio para el trabajo de la carga. Es generalmente utilizada en barcas, plataformas y embarcaciones fluviales. Existe varios tipos como: los que proporcionan dirección 360 grados, los que proporciona dirección 180 grados, aquellos montados sobre el espejo o en los costados de la embarcación y las unidades mini que ocupan poco espacio en la

cubierta. En la Figura 23 se muestran algunos de los tipos de sistemas azimutales hidráulicos mencionados.

Figura 23. Sistemas Azimutales Hidráulico



Fuente: www.thrustmaster.net/wp-content/uploads/2013/12/Outboard-Propulsion-Brochure-2-2-12.pdf

Los propulsores azimutales pueden ser fijos o retractiles y están disponibles como hélices de paso fijo y variable, con o sin tobera dependiendo de los requerimientos propios de la embarcación. También, incluye los azimutales con hélices rotativas que tiene efectos hidrodinámicos positivos debido a que recupera parte de la energía de estela, lo que no se logra con una sola hélice.

Propulsión a Chorro

También llamado waterjet es un sistema que expulsa agua a altas velocidades para impulsar el buque, el cual es accionado generalmente por un motor diésel o turbina a gas. El agua entra por debajo del casco a través de unas rejillas y pasa por una bomba o una hélice con tobera que impulsa el agua hacia atrás permitiendo el avance (Figura 24). Empleando el inversor de empuje también se puede logra dar marcha atrás con facilidad y rapidez. Generalmente son empleadas en embarcaciones de recreo de alta velocidad, pero su uso en embarcaciones de mayores dimensiones como buques ferries y buques militares se está incrementado debido al deseo de lograr mayores velocidades.

Figura 24. Propulsión Waterjet



Fuente: <http://www.atmosferis.com/wp-content/uploads/2012/02/captacion-water-jet.jpg>

2.3. Parámetros a considerar para el Estudio Técnico – Económico

El sistema propulsor debe cumplir una serie de requisitos técnicos y económicos que proporcionen buen rendimiento, seguridad y rentabilidad a la barcaza. Para esto, es necesario establecer los parámetros que permitan seleccionar el sistema propulsor apropiado bajo las condiciones de servicio de la barcaza. Existen una variedad de parámetros que pueden ser definidos para la barcaza pero se han resumido, tal como se muestra a continuación.

Maniobrabilidad

La principal función de la Barcaza Amistad es brindar servicios a la plataforma offshore, por lo tanto, la embarcación está sometida a oleajes por causa del viento o por corrientes de carácter sísmico, a mareas de hasta 3 metros de altura, y corrientes que pueden alcanzar varios metros por segundo; condiciones meteorológicas que deben ser superadas actuando de manera inmediata, lo que conlleva a que la embarcación tenga un sistema propulsor fácil de maniobrar sobre todo a baja velocidad o en operaciones estáticas. Una rápida operación mejora la eficiencia de los servicios prestados por la barcaza, aumentando los ingresos debido al mayor número de viajes que realice en un determinado tiempo.

Espacio – Peso

En la actualidad, la Barcaza “Amistad” no cuenta con sistema propulsor a bordo, por lo tanto, el sistema que vaya a ser instalado está limitado por el peso y el espacio que disponga la barcaza. Se debe procurar ocupar el menor espacio y peso posible, para que la embarcación cumpla con eficiencia la función para la que fue diseñada, llevando mayor carga y, por consiguiente obtener mayor rentabilidad. La ubicación del sistema juega un papel importante, debido a que el sistema debe estar instalado en posiciones estratégicas que evite grandes modificaciones del casco o de la distribución y que no afecte la estabilidad de la barcaza.

Adquisición e Instalación

Este parámetro tiene gran influencia en la toma de decisión debido al costo que puede generar. Estos costos varían según el proveedor; aumentan si el equipo es importado o si el sistema es sofisticado debido a que se va a requerir de personal calificado para la correcta instalación y puesta en marcha. Se puede adquirir el sistema por elementos individuales, lo que implica dificultad en la logística; o como elementos integrados, con sus motores, generadores, hélices y otros elementos que pueden conformar el sistema haciendo que la

adquisición sea más rápida y los costes disminuyan al obtener todo de un mismo proveedor.

Mantenimiento y Reparación

Para alargar la vida útil de todo el sistema de propulsión y mantener su punto de eficiencia es de mucha importancia llevar un plan de mantenimiento y reparar los elementos que lo requieren. Existen sistemas que requieren de mayores revisiones en su vida útil y, así mismo sistemas que pueden tener muchos años sin reparaciones generales. Sin embargo, las reparaciones de estos últimos pueden resultar muy costosas debido a su tecnología y al uso de personal calificado. Es importante pensar en la facilidad de obtener nuevas piezas evitando en lo posible tener que importar para reducir costos.

Costos de Operación

Este costo depende del consumo de combustible, consumo de lubricantes y de la cantidad de personas a bordo quienes llevan a cabo las operaciones de la barcaza. El consumo de combustible a su vez depende de la eficiencia del motor y de la velocidad la cual varía en cada condición de carga de la barcaza. Los sistemas de propulsión más sofisticada ofrecen menor consumo de

combustible y por consiguiente son más agradables con el medio ambiente; aunque son más costosos.

2.4. Selección de los Sistemas propulsores adecuados para la barcaza

Actualmente existe una amplia variedad de sistemas para la propulsión de una embarcación, desde los sistemas más robustos y antiguos hasta los más sofisticados; por esta razón su selección se vuelve más compleja. Para resumir esta extensa lista se nombraron anteriormente los sistemas más usados en el medio naval. Ahora, en esta sección se muestran sus principales ventajas y desventajas para luego seleccionar el sistema conveniente basándonos en los parámetros establecidos.

El Sistema con Turbina a Vapor emplea menos mano de obra y reducido espacio para los tanques de combustible. Sin embargo, todo el sistema ocupa gran volumen de espacio, es complejo y lento al iniciar las operaciones. Por esta razón, muchos buques han reemplazado las turbinas de vapor por motores diésel y turbinas a gas, o se usan en combinaciones con estas.

El Sistema con Turbinas a Gas ocupa volumen y peso reducido en relación a su potencia, es económico, confiable en su funcionamiento, su mantenimiento es simple y de bajo costo ya que se lo requiere cada uno o dos meses, los

gases de escape son mucho más limpio y su volumen es menor en comparación con los sistemas convencionales, bajos niveles de vibración y de ruido, menos consumo de aceite de lubricación. Es la fuente más utilizada en buques de guerra con capacidad para efectuar operaciones interoceánicas y en menor grado en barcos mercantes debido a su alto consumo específico y costo de combustible empleado (MFO) en comparación con motores a diésel (HFO). Solo se muestra eficiente cuando opera alrededor de la potencia máxima y produce altas emisiones térmicas aunque en la actualidad estos niveles se han reducido debido a la implementación de intercambiadores de calor entre el compresor y el área de descarga.

Los Sistemas de Propulsión Diésel de Combustión Interna son confiables, su mantenimiento y operación es menos complicado, ofrece economía de funcionamiento, la eficiencia es mayor que otras máquinas propulsoras y su consumo es bastante menor, por esta razón la mayoría de barcos mercantes lo prefieren. Sin embargo, requiere de mayor espacio que las turbinas a gas, el mantenimiento debe ser periódico y progresivo, produce mayores ruidos y vibraciones que la propulsión por turbinas de vapor y alto consumo de aceite lubricante. El sistema con motor de combustión interna conectado directamente a la hélice es simple ya que solo cuenta con el motor – eje - hélice y su mantenimiento es fácil, alto rendimiento del motor, confiable debido a sus bajas velocidades, poco ruido y vibración; sin embargo, su rendimiento es bajo

cuando se trata de toda la instalación, elevado peso y dimensiones. Los sistemas diésel con reductores son los más usados, ya que permite tener motores de altas velocidades y reducir sus revoluciones obteniendo mayor eficiencia para la hélice; tiene menor peso y dimensión, su funcionamiento es más seguro; sin embargo, tiene elevado consumo de aceite lubricante y el costo de mantenimiento aumenta en comparación con el sistema de conexión directa.

El Sistema Diésel Eléctrico con hélices convencionales, puede generar la misma potencia avante y en marcha atrás, no existen emisiones que afecten a la atmósfera, menores niveles de ruido debido a su principio de funcionamiento, utiliza motores de alta velocidad más ligeros, ofrece simplicidad en la línea de ejes. Sin embargo, tienen mayor peso y volumen, su costo es elevado, su instalación es más complicada, su consumo es mayor que los sistemas de propulsión mecánica. Actualmente son más utilizados en submarinos, buques mercantes y pequeñas embarcaciones que navegan en áreas protegidas.

El Sistema Azimutal es conocido por su excelente maniobrabilidad; además, requiere de menos espacio, mayor fiabilidad y seguridad debido a las fuentes independientes de energía, se pueden colocar los propulsores de manera que queden por debajo de la altura de la embarcación dando más eficiencia que

los sistemas convencionales, menos consumo de lubricantes y combustible, menos ruido y vibraciones que los sistema a diésel, su adaptación puede ser sencilla debido a que generalmente todos los componentes vienen de un mismo fabricante. Sin embargo, su eficiencia es menor frente al sistema convencional directo, especialmente con motor de dos tiempos a baja velocidad y también cuando se tiene una hélice de paso fijo que no trabaja permanentemente en su velocidad óptima; requiere de mayores costos iniciales, tiene potencia limitada (máximo 21 MW).

El Sistema Waterjet logra velocidades mayores antes de que se produzca cavitación, el propulsor está completamente dentro del casco dando seguridad, produce menores ruidos, buena maniobrabilidad en marcha adelante y atrás, buen rendimiento a altas velocidades; pero puede ser menos eficiente que un sistema convencional que trabaja a velocidades bajas, es demasiado caro y las rejillas por donde ingresa el agua pueden taparse con residuos del mar.

Teniendo en cuenta estas ventajas y desventajas junto con los parámetros establecidos y el conocimiento que se tiene respecto al mercado naval ecuatoriano, se considera que hay dos sistemas potenciales para ser instalados en la barcaza, los cuales son:

- Sistema diésel de Combustión Interna (Sistema Convencional)

Se ha seleccionado por el amplio conocimiento que se tiene en el país, por consiguiente los costos de mano de obra, mantenimiento y reparación disminuyen. Debido a su uso generalizado, existen muchos distribuidores en el país lo que implica que el equipo y los repuestos son menos complicados de conseguir, por lo tanto sus costos también pueden disminuir. Su consumo es moderado lo que es muy importante para una embarcación mercante. Al colocar este sistema se debe considerar la instalación de un reductor para obtener mayor eficiencia en la hélice.

- Sistema Azimutal

Su selección se debe a su poderosa maniobrabilidad, aspecto muy importante para la barcaza, debido a sus cambiantes condiciones de operación costa afuera. Se elige el sistema azimutal hidráulico debido a que no requieren de modificaciones del casco ya que se colocan en la cubierta, ocupa poco espacio, el sistema completo es adquirido y su instalación es fácil y rápida, pueden ser unas horas o menos de una semana y las reparaciones pueden ser realizadas con el buque a flote.

La selección final dependerá del estudio técnico y económico que se realicen a las dos propuestas, seleccionando el sistema que se considere más viable, teniendo en cuenta que es una embarcación que se encuentra prestando servicio y lo más importante son las utilidades que recibe.

2.5. Estudio Técnico de las propuestas seleccionadas.

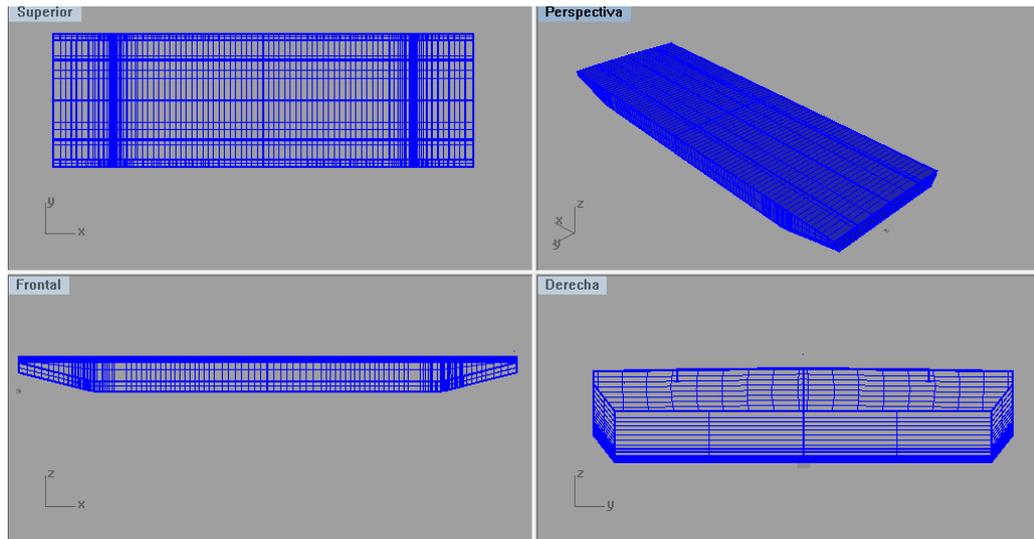
Realizar un estudio técnico de las propuestas seleccionadas es de gran importancia debido a que nos permita conocer las dimensiones, cantidad de maquinaria y la ubicación adecuada mediante cálculos de ingeniería; de esta manera, se logrará que el sistema sea usado eficientemente y se demostraría la viabilidad técnica del proyecto.

2.4.1 Modelización del casco de la Barcaza Amistad

La modelización del casco nos permite obtener datos hidrostáticos, realizar cálculos en diferentes programas según lo que se requiera, y tener una mejor visión de la distribución. El modelado de la embarcación en estudio es realizado en el programa Rhino [3], basándonos en el plano de líneas de forma. También es graficada la superestructura y los estructurales de toda la

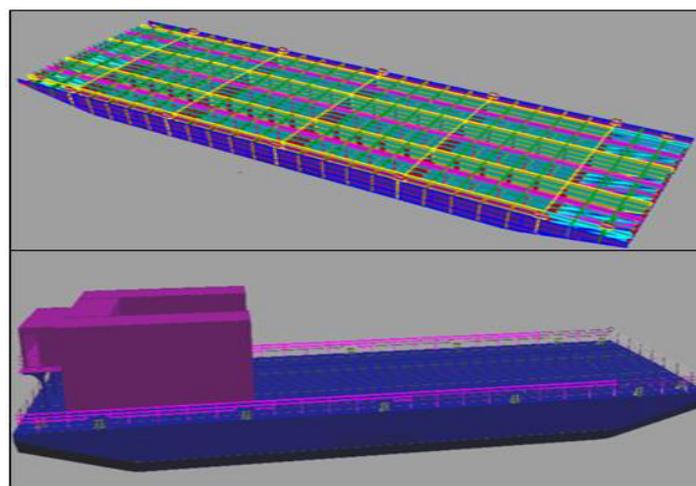
embarcación. El modelado de las formas y la estructura del casco se muestran en la Figura 25 y 26.

Figura 25. Modelado de las formas del casco



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26. Estructura del Casco y Superestructura



Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, el casco es exportado al programa Maxsurf, [4], módulo Modeler para obtener las curvas hidrostáticas y las curvas de coeficientes, Ver Anexo B. A continuación se presentan los valores obtenidos del programa a 1,2 m que es el calado de la Barcaza.

Tabla VII. Datos Hidrostáticos de la Barcaza

Δ	679,2 TON
∇	662,63 m ³
LWL	43,27 m
Sm	696,971 m ²
Aw	643,294 m ²
CB	0,851
Cp	0,885
Cm	0,961
Cwp	0,991
CV	6 E -3
Cws	9,17

Fuente: Elaboración Propia

2.4.2 Cálculo de Resistencia y Potencia

El cálculo de la resistencia permite determinar la potencia de la maquinaria necesaria para mover la embarcación a una determinada velocidad, la cual dependerá de la forma y tamaño del casco, así como, de las condiciones meteorológicas de la zona de operación (olas y vientos). Existen dos métodos

para determinarla: por medio de pruebas de modelo obteniendo resultados más reales, sin embargo, implica más tiempo y costos; y mediante métodos numéricos que son los más usados.

Es importante realizar el cálculo de resistencia con dos o más métodos para comparar y obtener un resultado confiable, ya que encontrar el valor exacto de resistencia es improbable. En este proyecto se emplea dos métodos para el cálculo: por medio de las series de Newmann para barcazas, y mediante la selección del coeficiente residual de una base de datos de pruebas experimentales de 125 barcazas con diferentes características, [6].

La velocidad escogida para la barcaza es de 12 nudos, debido a que es la velocidad a la generalmente va remolcada, por lo tanto se requiere mantenerla.

- **Serie de Newmann**

Este método de series sistemáticas puede ser empleado por diferentes embarcaciones, incluyendo barcazas.

$$R_t = R_r + R_f + R_a$$

Donde:

R_t = Resistencia Total

R_r = Resistencia Residual

R_f = Resistencia Friccional

R_a = Resistencia por Aire

La resistencia residual la obtenemos de las curvas del anexo C, [5], ingresando con el número de Froude.

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{LWL}}$$

Donde:

V: Velocidad del buque

LWL: eslora a la línea de flotación

La resistencia friccional es obtenida de la siguiente ecuación según ITTC:

$$R_f = 1/2 * \rho * C_f * S_m * V^2$$

$$C_f = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

$$R_n = \frac{L * V}{\gamma}$$

Donde:

ρ = Densidad de agua salada

S_m = Superficie Mojada

R_n = Número de Reynolds

γ = Viscosidad Cinemática

La resistencia por aire es obtenida de la siguiente ecuación:

$$R_f = 1/2 * \rho_a * C_a * A * V^2$$

Donde:

C_a = Coeficiente de aire $\approx 0,7$

ρ_a = Densidad del aire

A = Área seccional expuesta al aire

En la tabla VIII se muestran los valores necesarios para obtener la Resistencia Total por el método de Newmann

Tabla VIII. Resultados de la Resistencia por Newmann

Fn	0,299
Cf	2,233E-03
Rr/ Δ (de las curvas)	11
Rr	7471,2 Kg
Rf	3096,72 Kg
Ra	107,63 Kg
Rt	10675,55 Kg

Fuente: Elaboración Propia

- **Método basado en los Resultados de Pruebas Experimentales**

La Universidad de Michigan presenta un documento, [6], con los resultados de pruebas experimentales realizadas a barcazas en las cuales se muestran varias tablas, cada una tiene su correspondiente C_b , L/B, B/T, CWS (Coeficiente de superficie mojada), CV (coeficiente volumétrico) y el coeficiente residual obtenido mediante las pruebas el cual depende del número de Froude.

$$R_t = C_t * \frac{1}{2} * \rho * S_m * V^2$$

$$C_T = C_r + C_f + C_a$$

Donde:

C_r = Coeficiente Residual

C_f = Coeficiente Friccional

C_a = Coeficiente de seguridad

De las tablas se elige aquella cuyas características son similares a las de la Barcaza Amistad y de acuerdo al número de Froude 0,299 se toma el valor de coeficiente residual. El coeficiente friccional es calculado con la fórmula de ITTC y se toma 0,0002 como coeficiente de corrección, [6]. En la Tabla IX se muestran los valores necesarios para obtener la

Resistencia Total por medio de los resultados de las pruebas experimentales realizadas a barcazas.

Tabla IX. Resultados de la Resistencia según pruebas realizadas a barcazas

Cr	3,23 E-3
Cf	2,23E-03
Ca	2,00E-03
Ct	7,46E-03
Rt	10348,97 Kg

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos de resistencia, 10675,55 Kg por medio de Newmann y 10348,97 Kg por medio de pruebas experimentales de barcazas, son similares; lo que nos da confiabilidad en los resultados. Se toma por seguridad la resistencia mayor. Entonces, la barcaza con 679,2 ton a 12 nudos de velocidad necesita vencer 10675,55 kg de Resistencia.

Calculo de Potencia

La potencia instalada en la embarcación depende del sistema a instalar debido a que las eficiencias son diferentes. Para el sistema convencional se considera

una eficiencia propulsiva de 0,5, [7], y para el sistema azimutal hidráulico se toma 0,85, [8].

$$EHP = R_t * V$$

Donde EHP es la Potencia Efectiva, R_t es la Resistencia Total y V es la velocidad de la barcaza.

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_p}$$

Donde BHP es la Potencia al Freno y η_p es la Eficiencia Propulsiva

El sistema convencional y el sistema azimutal hidráulico requieren una potencia mínima de 1733 hp y 1019 hp respectivamente

2.4.3 Sistemas de las propuestas

Los sistemas mostrados a continuación son aquellos que han sido implementados como: el sistema de propulsión y sistema de fondeo; o modificados como: el sistema de combustible y sistema eléctrico, dependiendo del tipo de sistema de propulsor.

Sistema de Propulsión

Sistema de Propulsión Convencional

Para este sistema se seleccionan dos motores marinos Caterpillar de 973 hp cada uno de Rating B. A continuación se muestran las características del motor.

Figura 27. Motor Diésel 3508 B



Fuente: <https://marine.cat.com/cat-3508B>

Tabla X. Características del Motor Diésel

Modelo	3508 B	
BHP	973	HP
Número de cilindros	8 V	
RPM del motor	1800	
Consumo combustible	46,7	gal/h
Peso	5,216	Kg

Fuente: Elaboración Propia

Diseño de la Hélice y Selección del Reductor del sistema convencional

El buen diseño y selección de las características de la hélice permite conseguir una mayor eficiencia; de esta manera ahorrar combustible y evitar problemas de cavitación. Para esto es recomendable lo siguiente:

- Colocar un número de palas que no sea igual al número de cilindros del motor ni ser múltiplo de él para evitar problemas de vibración.
- Tener las holguras recomendables.
- Las RPM de la hélice según ABS deben ser :

$$\text{RPM} = 101 \sqrt[3]{P/D^5}$$

Donde P es la potencia del motor y D es el diámetro de la hélice.

La velocidad de la hélice recomendada por ABS es 772,6 RPM, obteniendo una reducción de 2,33; en el mercado se encuentra un reductor de 2,467 quedando una velocidad de 729,6 RPM.

Con la ayuda del programa HydroComp – PropExpert, [9], empleando las series B se seleccionan 2 hélice de 3 palas con diámetro 1,168 m y paso 0,8 m, a 729,63 RPM con una eficiencia de 50 %, (Ver anexo D).

Selección del eje propulsor

La línea de ejes permite transmitir la energía mecánica desde el motor principal hasta la hélice convirtiéndose en energía de empuje. Los ejes están sometidos a cargas torsionales y de flexión, además de corrosión y fatiga; por lo tanto, debe ser capaz de soportar estas situaciones a cualquier condición de trabajo.

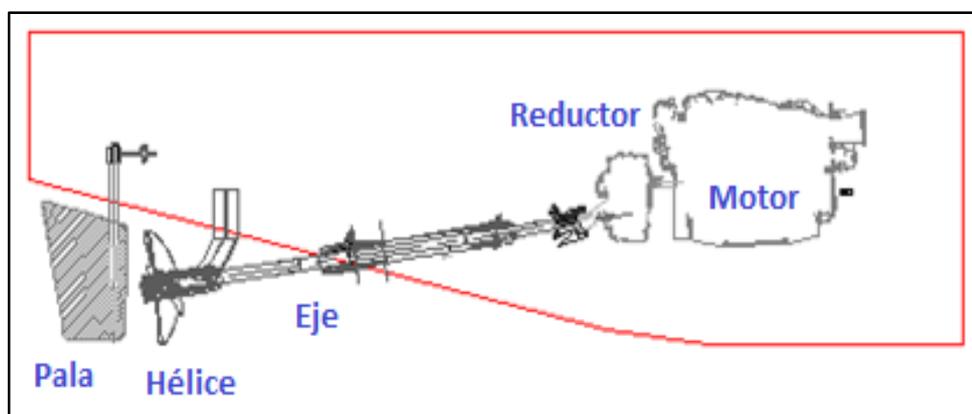
Se calcula el diámetro del eje empleando una fórmula dada por ABS, [10], que depende de la potencia del motor y la velocidad del eje (Ver Anexo D). Se escoge un eje de acero de 4 pulgadas.

Selección del Sistema de Gobierno

Para el cálculo se utilizan las fórmulas ABS, [11], Ver anexo E. El sistema consta de 2 palas cada uno con una área de $1,07 \text{ m}^2$ y un par de $1,4 \text{ KN-m}$; y mecha del timón con diámetro 2 pulgadas.

En la Figura 28 se muestra el esquema del sistema propulsor y de gobierno en vista de perfil.

Figura 28. Sistema Propulsor y Gobierno del Sistema Convencional



Fuente: Elaboración Propia

Sistema Azimutal Hidráulico

Se seleccionan dos sistemas Trustmaster de 500 hp cada uno. La potencia total es de 1000 hp, faltando 19 hp para que navegue a 12 nudos, pero el siguiente modelo del mercado es de 750 hp y su peso aumentan el doble por esto se decidió escoger dos de 500.

Este sistema, mostrado en la Figura 29, está equipado con la hélice, la tobera, el vástago de la hélice, los mecanismos de inclinación, radiador refrigerado por motor diésel, controles del puente y la unidad de potencia hidráulica que incluye las bombas hidráulicas, enfriador de aceite y filtros. Este sistema es ideal para ser ubicado en el espejo de popa y puede ser soldado o ajustado con pernos.

Figura 29. Sistema Azimutal Hidráulico



Fuente: www.nauticexpo.com/prod/thrustmaster-texas/berge-propulsion-systems-hydraulic-deck-mounted-28747-227625.html#product-item_193031

En la Tabla XI se muestran las características principales de Sistema Azimutal.

Tabla XI. Características del Sistema Azimutal

Modelo	OD750	
HHP	500	HP
Diámetro de la hélice	1,245	m
Numero de palas	4 palas kaplan	
RPM de la hélice	416	
Peso	6590	kg
Consumo de combustible	27,3	gal/h

Fuente: Elaboración Propia

Sistema de fondeo

La barcaza en la actualidad no cuenta con un sistema de anclaje debido a que es remolcada, pero al instalar el sistema propulsor es necesario su implementación. Para su cálculo empleamos las reglas ABS [12], Ver anexo F, el sistema contará con un ancla de 910 kg y 179 m de cadena ubicados en la proa; así mismo un cabrestante de 15 hp [13].

Sistema de Combustible

La capacidad de los tanques y el circuito desde los tanques de almacenamiento hasta los tanques diarios se mantienen en los dos sistemas.

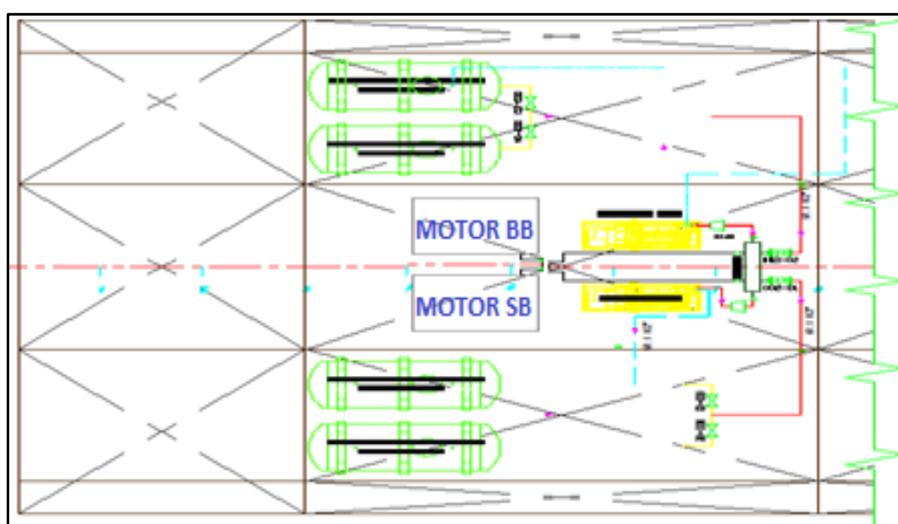
Sistema convencional.- En este sistema únicamente se conecta dos líneas desde el manifold ubicado en sala de máquinas hasta los motores diésel. La autonomía máxima dependiendo del consumo de combustible con el motor trabajando al 90% a 12 nudos de velocidad es de 2700 km.

Sistema Azimutal Hidráulico.- En este sistema se conecta una línea desde el manifold, luego se divide en dos ramificaciones una para cada motor. También, se debe instalar una bomba de trasvasije debido a que el sistema

está ubicado en la cubierta, Ver Anexo G. La autonomía máxima con este sistema es de 5000 km viajando a 12 nudos.

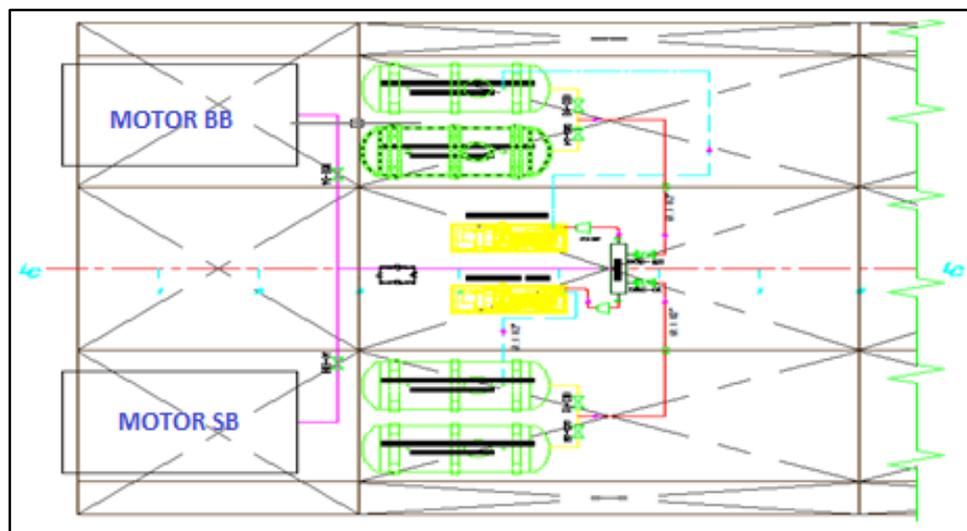
A continuación, en las Figura 30 y 31, se muestran las modificaciones del sistema de combustible en la sección de sala de máquina.

Figura 30. Sistema de Combustible del Sistema Convencional



Fuente: Elaboración Propia

Figura 31. Sistema de Combustible del Sistema Azimutal

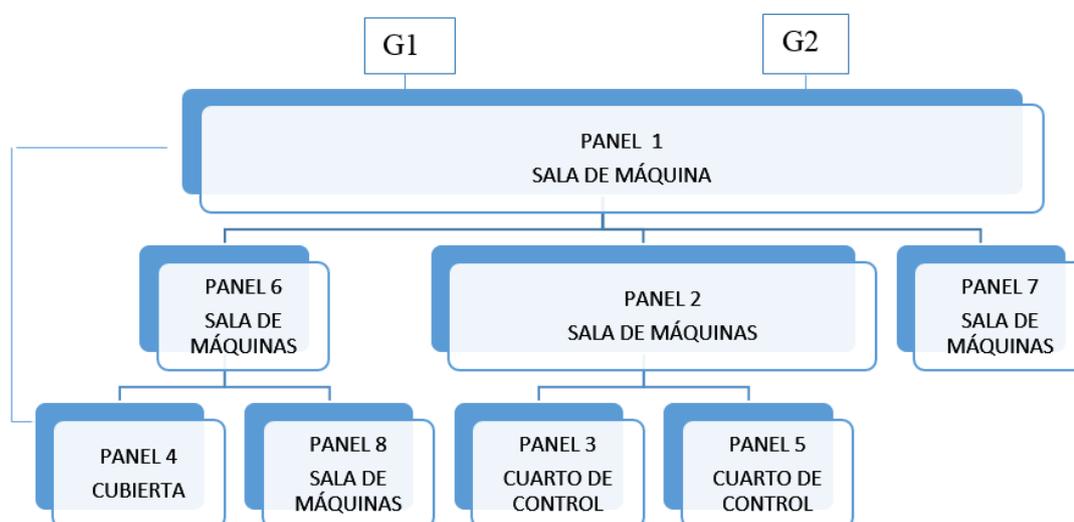


Fuente: Elaboración Propia

Sistema Eléctrico

Para este sistema se deben agregar a los paneles, todos los elementos consumidores de energías que han sido añadidos como: las máquinas propulsores y winche para el sistema de fondeo. En la siguiente figura se muestra el esquema de distribución de los paneles, su conexión con el panel principal y su ubicación.

Figura 32. Esquema de distribución de Paneles Eléctricos



Fuente: Elaboración Propia

El esquema de distribución es el mismo en ambos sistemas de propulsión. Cada panel contiene varios elementos como se puede ver en Anexo H.

2.4.5 Distribución de pesos según las propuestas

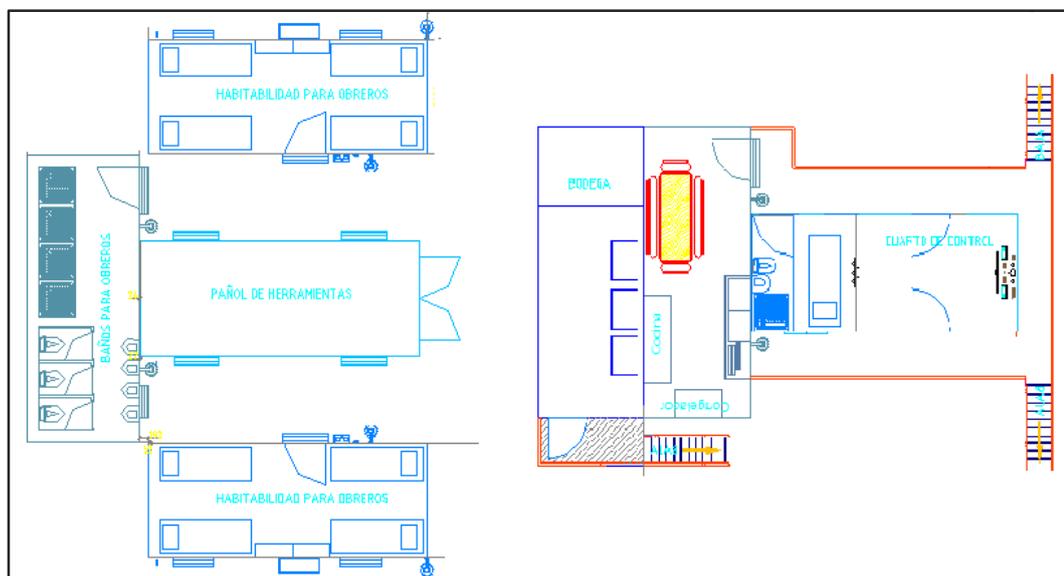
Es importante que los pesos sean distribuidos de la mejor forma posible para que el buque pueda navegar en las condiciones náuticas adecuadas evitando escora, encabuzamiento o demasiado asiento; para esto se pueden mover los pesos como mejor convenga tanto longitudinal como transversalmente para obtener el equilibrio perfecto de la embarcación. Para este aspecto se deben

considerar los nuevos pesos y los cambios que se realicen en cada propuesta presentando una nueva distribución.

Habitabilidad

Para instalar un sistema de propulsión se va a requerir de la tripulación para su funcionamiento, por lo tanto es conveniente reubicar los contenedores para su habitabilidad. De acuerdo a la dotación mínima de seguridad para buques de carga general se necesitan 16 y 13 tripulantes para el sistema convencional y azimutal respectivamente [14], (Véase anexo I); esta diferencia es debido a que las potencias de los motores varían en cada sistema. En base a esto no es necesario reubicar todos los contenedores; quedando la distribución tal como se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Habitabilidad en Planta baja y alta



Fuente: Elaboración Propia

Hay 6 contenedores de 20 pies, 4 ubicados en planta baja y dos ubicados sobre los anteriores. En la planta baja hay 2 contenedores ubicados en línea de crujía, uno es utilizado como bodega de herramientas, y el segundo, como baño para los obreros, el cual consta de cuatro duchas, tres servicios higiénicos, y cuatro lavamanos; además, dos contenedores para habitabilidad de la tripulación ubicados uno a babor y otro a estribor. En la planta alta hay dos contenedores ubicados en línea de crujía uno para cocina y otro como puente mando y habitación para el capitán.

Sistema propulsor de las propuestas

Sistema Convencional.- Para este sistema el espacio es reducido ya que debe ser instalado en la sala de generadores; para ubicar el motor y todo su sistema se deben mover los generadores ubicados en sala de máquinas y los tanques de aguas grises y negras ubicados en la popa uno en cada banda.

Sistema Azimutal Hidráulico.- En este sistema no se requiere de cambios de los componentes ya instalados, debido a que es simplemente ubicado en el espejo de popa de la embarcación.

Análisis de Estabilidad Intacta de las propuestas

Después de establecer los pesos y su ubicación (Véase Anexo J), es importante realizar un análisis de estabilidad, ya que define finalmente si la distribución es la adecuada y cuanta sería la capacidad máxima de carga sin problemas de estabilidad. Para este análisis se emplean los criterios de estabilidad dados por la OMI (Organización Marítima Internacional), los cuales pueden ser resumidos como se muestra:

- El área bajo la curva de brazos adrizantes (GZ) debe ser mayor o igual 0,055 metros-radianes hasta un ángulo de escora de 30° y mayor o igual

a 0,09 metros radianes hasta un ángulo de escora de 40° o al ángulo de inundación, si este ángulo es menor a 40° . Además, el área bajo GZ entre los ángulos de escora de 30° y 40° o entre 30° y el ángulo de inundación, si este ángulo es inferior a 40° , no debe ser inferior a 0,03 metros radianes.

- El brazo GZ debe ser como mínimo de 0,20 m en un ángulo de escora igual o mayor que 30° .
- El máximo brazo GZ se debe producir en un ángulo de escora no inferior a 25° .
- La altura metacéntrica inicial, GM0, no debe ser menor a 0,15 m.

Toda embarcación debe ser analizada en diferentes condiciones de carga, especialmente los buques de carga, debido a que los resultados pueden variar considerablemente de una condición a otra. Las condiciones en las que se va estudiar la barcaza son:

1. Ligero.
2. Salida de Puerto: con carga y 100% de consumibles
3. Salida de Puerto: sin carga y 100% de consumibles
4. Media Travesía: con carga y 50% de consumibles
5. Media Travesía: sin carga y 50% de consumibles
6. Llegada a Puerto: con carga y 10% de consumibles

7. Llegada a Puerto: sin carga y 10% de consumibles

Basándonos en estas condiciones y con la ayuda del programa computacional Maxsurf, [4], módulo Stability Advance, verificamos el cumplimiento de los criterios (Véase Anexo K). Además, debemos comprobar que el trimado no sea mayor que el 1% de la eslora de la barcaza.

Análisis de resultados de la estabilidad

De acuerdo a los resultados presentados por el programa Maxsurf, cuyo módulo de estabilidad está basado en los criterios de la OMI se puede decir que la embarcación puede llevar máximo 100 Ton de carga sin problemas de estabilidad en ambos sistemas

Sistema convencional.- Es necesario aumentar tanques de lastre en la sección de proa debido a que en la condición 3 el asiento de la embarcación sobrepasa lo permitido y los tanques de lastre ubicados no abastecen.

Sistema Azimutal.- En este sistema también es necesario aumentar tanques de lastre en proa ya que existen problemas de asiento en las condiciones 3, 5 y 7.

El porcentaje de llenado de los tanques de lastre dependerá de la carga que se coloque en la cubierta.

Resistencia Longitudinal

Debido a que todo buque está sometido a esfuerzos en sentido longitudinal en aguas tranquilas o en olas es importante realizar el análisis de resistencia longitudinal, para determinar si la estructura del casco soporta la distribución de pesos.

$$\sigma = M/M_s$$

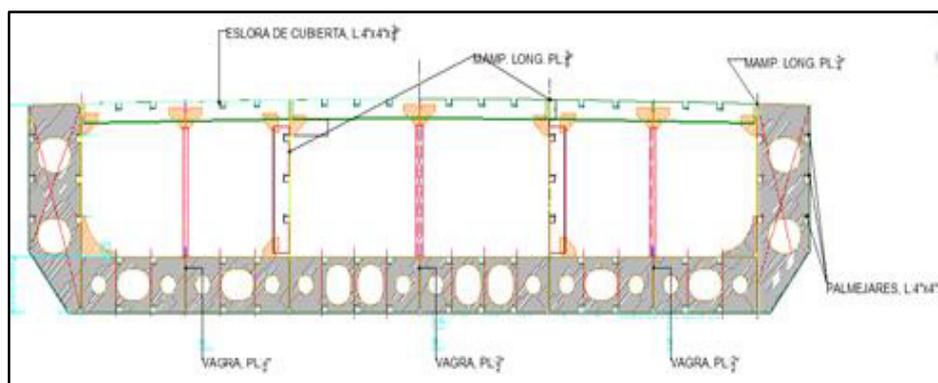
Donde, σ es el esfuerzo, M es el momento flector y M_s es el módulo seccional

$$M_s = I/c$$

Donde I es la inercia de la sección en análisis y c es la distancia desde el centroide de la sección hasta la fibra más alejada (fondo y costado). Generalmente se escoge la sección media o alrededor de esta, debido a que en esa sección se producen los mayores momentos flectores, ver la figura 34. Los refuerzos que aportan a la resistencia longitudinal son aquellos refuerzos

longitudinales continuos que miden al menos 0,5 de la eslora alrededor de la sección media.

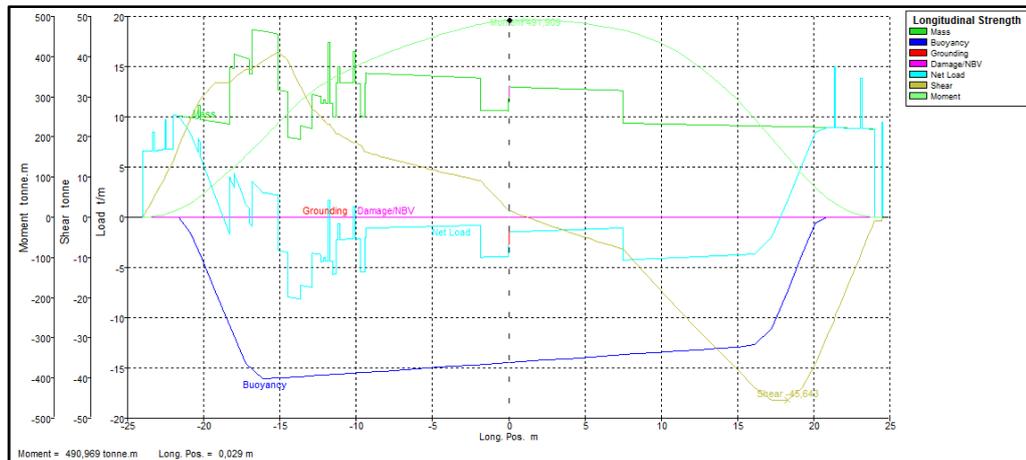
Figura 34. Esquema de la sección en análisis



Fuente: Elaboración Propia

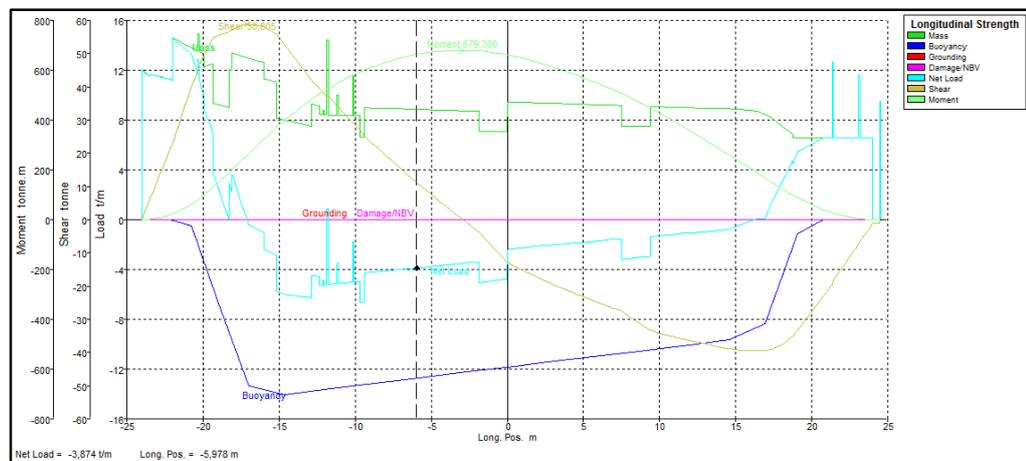
La sección se analiza en diferentes condiciones de carga y en las diferentes condiciones de ola como: aguas tranquilas, arrufo y quebranto; el momento flector es obtenido del programa Maxsurf, [4], módulo Stability Advance, (Véase Anexo L). En base a los resultados en las diferentes condiciones el esfuerzo máximo de la barcaza no sobrepasa el esfuerzo de fluencia del acero, de modo que se puede decir que no se presentan problemas en la resistencia longitudinal. En las figuras 35 y 36 se muestran las curvas de pesos, de boyantes, momento flector y fuerza cortante en aguas tranquilas con tanques llenos y a máxima carga del sistema convencional y azimutal.

Figura 35. Resistencia Longitudinal del Sistema Convencional



Fuente: Resultados obtenidos de Maxsurf

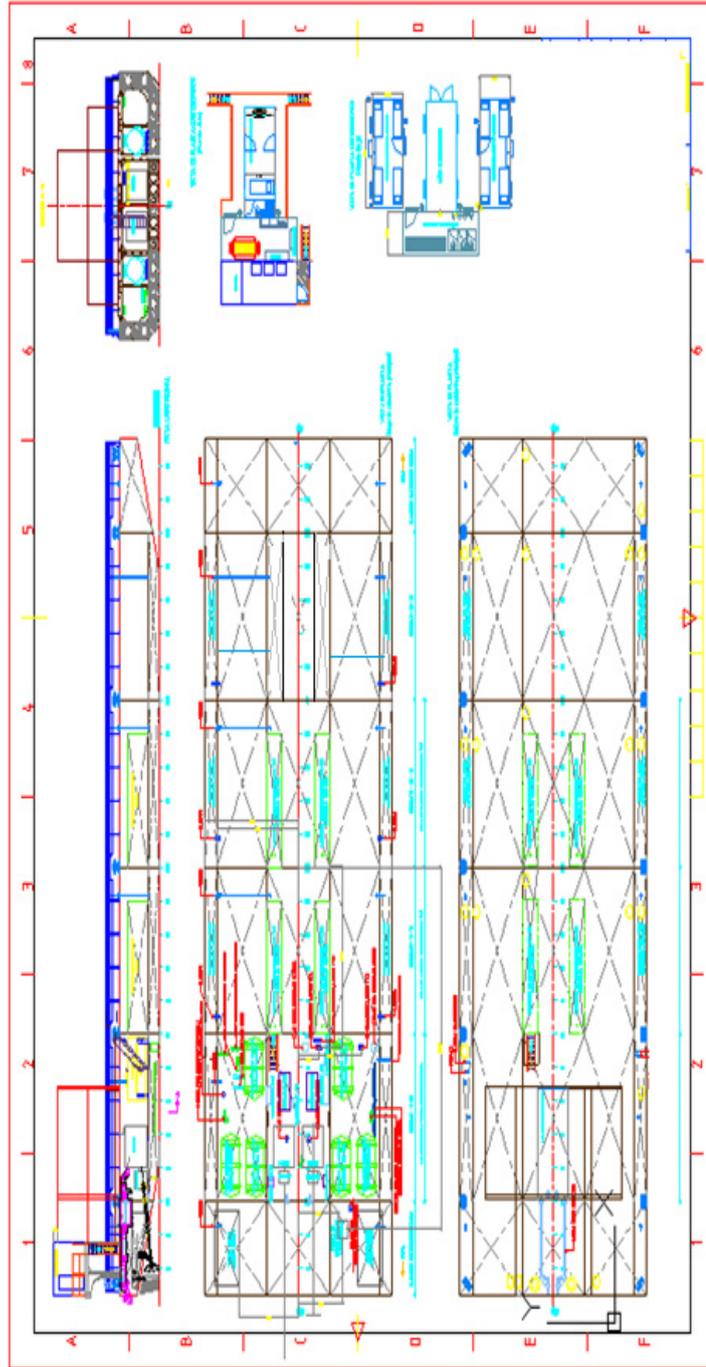
Figura 36. Resistencia Longitudinal del Sistema Azimutal



Fuente: Resultados obtenidos de Maxsurf

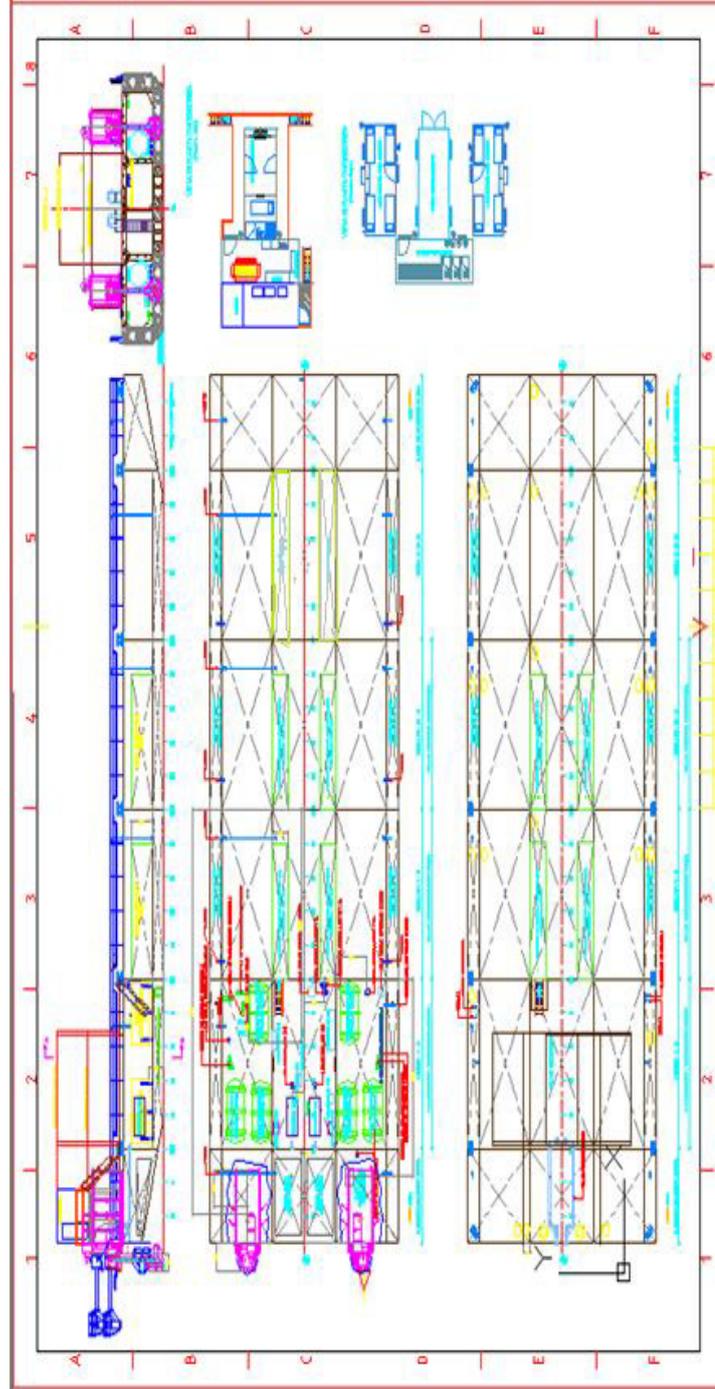
Realizados los análisis de estabilidad y resistencia longitudinal la distribución general de cada propuesta queda como se muestran en las figuras 37 y 38, donde se exponen las diferentes vistas.

Figura 37. Distribución General con Sistema Convencional



Fuente: Elaboración Propia

Figura 38. Distribución General con Sistema Azimutal



Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 3

ANÁLISIS ECONÓMICO

3.1. Costos de Implementación

Para iniciar el estudio económico es necesario establecer los costos de implementación que genera cada propuesta dependiendo del resultado del estudio técnico. Los costos pueden ser gastos por la adquisición de equipos o materiales, gastos de mano de obra, gastos por el consumo de equipos y los gastos que están relacionados con la administración. A continuación se muestran los costos de implementación que incurren en cada sistema.

Tabla XII. Costos por Material y Maquinaria. Sistema Convencional

Item	Costo	Consumibles
Motores	\$ 250.000,00	\$ 25.000,00
Hélices	\$ 12.500,00	\$ 1.250,00
Reductores	\$ 62.500,00	\$ 6.250,00
Prensaestopa	\$ 10.400,00	\$ 1.040,00
Bocines	\$ 10.000,00	\$ 1.000,00
Portabocines	\$ 6.000,00	\$ 600,00
Ejes	\$ 19.465,24	\$ 1.946,52
Arbotante	\$ 2.100,00	\$ 210,00
Palas	\$ 5.000,00	\$ 500,00
Cableado Eléctrico	\$ 347,75	\$ 34,78
Sistema de Combustible	\$ 445,30	\$ 44,53
Sistema de Achique y Lastre	\$ 5.311,44	\$ 531,14
Sistema de Fondeo	\$ 49.570,88	\$ 4.957,09
Pintura	\$ 540,00	\$ 54,00
Base de Máquinas	\$ 7.800,00	\$ 780,00
Subtotal	\$ 441.980,61	\$ 44.198,06
Subtotal		\$ 486.178,68

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XIII. Costos por Consumo de Equipos. Sistema Convencional

Item	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo
Máquina de Soldar	Día	4	\$ 30,00	\$ 120,00
Montacarga	Hora	15	\$ 6,25	\$ 93,75
Sierra Eléctrica	Día	3	\$ 42,00	\$ 126,00
Compresor	hora	10	\$ 0,95	\$ 9,50
Oxicorte	Día	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Herramientas menores	hora	50	\$ 1,20	\$ 60,00
Subtotal				\$ 539,25

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XIV. Costo por Mano de Obra. Sistema Convencional

Item	Personas	Horas	HH	Costo
Corte de planchaje de cubierta	4	6	\$ 2,08	\$ 49,92
Montaje del sistema propulsor	4	10	\$ 2,08	\$ 83,20
Montaje de planchaje de cubierta	2	5	\$ 2,08	\$ 20,80
Montaje de los contenedores	6	10	\$ 2,08	\$ 124,80
Instalación del Sistema de Fondeo	3	4	\$ 2,08	\$ 24,96
Modificaciones del Sistema de Combustible	2	10	\$ 2,08	\$ 41,60
Confección, Cableado y Montaje de base y Accesorio Eléctricos	3	32	\$ 3,25	\$ 312,00
Modificaciones del Sistema de Achique y Lastre	2	10	\$ 2,08	\$ 41,60
Modificaciones del Sistema de aguas negras	2	13	\$ 2,08	\$ 54,08
Conexiones de las Tuberías de la Habitabilidad	3	10	\$ 2,08	\$ 62,40
Soldaduras Varias	5	35	\$ 5,00	\$ 875,00
Pintura	4	23	\$ 2,08	\$ 191,36
			Subtotal	\$1.877,56

TOTAL DE COSTOS	\$ 488.595,4854
------------------------	------------------------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XV. Costos por Material y Maquinaria. Sistema Azimutal

Item	Costo	Consumibles
Motores	\$ 943.000,00	\$ 47.150,00
sistema Eléctrico	\$ 453,20	\$ 45,32
Sistema de Combustible	\$ 2.028,22	\$ 202,82
Sistema de achique lastre	\$ 5.311,44	\$ 531,14
Sistema de fondeo	\$ 49.570,88	\$ 4.957,09
Pintura	\$ 480,00	\$ 48,00
Subtotal	\$ 1.000.843,74	\$ 52.934,37
Subtotal		\$ 1053778,12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XVI. Costos por Consumo de Equipos. Sistema Azimutal

Item	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo
Máquina de Soldar	Día	4	\$ 30,00	\$ 120,00
Montacarga	Hora	10	\$ 6,25	\$ 62,50
Sierra Eléctrica	Día	3	\$ 42,00	\$ 126,00
Compresor	Hora	10	\$ 0,95	\$ 9,50
Oxicorte	Día	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Herramientas menores	Hora	40	\$ 1,20	\$ 48,00
Subtotal				\$ 376,00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XVII. Costo por Mano de Obra. Sistema Azimutal

Item	Personas	horas	HH	Costo
Montaje del Sistema Azimutal	4	10	\$ 2,08	\$ 83,20
Montaje de los contenedores	6	10	\$ 2,08	\$ 124,80
Instalación del Sistema de Fondeo	3	4	\$ 2,08	\$ 24,96
Sistema de Combustible	2	10	\$ 2,08	\$ 41,60
Confección, Cableado y Montaje de base y Accesorio Eléctricos	3	32	\$ 3,25	\$ 312,00
Sistema de achique lastre	2	10	\$ 2,08	\$ 41,60
Soldaduras Varias	5	24	\$ 5,00	\$ 600,00
Conexiones de las tuberías de la habitabilidad	3	10	\$ 2,08	\$ 62,40
Pintura	4	18	\$ 2,08	\$ 149,76
			Subtotal	\$ 1.440,32

TOTAL DE COSTOS	\$ 1.055.594,44
-----------------	-----------------

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Evaluación Económica

La evaluación económica es un método útil que nos permite identificar los beneficios del proyecto relacionados con la inversión para de esta manera, escoger la propuesta de sistema propulsor conveniente antes de su implementación, y así evitar pérdidas. Existen algunos métodos que nos ayudan a evaluar de acuerdo a los parámetros establecidos por cada uno.

Valor Actual Neto (VAN). Es uno de los criterios de evaluación más usados y aceptados que permite conocer los ingresos y egresos que en el futuro se obtendrán y compararlos con el desembolso inicial. Si el VAN es positivo, la inversión producirá ganancia arriba de la rentabilidad requerida, por lo tanto el proyecto es rentable y puede ser aceptado. Si el Van es negativo la inversión producirá pérdidas por debajo de rentabilidad requerida, por consiguiente el proyecto no es rentable y el proyecto no debería ser aceptado. Por último, si el Van es igual que cero la inversión no producirá ni pérdidas ni ganancias, entonces el proyecto es indiferente y la decisión estaría basada en otros criterios.

$$VAN = (PSW - i\% - N)(Ingresos - Egresos) - Inversión$$

Tasa Interna de Retorno (TIR). Es la tasa efectiva anual por la cual el valor presente neto es igual cero. Permite medir y comparar la rentabilidad de un proyecto trasladando todas las cantidades de los flujos futuros al presente. La Inversión se considera rentable cuando la TIR es mayor que la rentabilidad mínima exigida. Mientras mayor sea la TIR, más ventajoso será realizar el proyecto.

Razón beneficio costo.- Es la relación entre los ingresos y los egresos anuales. Si este valor es mayor a 1 el proyecto es rentable y si es menor a 1 el proyecto no es rentable, por lo tanto no debe aceptarse.

Cálculo del VAN y TIR del Sistema Convencional

Para calcular el Van y TIR del sistema en análisis es necesario primero establecer los ingresos y egresos que se espera genere anualmente el alquiler de la barcaza después de instalar el sistema convencional.

Ingresos.- Son los valores recaudados por el servicio prestado por la barcaza. Para determinarlos se toma el costo de alquiler del remolcador y de la barcaza en el tiempo de navegación que generalmente realiza, véase la Tabla XVIII.

Tabla XVIII. Ingresos Anuales por Alquiler de la Barcaza. Sistema Convencional

Mes	Precio por Alquiler (\$)
Enero	\$
Febrero	\$ 198.000,00
Marzo	\$ -
Abril	\$ 198.000,00
Mayo	\$ -
Junio	\$ 198.000,00
Julio	\$ -
Agosto	\$ 198.000,00
Septiembre	\$ -
Octubre	\$ 198.000,00
Noviembre	\$ -
Diciembre	\$ 198.000,00
Ingreso Anual	\$ 1.188.000,00

Fuente: Elaboración Propia

El número de viajes que realiza la barcaza son alrededor de 6 por año, los meses pueden cambiar.

Egresos.- Son los gastos que produce el alquiler de la barcaza (Tabla XIX).

Para los egresos se consideran lo siguiente:

- Costos de mantenimiento (32% de los ingresos) que incluyen los gastos por depreciación, gastos por seguro, gastos administrativos, gastos por

mantenimiento de máquinas y equipos y gastos por consumo de combustible y agua.

- Costos por Producción (20% de los ingresos) que incluyen los gastos por pago de remuneraciones al personal.

Tabla XIX. Egresos Anuales por Alquiler de la Barcaza. Sistema Convencional

COSTO DE MANTENIMIENTO		\$ 345.600,00
ITEM	PORCENTAJE (%)	VALOR (\$)
Depreciación	29,00	\$ 100.224,00
Seguro	14,70	\$ 50.785,92
Gastos Administrativos Varios	4,50	\$ 15.552,00
Mantenimiento de Máquinas y Equipos	6,95	\$ 24.001,92
Consumo de Combustible	43,31	\$ 149.689,73
Consumo de Agua	1,55	\$ 5.346,43
TOTAL	100	\$ 345.600,00

COSTO DE PRODUCCION		216.000,00
ITEM	PORCENTAJE (%)	VALOR (\$)
Pago Remuneración Fijos	91	\$ 196.560,00
Pago Sueldos Eventuales	9	\$ 19.440,00
TOTAL	100	\$ 216.000,00

Total de Egresos	\$ 561.600,00
-------------------------	----------------------

Fuente: Elaboración Propia

Amortización de la deuda.- Para la realización del proyecto se considera que la empresa realizará un préstamo al banco de 60% del costo total por instalar el sistema convencional, el cual será pagado en 3 años a una tasa de interés anual del 17%, véase Tabla XX.

Tabla XX. Amortización de la Deuda. Sistema Conventional

Préstamo %	60	Vo	\$ 488.599,65
Valor de la Deuda	\$ 293.159,79	% RESIDUAL	30
Tasa del Banco	17,00%	Vr	\$ 146.580
Años del Préstamo	3	N	10
Cuota Anual	\$ 132.676,40	Amortización	\$ 34.202

Semestre	Saldo Inicial	Cuotas	Interés	Capital	Saldo Final	PW (17,0)	FCP
1	\$ 293.159,79	\$ 132.676,40	\$ 49.837,16	\$ 82.839,24	\$ 210.320,55	0,8547	\$ 132.677,26
2	\$ 210.320,55	\$ 132.676,40	\$ 35.754,49	\$ 96.921,91	\$ 113.398,64	0,7305	\$ 96.921,91
3	\$ 113.398,64	\$ 132.676,40	\$ 19.277,77	\$ 113.398,64	\$ 0,00	0,6244	\$ 82.839,24
						VAN	\$ 312.438,41

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla XXI se puede observar que la razón beneficio - costo es mayor que 1, por lo tanto, como primer método de evaluación se puede decir que el proyecto es rentable.

Tabla XXI. Razón Beneficio Costo. Sistema Convencional

Año	Capital	Ingresos	Egresos	Fva	Valor Presente	
					INGRESOS	EGRESOS
				15,00%		
0	\$ 195.439,86			1		\$ 195.439,86
1		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,870	939.130,43	488.347,83
2		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,756	816.635,16	424.650,28
3		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,658	710.117,53	369.261,12
4		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,572	617.493,51	321.097,62
5		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,497	536.950,87	279.214,45
6		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,432	466.913,80	242.795,18
7		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,376	406.012,00	211.126,24
8		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,327	353.053,92	183.588,04
9		\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,284	307.003,41	159.641,77
10	\$ 146.580	\$ 1.080.000	\$ 561.600	0,247	266.959,48	138.818,93
				VAN	5.566,85	3.013.980

RAZON B/C	1,8
----------------------	------------

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla XXII se muestra el cálculo de VAN y TIR para el proyecto con Sistema Convencional.

Tabla XXII. Cálculo del VAN y TIR. Sistema Convencional

Años	Capital	Ingresos	Costos	Utilidad a.i	Impuesto 25%	Utilidad d.i	Deprecia	Beneficio	FVA 86%	FCD 86%	FVA 89%	FCD 89%
0	-488599,65								1	-488.599,65	1	-488.599,6454
1		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	43.200,00	475.200,00	13,07	475.213,07	0,54	255.490,90	0,53	251.435,49
2		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,29	112.386,71	0,28	108.847,20
3		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,16	60.422,96	0,15	57.591,11
4		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,08	32.485,46	0,08	30.471,49
5		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,04	17.465,30	0,04	16.122,48
6		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,02	9.389,95	0,02	8.530,41
7		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,01	5.048,36	0,01	4.513,45
8		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,01	2.714,17	0,01	2.388,07
9		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,00	1.459,23	0,00	1.263,53
10		1.080.000,00	561.600,00	518.400,00	129.600,00	388.800,00	13,07	388.813,07	0,00	784,53	0,00	688,53
									VAN ₁ =	9047,94	VAN ₂ =	-\$ 6.767,899
									TIR=	87,7%		

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del VAN y TIR del Sistema Azimutal

Al igual que la propuesta anterior es necesario primero establecer los ingresos y egresos que se espera genere anualmente el alquiler de la barcaza después de instalar el sistema Azimutal.

Ingresos.- Son los valores recaudados por el servicio prestado por la barcaza. Para determinarlos se toma el costo de alquiler del remolcador y de la barcaza en el tiempo de navegación que generalmente realiza; a este valor se aumenta un porcentaje debido a que se tiene un ahorro de combustible considerable frente al sistema convencional, además su excelente maniobrabilidad también debe tener un costo, ya que puede optimizar los viajes realizados por el fletante, véase la Tabla XXIII.

Tabla XXIII. Ingresos Anuales por Alquiler de la Barcaza. Sistema Azimutal

Mes	Precio por Alquiler (\$)
Enero	
Febrero	\$ 198.000,00
Marzo	\$ -
Abril	\$ 198.000,00
Mayo	\$ -
Junio	\$ 198.000,00
Julio	\$ -
Agosto	\$ 198.000,00
Septiembre	\$ -
Octubre	\$ 198.000,00
Noviembre	\$ -
Diciembre	\$ 198.000,00
Ingreso Anual	\$ 1.188.000,00

Fuente: Elaboración Propia

Egresos.- Se toman los mismas consideraciones que el sistema convencional; los gastos por mantenimiento son 32% y de producción 16% de los ingresos (Tabla XXIV)

Tabla XXIV. Egresos Anuales por Alquiler de la Barcaza. Sistema Azimutal

Costo de Mantenimiento		\$ 356.400,00
ITEM	PORCENTAJE (%)	VALOR (\$)
Depreciación	29,25	\$ 104.247,00
Seguro	14,25	\$ 50.787,00
Gastos Administrativos Varios	5	\$ 17.820,00
Mantenimiento de Máquinas y Equipos	8	\$ 28.512,00
Consumo De Combustible	42	\$ 149.688,00
Consumo De Agua	1,5	\$ 5.346,00
Total	100	\$ 356.400,00

COSTO DE PRODUCCIÓN		\$ 190.080,00
ITEM	PORCENTAJE (%)	VALOR (\$)
Pago Remuneración Fijos	89,85	\$ 170.786,88
Pago Sueldos Eventuales	10,15	\$ 19.293,12
Total	100	\$ 190.080,00

Total de Egresos	\$ 547.371,00
-------------------------	----------------------

Fuente: Elaboración Propia

Amortización de la deuda.- Se toma el mismo escenario que el sistema convencional; préstamo al banco de 60% del costo total por instalar el sistema azimutal, el cual será pagado en un plazo de 3 años a una tasa de interés anual del 17%, Véase Tabla XXV.

Tabla XXV. Amortización de la Deuda. Sistema Azimutal

PRESTAMO %	60	Vo	\$ 1.055.594,44
VALOR DE DEUDA	\$ 633.356,66	% RESIDUAL	30
TASA DEL BANCO	17,00%	Vr	\$ 316.678
AÑOS PRESTAMO	3	N	10
CUOTA ANUAL	\$ 286.640,56	AMORTIZACION	\$ 73.892

SEMESTRE	Saldo Inicial	Cuotas	Interés	Capital	Saldo Final	PW(17,0)	FCP
1	\$ 633.356,66	\$ 286.640,56	\$ 107.670,63	\$ 178.969,92	\$ 454.386,74	0,8547	\$ 286.641,41
2	\$ 454.386,74	\$ 286.640,56	\$ 77.245,75	\$ 209.394,81	\$ 244.991,93	0,7305	\$ 209.394,81
3	\$ 244.991,93	\$ 286.640,56	\$ 41.648,63	\$ 244.991,93	\$ 0,00	0,6244	\$ 178.969,92
						VAN	\$ 675.006,15

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla XXVI se puede observar que la razón beneficio - costo es mayor que 1, por lo tanto como primer método de evaluación se puede decir que el proyecto es rentable.

Tabla XXVI. Razón Beneficio Costo. Sistema Azimutal

Año	Capital	Ingresos	Egresos	FVA	Valor Presente	
					Ingresos	Egresos
0	\$ 422.237,8			15,00%		\$ 422.237,9
1		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,870	1.033.04	475.200
2		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,756	898.299	413.217
3		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,658	781.129	359.319
4		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,572	679.243	312.452
5		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,497	590.646	271.697
6		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,432	513.605	236.258
7		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,376	446.613	205.442
8		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,327	388.359	178.645
9		\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,284	337.704	155.344
10	\$ 316.678	\$ 1.188.000	\$ 546.480	0,247	293.655	135.081
VAN					6.278.98	3.164.894
Razón B/C					2,0	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla XXVII se muestra el cálculo de VAN y TIR para el proyecto con Sistema Azimutal.

Tabla XXVII. Cálculo del VAN y TIR. Sistema Azimutal

Años	Capital	Ingresos	Costos	Utilidad a.i	Impuesto 25%	Utilidad c.i	Deprecia	Beneficio	FVA 43%	FCD 43%	FVA 44,43%	FCD 44,43%	
0	-1055594,44								1	-1.055.594,44	1,00	-1.055.594,44	
1		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,70	336.470,68	0,69	333.141,59	
2		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,49	235.294,18	0,48	230.661,15	
3		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,34	164.541,39	0,33	159.705,57	
4		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,24	115.063,91	0,23	110.577,21	
5		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,17	80.464,27	0,16	76.561,64	
6		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,12	56.268,72	0,11	53.009,88	
7		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,08	39.348,76	0,08	36.703,07	
8		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,06	27.516,61	0,05	25.412,54	
9		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,04	19.242,39	0,04	17.595,18	
10		1.188.000,00	546.480,00	641.520,00	160.380,00	481.140,00	13,07	481.153,07	0,03	13.456,21	0,03	12.182,58	
										VAN₁ = \$	32.072,68	VAN₂ =	-44,02
										TIR=	44,4%		

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Análisis de Resultados de la Evaluación Económica

De acuerdo al estudio económico realizado para analizar la conveniencia de implementar un sistema convencional, o un sistema azimutal hidráulico, se puede mencionar lo siguiente:

Tabla XXVIII. Resultados de la Evaluación Económica de los Sistemas

Item	Sistema Convencional	Sistema Azimutal
Periodo de Recuperación	1-2 años	1-2 años
Razón B/C	1,8>1	2,0>1
VAN	\$ 9.407,94>0	\$ 32.072,68>0
TIR	87,7%	44,4 %

Fuente: Elaboración Propia

- Para el primer sistema propuesto, el periodo de recuperación se da entre el primer y segundo año (inicios del año); la razón beneficio – costo es 1,8, valor mayor a 1; se obtiene un VAN de \$ 9.407,94, que es mayor a 0; un TIR de 87,7%, valor superior a la tasa de retorno que es 30% según las expectativas que la empresa espera obtener
- Para el segundo sistema propuesto, el periodo de recuperación se da entre el primer y segundo año (mediados del año); la razón beneficio – costo es 2, valor mayor a 1; se obtiene un VAN de \$ 32.072,68 que es

mayor a 0; un TIR de 44,4 %, valor superior a la tasa de retorno que es 30% según las expectativas que la empresa espera obtener.

De acuerdo a estos resultados ambos proyectos son viables en términos de rentabilidad.

3.4. Propuesta

Una vez realizado el estudio técnico y económico de las dos propuestas, sistema convencional y sistema azimutal hidráulico, es necesario plantear una discusión que permita seleccionar el sistema propulsor más conveniente, teniendo en cuenta que la principal función de la barcaza Amistad es brindar servicios a la plataforma offshore. En base a los parámetros establecidos en capítulo 2 y/o los resultados del estudio se puede indicar lo siguiente:

- La Maniobrabilidad del sistema azimutal hidráulico frente al convencional es indiscutiblemente mayor, permite al buque posicionarse o mantenerse dinámicamente en aguas abiertas.
- El espacio empleado para ubicar el sistema azimutal es menor que el sistema convencional, el cual ocupa la sala máquinas y la sección última de popa para colocar los motores, reductores, eje, palas y timones;

obligando a que se realice una redistribución en esa zona. El peso del sistema convencional es de 13,112 Ton y del sistema azimutal 13,18 Ton, la diferencia es mínima, por lo tanto este aspecto no es relevante.

- Para la adquisición del motor del sistema convencional se recomienda la empresa Caterpillar, la cual tiene proveedores en el país; mientras que para el sistema azimutal se recomienda la empresa Thrustmaster, la cual no cuenta con proveedores locales. Podría parecer que esto es una desventaja para el sistema azimutal, pero muchas veces la adquisición resulta más económica y rápida debido a que el proceso de compra es directo. Además, para el sistema convencional la adquisición de cada elemento que lo conforma es por separado.
- El sistema convencional es más conocido en el medio naval ecuatoriano lo que hace que más personas conozcan el tema y den soluciones rápidas ante un problema; sin embargo el sistema azimutal hidráulico es sencillo (menos elementos) y al igual que el sistema convencional emplea un motor diésel lo que hace que sea fácil el aprendizaje.

- El costo de operación del sistema azimutal hidráulico es menor que el sistema convencional ya que se requiere menos personal y, además su consumo de combustible es menor.
- A pesar de que las modificaciones sean mayores en el sistema convencional, la inversión para su implementación es menor debido a que el costo del sistema azimutal es sumamente elevado. Sin embargo los ingresos que se perciben con la instalación del sistema azimutal son mayores.

De acuerdo a la discusión planteada y a los resultados de la evaluación económica se puede decir que el sistema azimutal hidráulico es el más conveniente para ser instalado en la barcaza Amistad.

CONCLUSIONES

En base al estudio Técnico - Económico realizado, el Sistema Azimutal Hidráulico, a criterio del autor, es el adecuado para la Barcaza Amistad.

La capacidad de carga actual de la embarcación (100 Ton) no se verá afectada con la instalación del sistema azimutal. Ya que esta se encuentra directamente relacionada con el valor por tonelada de carga, los ingresos no se verán afectados.

Si bien es cierto que la inversión requerida para montar el sistema azimutal, requiere de una inversión mayor, esta inversión se verá recompensada con creces a lo largo del tiempo.

El sistema azimutal hidráulico, si se lo instala correctamente, requerirá de poco mantenimiento y casi ninguna reparación. Únicamente se deben seguir las recomendaciones y exigencias del fabricante para evitar cualquier tipo de daños en lo posterior. Esto disminuye los costos del sistema.

RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar más condiciones de carga que las realizadas en este estudio ya que el trimado se ve afectado por cada condición, debido al peso del sistema propulsor ubicado en la sección de popa. Además, es conveniente realizar Planos de Estiba para mantener la estabilidad de la barcaza en todo momento, y por consiguiente conservar la seguridad del buque, de la carga y de su tripulación.

A pesar de que el módulo seccional es alto, lo que implica que los esfuerzos son bajos, es conveniente que la carga esté repartida lo más uniformemente posible para evitar esfuerzos descompensados a lo largo de la barcaza.

Resultaría de gran conveniencia realizar un análisis económico en el año de ejecución del proyecto considerando las estadísticas de viajes realizados por el alquiler de la barcaza en los años anteriores.

Se recomienda implementar sistemas de propulsión azimutal en barcasas ecuatorianas, ya que por su tecnología, aportarían al desarrollo marítimo y de otras áreas que están directa e indirectamente relacionadas, y por consiguiente ayudarían al crecimiento económico y social del país.

ANEXOS

ANEXO A

DATOS GENERALES DE BARCAZAS EN ECUADOR

Tabla XXIX. Barcazas sin Propulsión

No	NOMBRE	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	CALADO (m)	SERVICIO
1	AMISTAD OFFSHORE	47,92	15	3,2	1,2	CARGA GENERAL
2	CARITO	37,8	10,4	1,2	0,35	CARGA GENERAL
3	BIBI III	37	8,4	1,7	1,0	-
4	CAUSAI ÑAMBI IV	55	14	2,1	1,5	CARGA GENERAL
5	CAUSAI ÑAMBI VI	65	14,5	2,1	1,57	CARGA GENERAL
6	CHRISTINA	37,8	10,3	1,2	0,75	CARGA GENERAL
7	CIDADE DE COJADAS	36,78	9,96	1,67	1,39	CARGA GENERAL
8	CIPORT 2000 LEONARDO E	36	14	2,46	2,1	CARGA GENERAL
9	CIPORT2010	42	18	2,9	1,9	CARGA GENERAL
10	CIPORT N. 62 ALFA	31,6	12,8	2,5	2,0	CARGA GENERAL
11	CIPORT NO. 74	36	15	2,5	2,0	CARGA GENERAL
12	COASTAL IMPULSE	42,95	13,9	2,43	2,0	CARGA GENERAL
13	COBELLPA I	23,76	11,9	2,5	1,25	-
14	COCA I	42	12,1	1,25	0,96	CARGA GENERAL
15	COCA II	42	12,1	1,25	0,95	CARGA GENERAL
16	COCA III	42	12,1	1,25	0,95	CARGA GENERAL
17	COCA IV	42	12	1,25	0,95	CARGA GENERAL
18	COCA V	36	10	1,2	0,6	CARGA GENERAL
19	COCA VI	30	8	1,22	0,73	CARGA GENERAL
20	D TUTO	42,69	11,89	1,35	0,35	CARGA GENERAL
21	DE SAL 1	99,51	20,42	6,09	4,4	CARGA GENERAL
22	DE SAL 4	99,51	20,42	6,09	4,79	CARGA GENERAL
23	IQUITOS	36,62	15,2	3,25	2,35	CARGA GENERAL
24	ISLA SANTAY	44,84	13,52	3	2,6	CARGA GENERAL
25	LAS VEGAS	39,76	14	2,1	1,75	CARGA GENERAL
26	JUNSA	18	10	1,75	1,0	CARGA GENERAL
27	LUISANNA	39,4	11,9	1	0,6	CARGA GENERAL
28	MI LEIDY	36	11,25	1,3	0,65	CARGA GENERAL
29	MI LEIDY II	42	11,25	1,3	0,65	CARGA GENERAL
30	MI LEIDY III	42	11,25	1,3	0,65	CARGA GENERAL
31	MI LEIDY IV	42	11,25	1,3	0,65	CARGA GENERAL
32	MOROCHITA III	42,92	7,34	1,8	0,7	-
33	NORMA ALEXANDRA	36,65	8,38	1,65	0,8	CARGA GENERAL
34	SAN JOSE	26,7	7,45	2,05	1,0	-
35	SAN MIGUEL	18,15	5,3	1,25	0,75	-
36	SEPEGA 10	31,75	8,97	1,5	1,2	CARGA GENERAL
37	SMITH RICE	31	15,85	2,77	1,92	CARGA GENERAL
38	TECNAC NO. 2	33,8	10,4	3,2	2,6	-
39	YASUNI I	36	12	1,25	0,5	CARGA GENERAL

Fuente: Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial

Tabla XXX. Barcazas con Propulsión

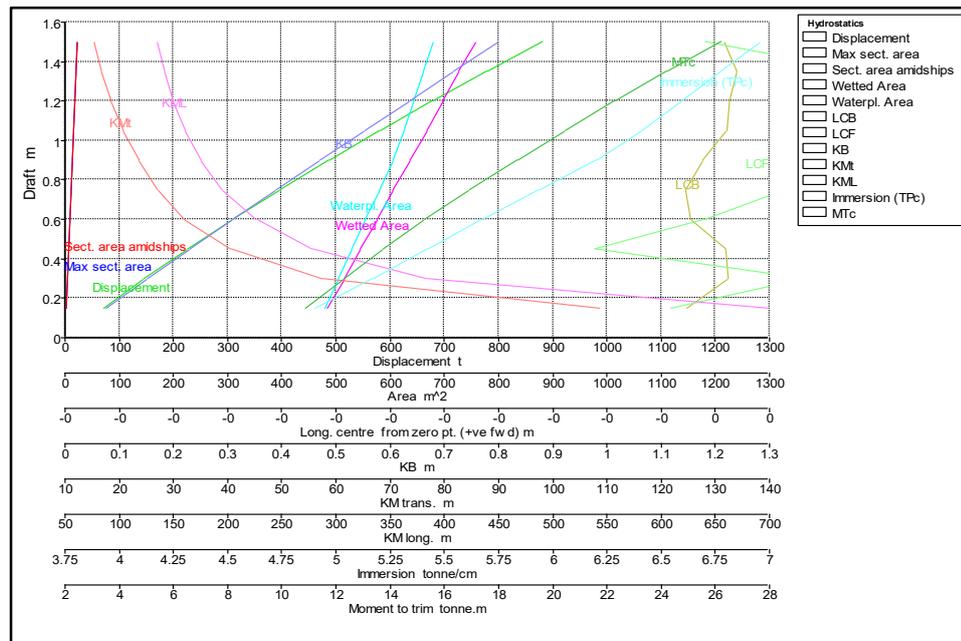
No	NOMBRE	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	CALADO (m)	SERVICIO	USO
1	A/F CAMISEA VIII	48,84	11,5	2,5	1	GABARRA	PRIVADO
2	A/F CAMISEA XX	49,35	12,71	2,46	1	GABARRA	PRIVADO
3	A/F CAMISEA XXVIII	49,4	12,8	2,44	0,9	GABARRA	PRIVADO
4	ANTONIO I	36	7	1,2	0,33	GABARRA	PRIVADO
5	AUCAYO	41,27	9,52	2,5	8,33	GABARRA	PRIVADO
6	AVENTURA	18,29	6	1,22	0,8	GABARRA	PUBLICO
7	AZALEIA	37,52	10	1,8	1	GABARRA	PRIVADO
8	CAMISEA XIV	49	12,83	2,45	2,4	GABARRA	PRIVADO
9	CAMISEA XIX	49,3	12,72	2,45	1,2	GABARRA	PRIVADO
10	CAMISEA XV	49	12,83	2,45	1,2	GABARRA	PRIVADO
11	CAMISEA XXIII	49,4	12,75	2,75	1,2	GABARRA	PRIVADO
12	CAMISEA XXIV	49,3	49,3	12,75	2,45	GABARRA	PRIVADO
13	CAMISEA XXV	49,38	12,75	2,45	1,45	GABARRA	PRIVADO
14	CARMEN I	15,5	6,97	1,8	1,22	GABARRA	PRIVADO
15	CAROLINA	27,09	7,5	1,4	-1	GABARRA	PRIVADO
16	CEBRA I	23,25	5	1,05	0,5	GABARRA	PRIVADO
17	CIDADE DE MURERU	48	12	2,6	2,5	GABARRA	PRIVADO
18	CLEIA	39,98	10,02	2,22	0,75	GABARRA	PRIVADO
19	COLUMBIA II	36	10,84	1,83	-1	GABARRA	PRIVADO
20	COLUMBIA V	36,06	9	1,83	0,5	GABARRA	PRIVADO
21	COSEDA II	47,86	10,79	2,59	2	GABARRA	PRIVADO
22	CYNTHIA	41,98	11,03	2,03	0,75	GABARRA	PRIVADO
23	D.LUIZA	23,8	7,3	1,05	-1	GABARRA	PRIVADO
24	D.LUIZA	23,8	7	1,05	-1	GABARRA	PRIVADO
25	DON GREGORIO	24	4,85	2,1	0,9	GABARRA	PRIVADO
26	DON HENRY	37,7	7,5	1,9	1,14	GABARRA	PRIVADO
27	DONA LEONARDA	37,52	10	2,1	-1	GABARRA	PRIVADO
28	EL CISNE	44,03	7,43	1,84	0,75	GABARRA	PRIVADO
29	EL GRAN FIFI	23	6,62	1,81	0,9	GABARRA	PRIVADO
30	EL MORRO	42	11	2,4	1,2	GABARRA	PÚBLICO
31	GOBIERNO PROV. NAPO#1	17,15	5,4	1,5	-1	GABARRA	PRIVADO
32	LA PRINCESA	28,07	6,4	1,2	0,6	GABARRA	PUBLICO
33	MANTARRAYA I	30,16	6,67	1,8	1	GABARRA	PRIVADO
34	MARTIN	12	4	1,2	0,92	GABARRA	PÚBLICO
35	ORELLANA I	36	8,5	1,22	0,61	GABARRA	PÚBLICO
36	ORELLANA II	42	12	1,2	0,6	GABARRA	PRIVADO
37	ORELLANA III	42	11,95	1,2	0,6	GABARRA	PRIVADO
38	ORELLANA IV	36	9,6	1,22	0,61	GABARRA	PÚBLICO
39	HERMES	25	6	1,5	1,12	GABARRA	PRIVADO
40	SAN FRANCISCO	22	6	1,2	0,8	GABARRA	PRIVADO
41	SAN FRANCISCO 3	25,75	7,3	1,55	1,3	GABARRA	PRIVADO
42	SAN FRANCISCO No 1	24,6	7,35	1,22	0,7	GABARRA	PRIVADO
43	SAN FRANCISCO No. 5	21,9	6,13	1,29	1	GABARRA	PRIVADO
44	SAN LUIS	24,62	6,04	1,56	0,6	GABARRA	PÚBLICO
45	SAO GALVAO	43	11	2,2	2,2	GABARRA	PRIVADO
46	STAR CHALLENGER IV	25	6	1,32	-1	GABARRA	PRIVADO
47	TATITA	104	20	9,6	3	GABARRA	PRIVADO
48	TITANIC IV	65	13	2,68	0,56	GABARRA	PRIVADO
49	TOLIMA	13,12	3,4	1,22	0,69	GABARRA	PRIVADO
50	TRANSGLOBAL V	46	4	0,85	0,92	GABARRA	PRIVADO
51	VICTORIA	25,33	6,25	1,61	1,31	GABARRA	PÚBLICO
52	PACIFIC	11,02	3,2	0,82	-1	GABARRA	PRIVADO
53	PACIFICO	40	0,33	2,28	-1	GABARRA	PRIVADO
54	PC 10	54	12	2,8	0,75	GABARRA	PRIVADO
55	POSEIDON	15	6	1,5	0,75	GABARRA	PRIVADO
56	REINA BEATRIZ	23,85	6,55	1,55	0,75	GABARRA	PRIVADO
57	ROCIO	36,57	9,14	2,13	0	GABARRA	PRIVADO
58	ROSA AGUSTINA	45	10	21,03	0	GABARRA	PRIVADO
59	ROSA AGUSTINA III	37	6	1,83	-1	GABARRA	PRIVADO
60	ROSA AGUSTINA IV	37	10,84	1,83	-1	GABARRA	PRIVADO
61	ROSA AGUSTINA XI	45	10	2,6	8,66	GABARRA	PRIVADO
62	NAZIB	36,06	9	1,83	0,6	GABARRA	PRIVADO
63	NAZIB IV	36	10,84	1,83	-1	GABARRA	PRIVADO
64	MOROCHITA II	45,9	7,55	1,8	0,7	GABARRA	PRIVADO

Fuente: Subsecretaria de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial

ANEXO B

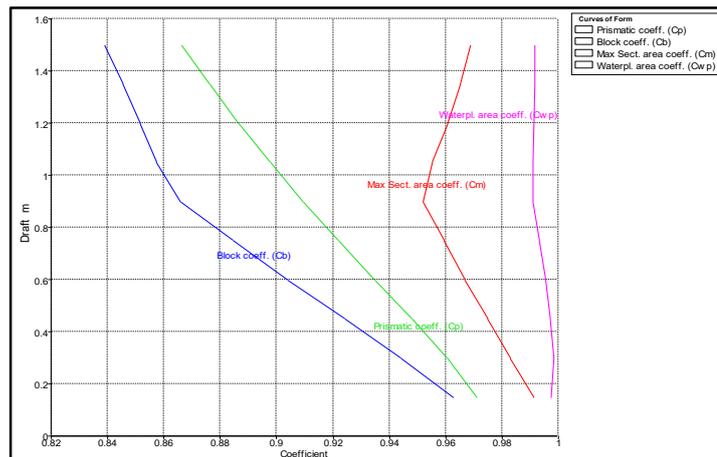
CURVAS HIDROSTÁTICAS Y DE COEFICIENTES

Figura 39. Curvas Hidrostáticas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 40. Curva de Coeficientes

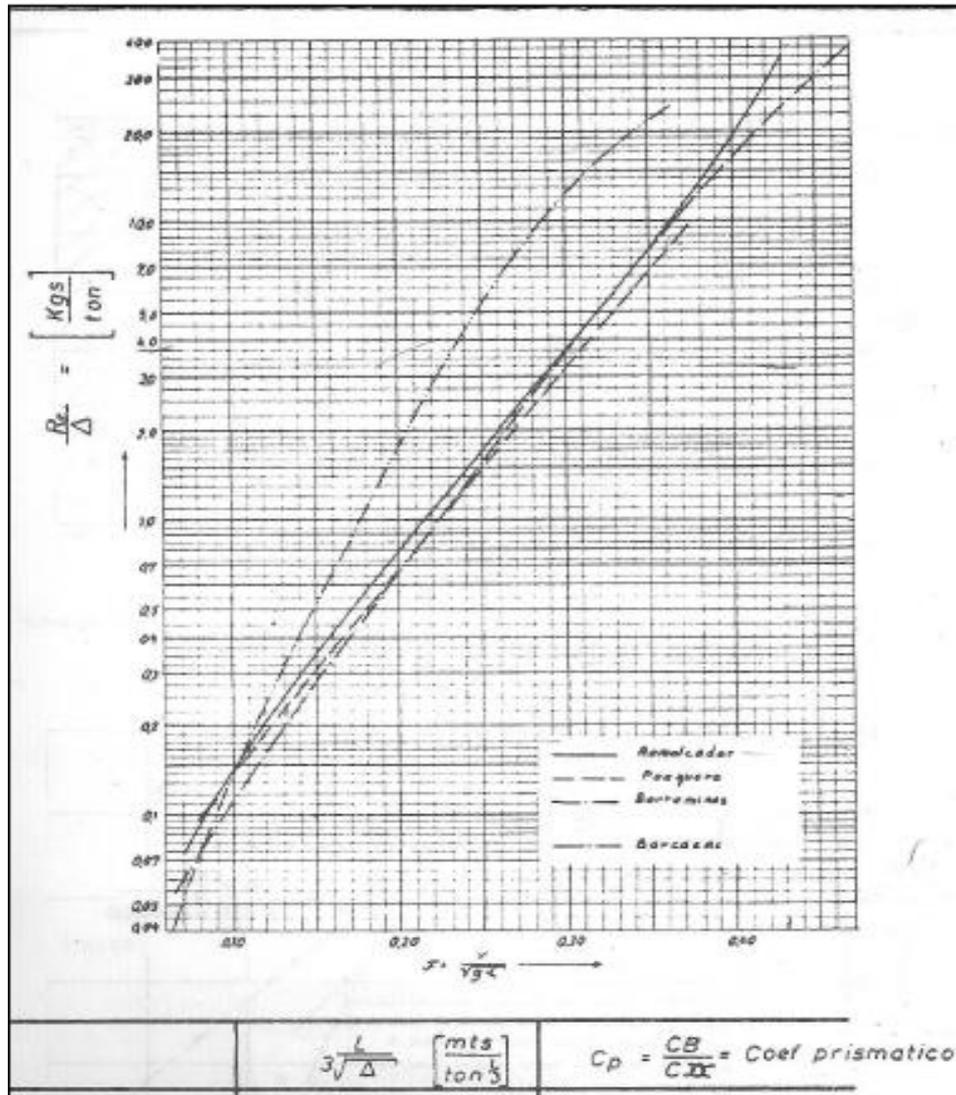


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO C

CÁLCULO DE RESISTENCIA

Figura 41. Curvas para obtener la resistencia residual según el tipo de embarcación



Fuente: Oviedo, Miguel E., Alargamiento de una Barcaza para el Transporte de Bins, Chile 2010

ANEXO D

SISTEMA PROPULSOR DEL SISTEMA CONVENCIONAL

Diseño de la hélice

A continuación se muestran los datos requeridos por el programa HydroComp-PropExpert y los resultados.

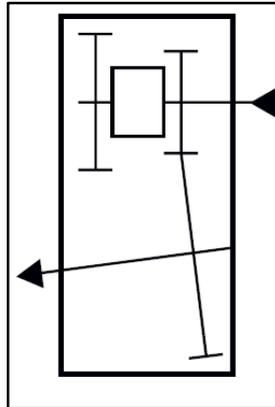
Tabla XXXI. Datos requeridos para la eficiencia de la hélice

BHP	973 hp
Consumo motor	46,7 gal/h
RPM	1800
Velocidad	12 nudos
Desplazamiento	712,6 TON
Diámetro	1,168 m
p/d	0,68
P	0,8 m
Número de Hélices	2
Z	3
Ae/Ao	0,65
Reducción	2,467

Fuente: Elaboración Propia

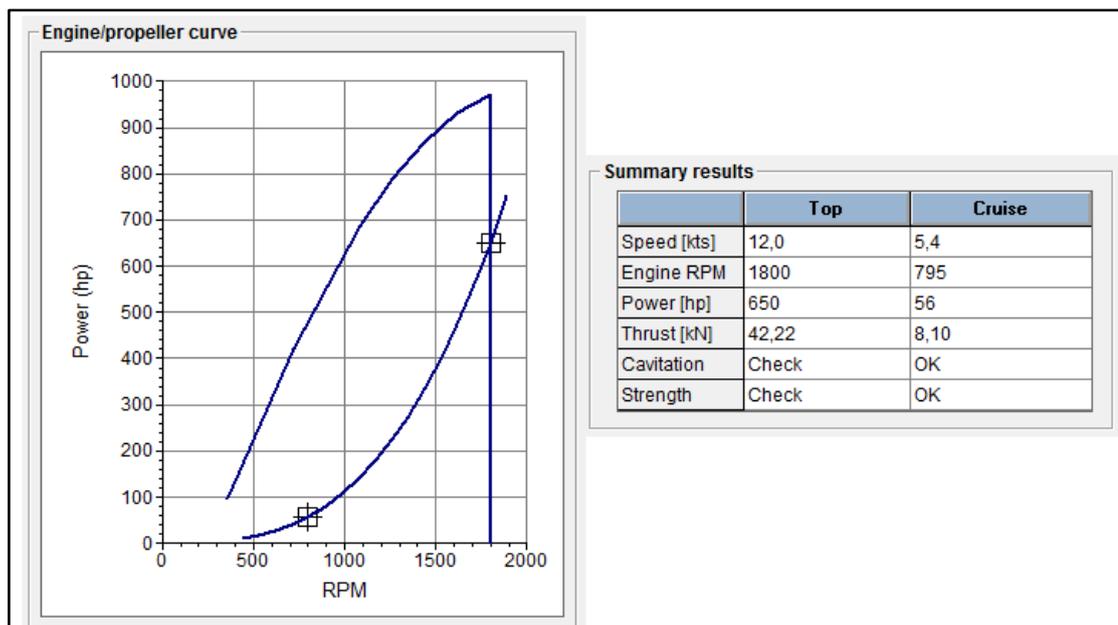
El reductor seleccionado permite una inclinación del eje de 8° , necesario para una mejor disposición del conjunto motor-eje-hélice en el espacio disponible de la barcaza.

Figura 42. Esquema del reductor seleccionado



Fuente: Product Selection Guide 2014 – ZF Marine Group

Figura 43. Curva Motor - Hélice y tabla de Resultados



Fuente: HydroComp PropExpert 2005 v5.12.0067.PX.31.666

En la Figura 43 se muestran los resultados dados por el programa y se puede ver que con las características seleccionadas del motor, eje, hélice se alcanza una velocidad máxima de 12,3 nudos sin problemas de cavitación.

Diámetro del Eje propulsor

Reglas ABS – Parte 4

$$D = 100 k \sqrt[3]{(H/R)[c_1/(U + C_2)]}$$

$c_1 = 560$ para buques mayores de 4707 m

$c_2 = 160$

K = factor de diseño

H = potencia de la maquina en kw

R = RPM del eje

U = mínimo esfuerzo permisible

Tabla XXXII. Cálculo del Diámetro del Eje

C1	560	
C2	160	
K	0,95	
H	726,1	kw
R	729,6	RPM
U	415	N/mm ²
D eje	94	mm

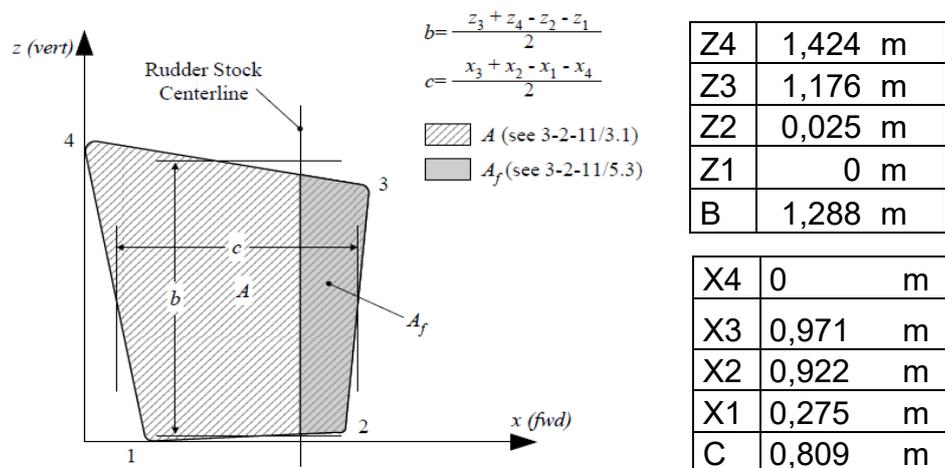
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO E

SISTEMA DE GOBIERNO DEL SISTEMA CONVENCIONAL

Reglas ABS - Parte 3

Fuerza del Timón



$$C_r = n k_r k_c k_l A V_R^2 \text{ (KN)}$$

$$n = 0,132$$

$$K_r = ((b^2/A_t) + 2)/3 \text{ no mayor que } 1,33$$

b = el ancho del área de la pala (m)

A_t = suma de las áreas de la pala

A = área de pala como se muestra en la figura

A_f = área de la pala del timón situado hacia proa desde la línea central de la mecha del timón

K_c = coeficiente dependiendo de la sección (3-2-11/Tabla1A)

K_l = coeficiente especificado en (3-2-11/Tabla2)

V_r = velocidad del barco en nudo

V_d = velocidad de diseño en nudos con el buque corriendo en cabeceo al máximo rango continuo de las Rpm del eje

V_a = velocidad máxima asentado en nudos

$V_{min} = (V_d+20)/3$

Tabla XXXIII. Resultados de Cálculo de fuerza de timón

A	0,812 m ²
A _f	0,256 m ²
A _t	1,069 m ²
n	0,132
K _r	1,184
K _c	1,1
K _l	1
V_r	6 nudos
V_d	5 nudos
V_a	5 nudos
V_{min}	8,33 nudos
C _r	5,028 KN

Fuente: Elaboración Propia

Torque del timón

$$Q_R = C_R * r \text{ (KN)}$$

C_R = fuerza del timón en KN

$$r = c (\alpha - k)$$

$$k = A_f/A$$

Tabla XXXIV. Cálculos de torque del timón

Cr	5,02843463 KN
r	0,279 M
c	0,809 M
α	0,66
k	0,315
Qr	1,40124786 KN-m

Fuente: Elaboración Propia

Diámetro de la mecha del timón superior

No debe ser menor que S

$$s = N_u \sqrt[3]{Q_r K_s} \text{ mm}$$

$$N_u = 42$$

Q_r = torque del timón en KN-m

K_s = factor de material para la mecha del timón

$$K_s = (n_y/Y)^e$$

$$n_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$Y = 450$$

$$e = 0.75$$

Tabla XXXV. Resultados de Cálculos de diámetro de la mecha

Nu	42
Qr	1,401
ny	235 N/mm ²
Y	450 N/mm ²
e	0,750
Ks	0,6143
S	39,953 mm

Fuente: Elaboración Propia

Espesor de la pala

$$t_b = 0.0015 s V_r + 2.5 \quad \text{mm}$$

S = espaciamiento de refuerzos = 181 mm

V_r = velocidad del barco

$$t_b = 4,13 \text{ mm}$$

ANEXO F

SISTEMA DE FONDEO

$$\text{Numeral de equipo (EN)} = \Delta^{2/3} + 2(Ba + bh) + 0,1 A$$

Donde

Δ = Desplazamiento moldeado en ton

B = manga moldeada en m

a = francobordo en m

b = manga máxima de la superestructura o caseta en m

h = altura efectiva de la superestructura o caseta en m

Tabla XXXVI. Resultados del cálculo de numeral de equipo

Δ	679,2 Ton
B	15 m
a	2 m
b	11,02 m
h	4,88 m
A	75,78 m ²
EN	252,31

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 1 de 3-3-1

El ancla escogida es:

NE =280

Cantidad =1

Masa = 900 kg

Longitud y diámetro de cadena = 179 m y 30 mm

Calculo de la potencia del winche

$$P = (7,74 p V_2) / (60 * 75 * e) \text{ (Hp)}$$

Donde

p = peso del ancla en ton

$V_2 = 5,5$ (m/min)

E = eficiencia = 0,66

La potencia para del cabrestante es 14,35 Hp

ANEXO G

CÁLCULO DE LA BOMBA DE TRASVASIJE

$$P = Q * Le * \gamma / \eta$$

$$V = 0,18\sqrt{D}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}}\right)$$

$$Q = A x V$$

$$\Delta p = -f \left(\frac{V^2}{2}\right) \frac{L}{D}$$

$$Re = \frac{VD}{\gamma}$$

$$he = dp + gz + \frac{V^2}{2}$$

$$Le = L + La$$

Donde D es el diámetro de la tubería, Q es flujo de combustible, Re número de Reynolds, f es el factor de fricción para flujo turbulento, dp es la caída de presión, gz es el cabezal de altura, $v^2/2$ es el cabezal de velocidad, he es el cabezal total, L es la longitud de la tubería, La es la longitud de codos, uniones tipo T, válvulas, Le es la longitud efectiva, ε es factor de rugosidad relativa, η es la eficiencia.

Tabla XXXVII. Cálculo de Potencia de la Bomba

Viscosidad	9,00E-03	
D [cm]	5,08	cm
V [cm/s]	128,29	cm /s
Área	20,27	cm ²
Q	2600,29	cm ³ /s
Q	156,02	l/min
Re	72414,50	
f ₀	0,033	
f ₁	0,019	
f ₂	0,020	
f ₃	0,020	
f ₄	0,020	
f ₅	0,020	
dp	83951,94	cm ² /s ²
gz	196000,00	cm ² /s ²
v ² /2	8229,60	cm ² /s ²
he	288181,54	cm ² /s ²
he	4,20	PSI

L	1623,30	cm
La	240,85	cm
Le	2586,72	cm

he	2,95	mca
Q	41,22	GPM
η	0,80	
γ	0,85	
P	0,94	hp

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO H

PANELES ELÉCTRICOS

Tabla XXXVIII. Distribución de paneles Eléctricos de la Barcaza Amistad

Panel 1	Panel 2
Panel 2	Carga contenedor 1 dormitorios
Reserva	Carga contenedor 2 dormitorios
Bomba de achique	Carga contenedor baños
Planta de tratamiento de aguas negras	Carga contenedor cocina
Planta de osmosis inversa	Carga contenedor dormitorio de capitán
Motor Babor	Alimentación panel 5
Motor Estribor	Cargador de batería generador 1
Bomba de agua salada estribor	Carga de batería generador 2
Remora pum control	Carga de baterías de emergencia
Bomba de agua dulce estribor	Luces de sala de máquinas 1,2 ,3,4
Preostato	Luces de sala de máquinas 5,6,7,8
Bomba de achique	Luces de sala e maquinas 9,10
Conexión delta	Luces de sala de máquinas 11,12,13
Conexión estrella	Luces de sala de máquinas 14,15,16
Ventilador babor	Alimentación panel 3
Conexión delta	Podér de luces gabarra bahía de Caráquez
Conexión estrella	Tomacorriente sala de maquinas
Ventilador estribor	Reserva
Conexión estrella	Reserva
Alimentación panel 7	Reserva contenedor
Alimentación panel 6	
Alimentación panel 4 máquinas de soldar	
Reserva	

Panel 4	Panel 5	Panel 6
Sierra circular 1	Radio teléfono	Carga cuarto de control
Sierra circular 2	Anunciador	Carga enfermería
Sierra caladora 1	Luces de respaldo	Carga pañol de herramientas
Sierra caladora 2	Reserva	Carga lavandería c200
Tronzadora 1	Luz de mástil blanca	Alimentación panel p4 herramientas
Tronzadora 2	Luz de fondo roja	Reserva carga de lavandería
Esmeril 1	Luz amarilla maniobra	Alimentación panel 8
Esmeril 2	Luz de estribor verde	
Esmeril3	Luz de babor roja	
Esmeril 4	Luz de estela roja	
Reserva esmeril 1		
Reserva esmeril 2		
Reserva esmeril 3		
Reserva esmeril 4		
Winche		
Máquina de soldar 1		
Máquina de soldar 2		

Panel 7	Panel 8
Bomba de combustible babor	Bomba de despacho de combustible
Bomba de combustible estribor	Bomba de despacho combustible
Bomba de achique 15hp	
Conexión delta	
Conexión estrella	

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO I

DOTACIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD

El cálculo de dotación mínima de seguridad depende del TRB y de la potencia instalada.

Figura 44. Dotación Mínima para Buques de Carga General

1. PERSONAL DE CUBIERTA										
T.R.B.	CAPITAN DE ALTURA	OFICIAL DE CUBIERTA			PATRON DE ALTURA	PATRON COSTANERO	CONTRA-MAESTRE	MARINERO DE PRIMERA DE PUENTE (Timonel)	MARINERO DE CUBIERTA	TOTAL
		PRIMER	SEGUNDO	TERCER						
50 -200						1		1	2	4
201 -500					1	1		1	2	5
501-1000				1	1	1		2	2	7
1001-1500			1	1	1	1		2	2	8
1501-3000		1	1	1	1		1	2	2	9
3001 en adelante	1	1	1	1			1	3	3	11

2. PERSONAL DE MAQUINAS									
POTENCIA EN MAQUINAS BHP	JEFE DE MAQUINAS	OFICIAL DE MAQUINAS			*OFICIAL ELECTROTECNICO	MARINERO DE PRIMERA DE MAQUINAS		MARINERO DE MAQUINAS (Acabado)	TOTAL
		PRIMER	SEGUNDO	TERCER		(Maquinista)	(Motorista)		
0 - 250						1		1	2
251-500							1	1	2
501-750						1	1	1	3
751-1000		1		1	1	1	1	1	6
1001-3000		1	1	1	1	2	1	1	8
3001 en adelante	1	1	1	1	1	2	1	1	9

Fuente: Subsecretaria de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial

ANEXO J

DISTRIBUCIÓN DE PESOS Y SU UBICACIÓN

Para la ubicación de los pesos se tomó como como origen la línea base para el eje vertical, la sección media para el eje longitudinal (proa positivo y popa negativo) y la línea de crujía para el eje transversal (estribor positivo y babor negativo). A continuación se presentan la distribución de pesos de cada sistema con tanques llenos y 100 TON de carga

Tabla XXXIX. Distribución de Pesos del Sistema Convencional

ITEM	Cantidad	Peso (Ton)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Casco	1	316,25	-0,022	0,009	1,5
Superestructura + Habitabilidad	1	20,006	-18,212	-0,005	5,951
Carga	1	100	5,078	0	4,1
Motor Babor	1	5,216	-15,646	-1,156	1,785
Motor Estribor	1	5,216	-15,646	1,156	1,785
Reductor Babor	1	0,75	-17,531	-1,156	1,493
Reductor Estribor	1	0,75	-17,531	1,156	1,493
Hélice Babor	1	0,146	-22,496	-1,156	0,579
Hélice Estribor	1	0,146	-22,496	1,156	0,579
Eje Babor	1	0,35	-20,115	-1,156	0,977
Eje Estribor	1	0,35	-20,115	1,156	0,977
Generador Babor	1	1,434	-12,606	-1,116	1,927
Pala Babor	1	0,094	-23,300	-1,156	0,6
Pala Estribor	1	0,094	-23,300	-1,156	0,6
Generador Estribor	1	1,434	-12,606	1,116	1,927
Ancla	1	0,9	24,497	0	2,445
Cadena	1	0,5	23,124	0	2,445
Cabrestante	1	0,61	21,378	0	3,297
Planta Tratamiento	1	0,14	-20,309	3,573	1,224

Planta Desalinizadora	1	0	-11,902	1,141	1,206
Bomba De Achique 1	1	0,16	-10,122	1,623	0,347
Bomba De Achique 2	1	0,16	-10,122	5,041	0,347
Bomba De Contraincendios	1	0,16	-11,15	-1	0,347
Bomba De Agua Dulce Bb	1	0,02	-12,066	-4,78	0,932
Bomba De Agua Dulce Bb	1	0,02	-12,066	4,78	0,932
Tanque De Presión De Babor	1	0,303	-11,8	-5,819	1,162
Tanque De Presión De Estribor	1	0,303	-11,8	5,819	1,162
Tuberías De Sistemas	1	2,12	-5,933	0,095	1,363
Tanque De Combustible 1 Bb	95%	12,903	-5,64	-1,9	1,658
Tanque De Combustible 2 Sb	95%	12,903	-5,64	1,9	1,658
Tanque De Combustible 3 Bb	95%	12,852	3,75	-1,9	1,658
Tanque De Combustible 4 Sb	95%	12,852	3,75	1,9	1,658
Tanque De Combustible 5 Bb	95%	4,652	-16,698	-3,45	1,729
Tanque De Combustible 6 Sb	95%	4,652	-16,698	3,45	1,729
Tanque De Combustible 7 Bb	95%	4,652	-16,698	-5,444	1,729
Tanque De Combustible 8 Sb	95%	4,652	-16,698	5,444	1,729
Tanque De Lastre 1 Bb	0%	4,834	4,685	-6,623	0
Tanque De Lastre 2 Sb	0%	4,834	4,685	6,623	0
Tanque De Lastre 3 Bb	0%	4,782	12,603	-6,6	0
Tanque De Lastre 4 Sb	0%	4,437	12,603	6,623	0
Tanque De Agua Dulce 1bb	95%	4,642	-4,69	-6,822	0,49
Tanque De Agua Dulce 2sb	95%	4,642	-4,69	6,822	0,49
Tanque De Agua Dulce 3bb	95%	5,555	-11,29	-1,092	1,729
Tanque De Agua Dulce 4sb	95%	5,555	-11,29	1,092	1,729
Tanque De Aguas Grises Sb	0%	7	-19,592	5,744	0,935
Tanque De Aguas Grises Bb	0%	7	-19,592	-5,744	0,935
Peso Total		543,62	-1,098	0,008	2,16

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XL. Distribución de Pesos del Sistema Azimutal

ITEM	Cantidad	Peso (Ton)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Casco	1	315	-0,022	0,009	1,5
Superestructura + Habitabilidad	1	20	-18,212	-0,005	5,951
Carga	1	100	5,078	0	3,9
Motor Babor	1	6,59	-22,433	-4,502	4,03
Motor Estribor	1	6,59	-22,433	4,502	4,03
Generador Babor	1	1,434	-17,038	-0,915	1,927
Generador Estribor	1	1,434	-17,038	0,915	1,927
Ancla	1	0,95	24,497	0	2,445
Cadena	1	0,5	23,124	0	2,445
Cabrestante	1	0,61	21,378	0	3,297
Planta Tratamiento	1	0,14	-20,309	3,573	1,224
Planta Desalinizadora	1	0	-11,902	1,141	1,206
Bomba De Achique 1	1	0,16	-10,122	1,623	0,347
Bomba De Achique 2	1	0,16	-10,122	5,041	0,347
Bomba De Contraincendios	1	0,16	-11,15	-1	0,347
Bomba De Agua Dulce Bb	1	0,02	-12,066	-4,78	0,932
Bomba De Agua Dulce Bb	1	0,02	-12,066	4,78	0,932
Tanque De Presión De Babor	1	0,303	-11,8	-5,819	1,162
Tanque De Presión De Estribor	1	0,303	-11,8	5,819	1,162
Tuberías De Sistemas	1	2,12	-5,933	0,095	1,363
Tanque De Combustible 1 Bb	95%	12,258	-5,64	-1,9	1,658
Tanque De Combustible 2 Sb	95%	12,258	-5,64	1,9	1,658
Tanque De Combustible 3 Bb	95%	12,209	3,75	-1,9	1,658
Tanque De Combustible 4 Sb	95%	12,209	3,75	1,9	1,658
Tanque De Combustible 5 Bb	95%	4,347	-16,724	-3,45	1,729
Tanque De Combustible 6 Sb	95%	4,347	-16,724	3,45	1,729
Tanque de Combustible 7 Bb	95%	4,347	-16,724	-5,444	1,729
Tanque de Combustible 8 Sb	95%	4,347	-16,724	5,444	1,729
Tanque de Lastre 1 Bb	0%	0	4,685	-6,623	0
Tanque de Lastre 2 Sb	0%	0	4,685	6,623	0
Tanque de Lastre 3 Bb	0%	0	12,603	-6,6	0
Tanque de Lastre 4 Sb	0%	0	12,603	6,623	0
Tanque de Agua Dulce 1bb	95%	4,41	-4,69	-6,822	0,49
Tanque de Agua Dulce 2sb	95%	4,41	-4,69	6,822	0,49
Tanque de Agua Dulce 3bb	95%	5,277	-11,29	-1,092	1,729
Tanque de Agua Dulce 4sb	95%	5,277	-11,29	1,092	1,729

Tanque de Aguas Grises Sb	0%	0	-19,354	1,274	0,935
Tanque de Aguas Grises Bb	0%	0	-19,354	-1,274	0,935
Tanque de Lastre Nuevo Bb	0%	0	12,603	-1,897	0
Tanque de Lastre Nuevo Sb	0%	0	12,603	1,897	0
Peso Total		542,12	-1,265	0,008	2,183

Fuente: Elaboración Propia

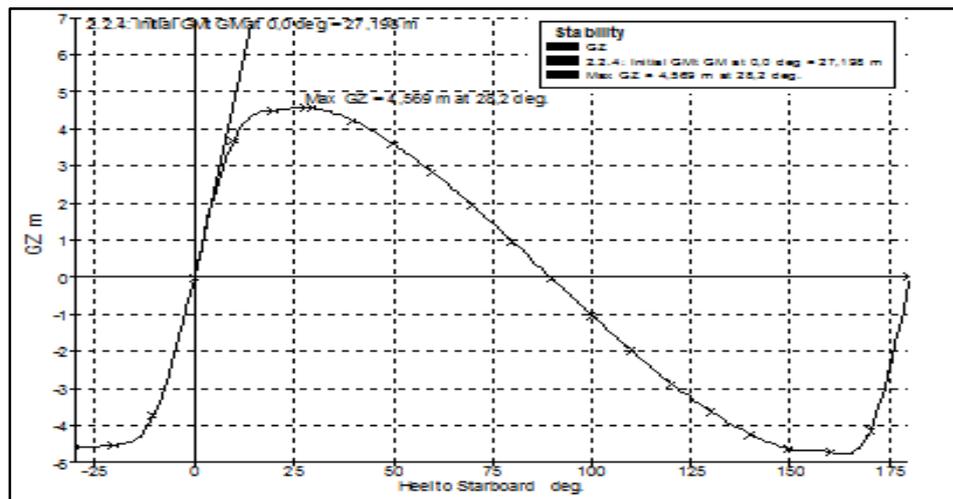
ANEXO K

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Sistema Convencional

1. Ligero.

Figura 45. Curva de Brazo Adrizante. Condición 1



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

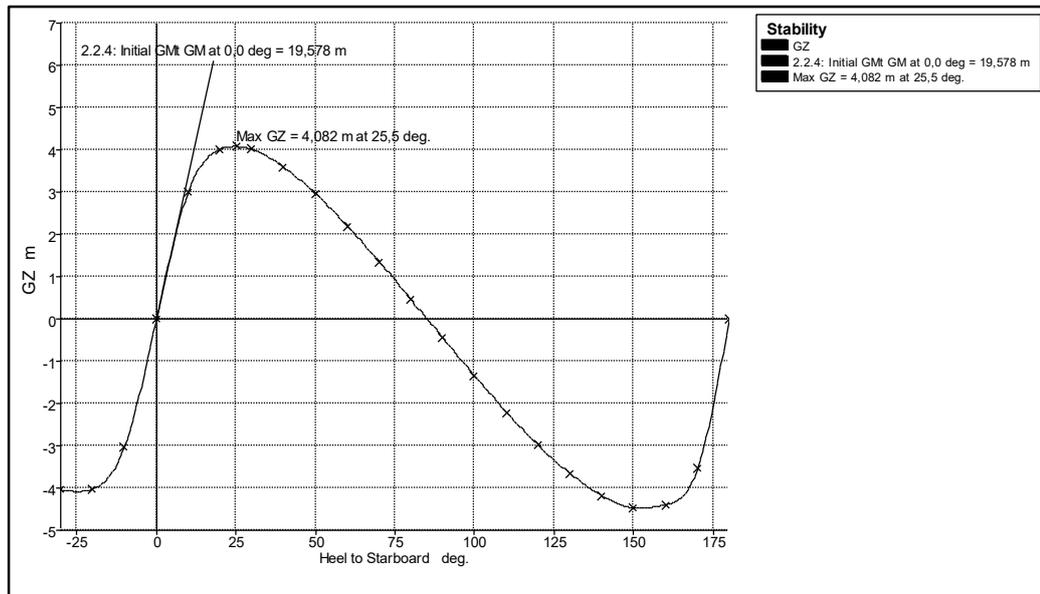
Tabla XLI. Resultados de Estabilidad. Condición 1

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	44,2099	Pasa	+2471,99
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	108,3916	Pasa	+3339,58
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	152,6015	Pasa	+2859,34
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,558	Pasa	+2179,00
Máximo ángulo GZ	25,0	deg	28,2	Pasa	+12,73
GMt Inicial	0,150	m	27,198	Pasa	+18032,00
Trimado	0,373	m			

Fuente: Elaboración Propia

2. Salida de Puerto: con carga y 100% de consumibles

Tabla XLII. Curva de Brazo Adrizante. Condición 2



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

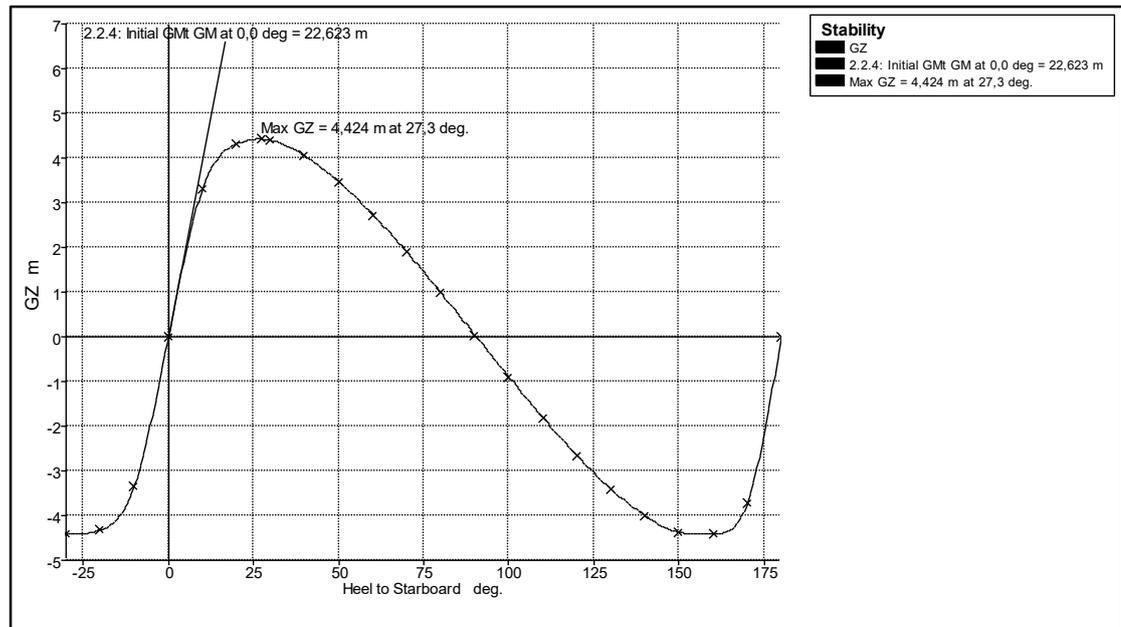
Figura 46. Resultados de Estabilidad. Condición 2

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	38,3229	Pasa	+2129,50
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	93,1845	Pasa	+2857,02
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	131,5074	Pasa	+2450,27
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,019	Pasa	+1909,50
Máximo ángulo GZ	25,0	Deg	25,5	Pasa	+1,82
GMt Inicial	0,150	m	19,578	Pasa	+12952,00
Trimado	0,305	m			

Fuente: Elaboración Propia

3. Salida de Puerto: sin carga y 100% de consumibles

Figura 47. Curva de Brazo Adrizante. Condición 3



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

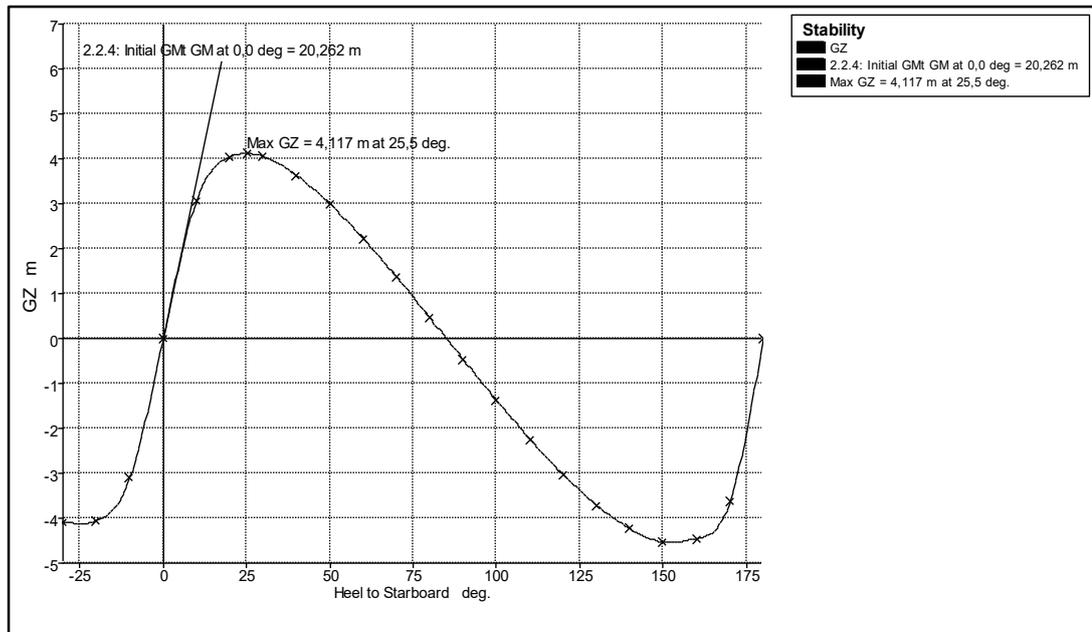
Tabla XLIII. Resultados de Estabilidad. Condición 3

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	42,5959	Pasa	+2378,09
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	101,5524	Pasa	+3122,56
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	144,1484	Pasa	+2695,41
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,405	Pasa	+2102,50
Máximo ángulo GZ	25,0	deg	27,3	Pasa	+9,09
GmT Inicial	0,150	m	22,623	Pasa	+14982,00
Trimado	0,476	m			

Fuente: Elaboración Propia

4. Media Travesía: con carga y 50% de consumibles

Figura 48. Curva de Brazo Adrizante. Condición 4



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

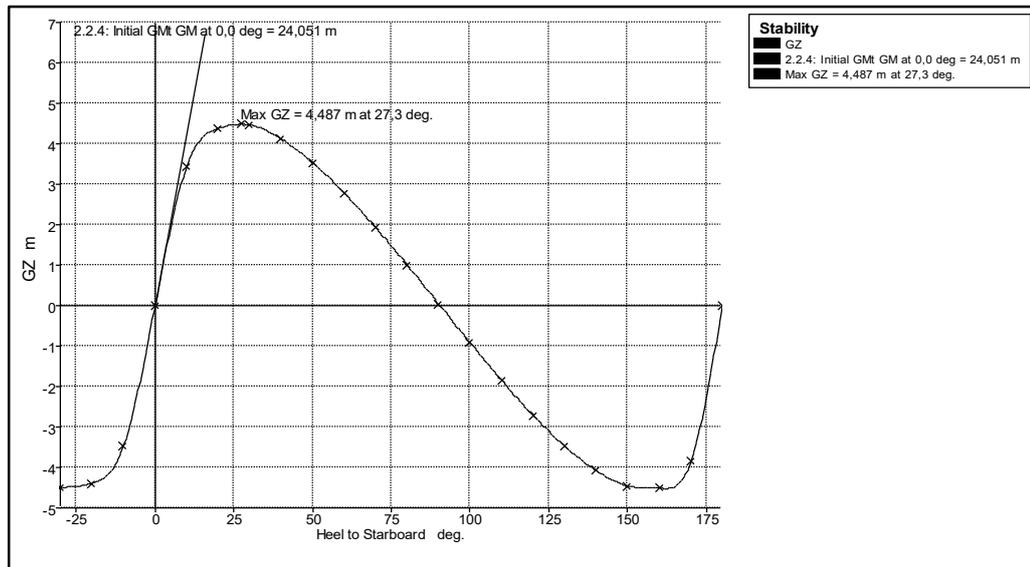
Tabla XLIV. Resultados de Estabilidad. Condición 4

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	38,7402	Pasa	+2153,78
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	94,5275	Pasa	+2899,64
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	133,2677	Pasa	+2484,41
Max GZ a 30 o mayor	0,200	M	4,060	Pasa	+1930,00
Máximo ángulo GZ	25,0	deg	25,5	Pasa	+1,82
GMt Inicial	0,150	M	20,262	Pasa	+13408,00
Trimado	0,345	M			

Fuente: Elaboración Propia

5. Media Travesía: sin carga y 50% de consumibles

Figura 49. Curva de Brazo Adrizante. Condición 5



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

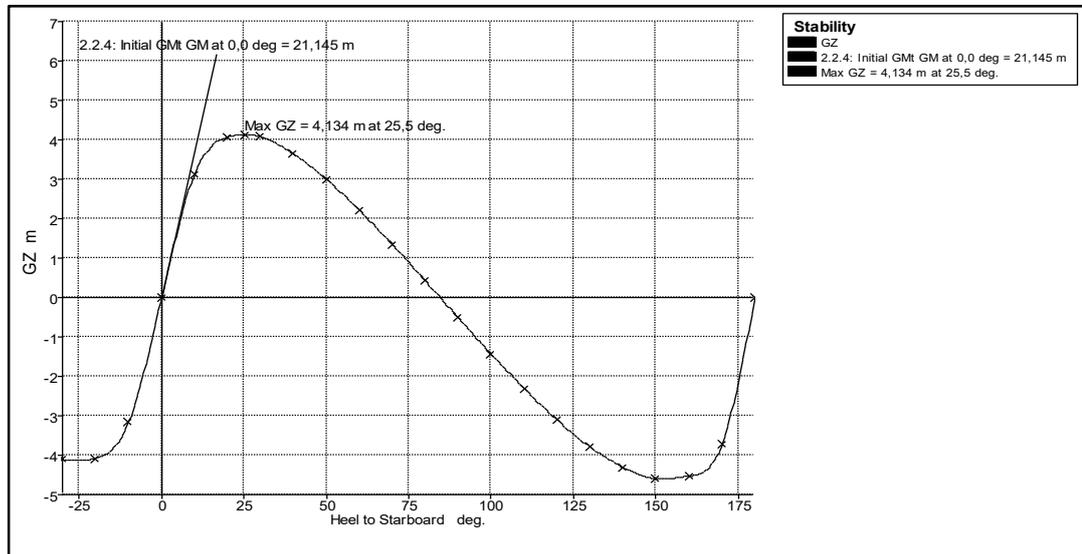
Tabla XLV. Resultados de Estabilidad. Condición 5

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	43,3127	Pasa	+2419,79
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	103,9995	Pasa	+3200,21
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	147,3122	Pasa	+2756,77
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,473	Pasa	+2136,50
Máximo ángulo GZ	25,0	Deg	27,3	Pasa	+9,09
GMt Inicial	0,150	m	24,051	Pasa	+15934,00
Trimado	0,477	m			

Fuente: Elaboración Propia

6. Llegada a Puerto: con carga y 10% de consumibles

Figura 50. Curva de Brazo Adrizante. Condición 6



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

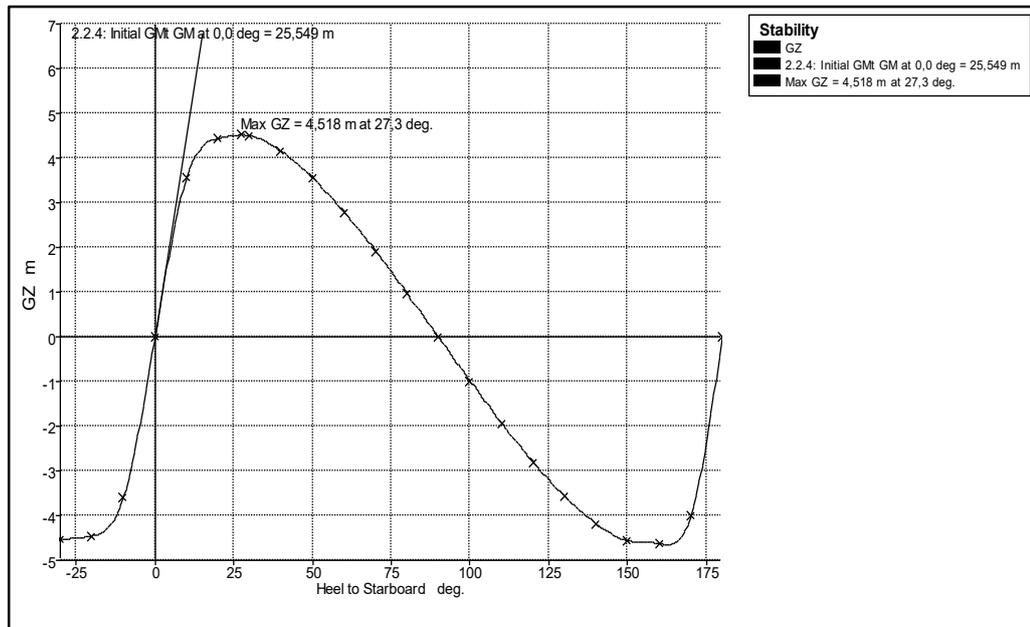
Tabla XLVI. Resultados de Estabilidad. Condición 6

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	38,9211	Pasa	+2164,30
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	95,5518	Pasa	+2932,14
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	134,4729	Pasa	+2507,78
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,080	Pasa	+1940,00
Máximo ángulo GZ	25,0	deg	25,5	Pasa	+1,82
GMt Inicial	0,150	m	21,145	Pasa	+13996,67
Trimado	0,369	m			

Fuente: Elaboración Propia

7. Llegada a Puerto: sin carga y 10% de consumibles

Figura 51. Curva de Brazo Adrizante. Condición 7



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

Tabla XLVII. Resultados de Estabilidad. Condición 7

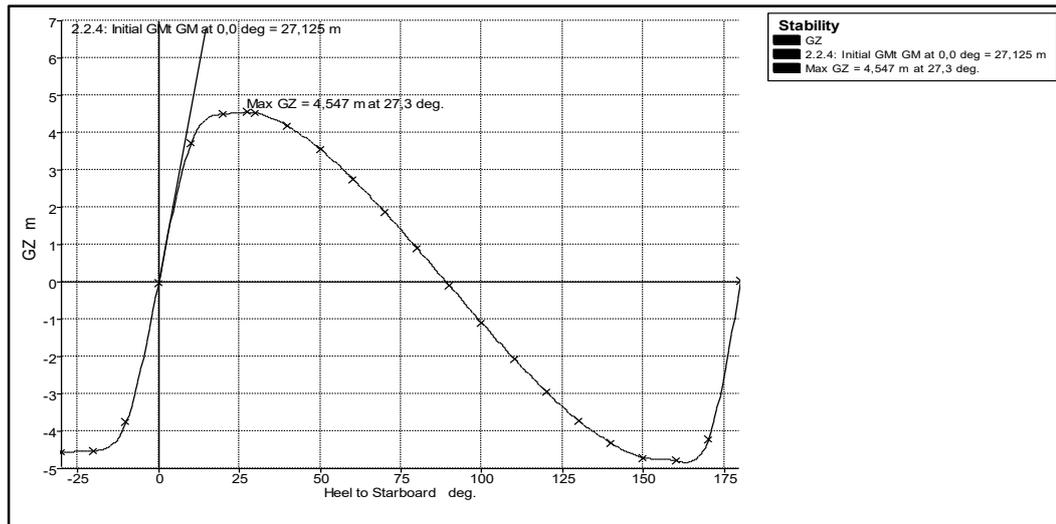
criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	43,6329	Pasa	+2438,42
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	105,9890	Pasa	+3263,34
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	149,6219	Pasa	+2801,56
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,505	Pasa	+2152,50
Máximo ángulo GZ	25,0	Deg	27,3	Pasa	+9,09
GMt Inicial	0,150	m	25,549	Pasa	+16932,67
Trimado	0,479	m			

Fuente: Elaboración Propia

Sistema Azimutal

1. Ligerero.

Figura 52. Curva de Brazo Adrizante. Condición 1



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

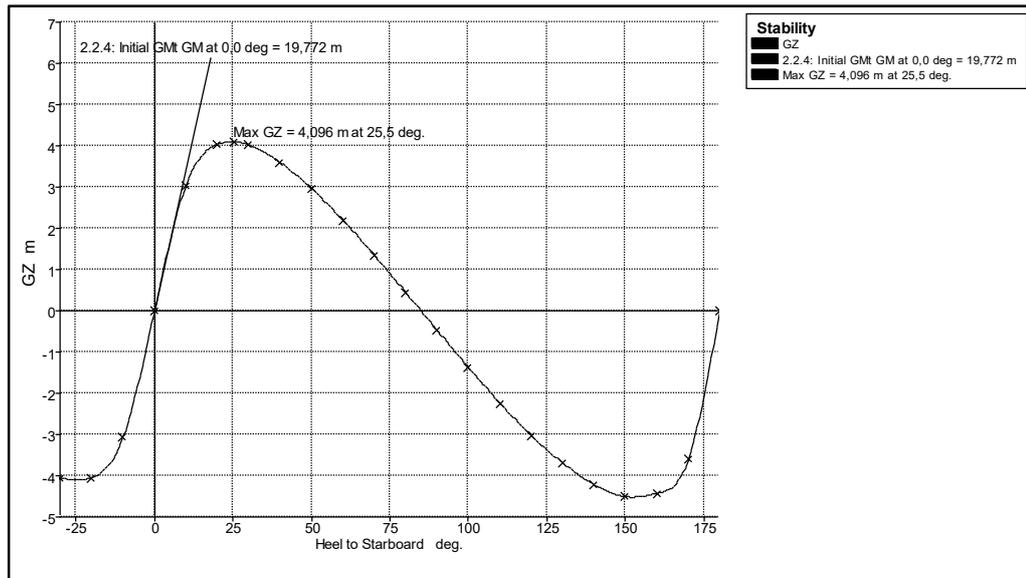
Tabla XLVIII. Resultados de Estabilidad. Condición 1

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	43,8536	Pasa	+2451,26
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	108,3963	Pasa	+3339,73
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	152,2499	Pasa	+2852,53
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,531	Pasa	+2165,50
Máximo ángulo GZ	25,0	Deg	27,3	Pasa	+9,09
GMt Inicial	0,150	m	27,125	Pasa	+17983,33
Trimado	0,481	m			

Fuente: Elaboración Propia

2. Salida de Puerto: con carga y 100% de consumibles

Figura 53. Curva de Brazo Adrizante. Condición 2



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

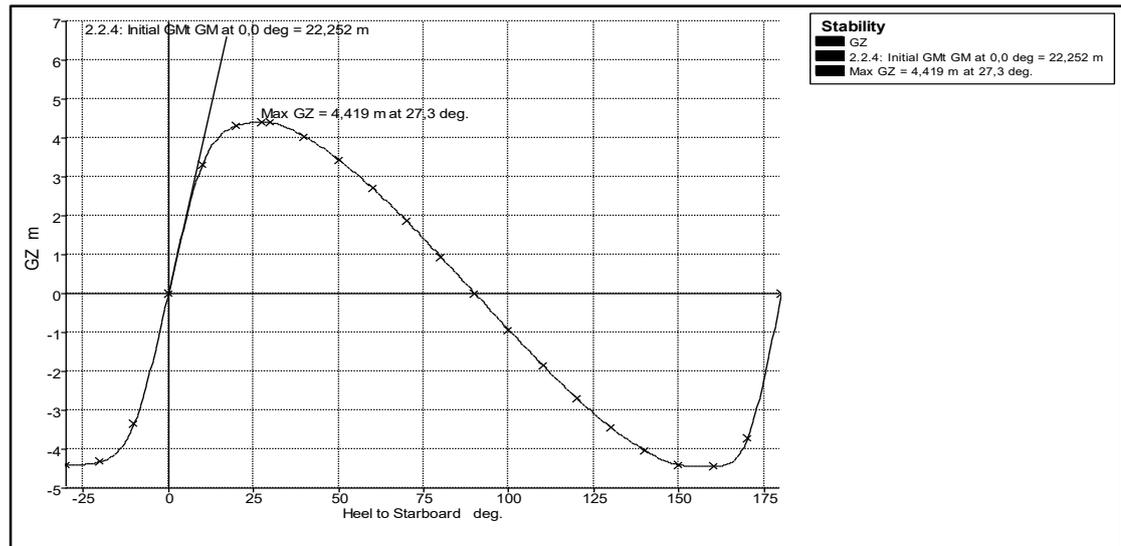
Tabla XLIX. Resultados de Estabilidad. Condición 2

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	38,4326	Pasa	+2135,88
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	93,8938	Pasa	+2879,53
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	132,3264	Pasa	+2466,16
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,033	Pasa	+1916,50
Máximo ángulo GZ	25,0	Deg	25,5	Pasa	+1,82
GMt Inicial	0,150	m	19,772	Pasa	+13081,33
Trimado	0,351	m			

Fuente: Elaboración Propia

3. Salida de Puerto: sin carga y 100% de consumibles

Figura 54. Curva de Brazo Adrizante. Condición 3



Fuente: Resultados tomados de Maxsurf

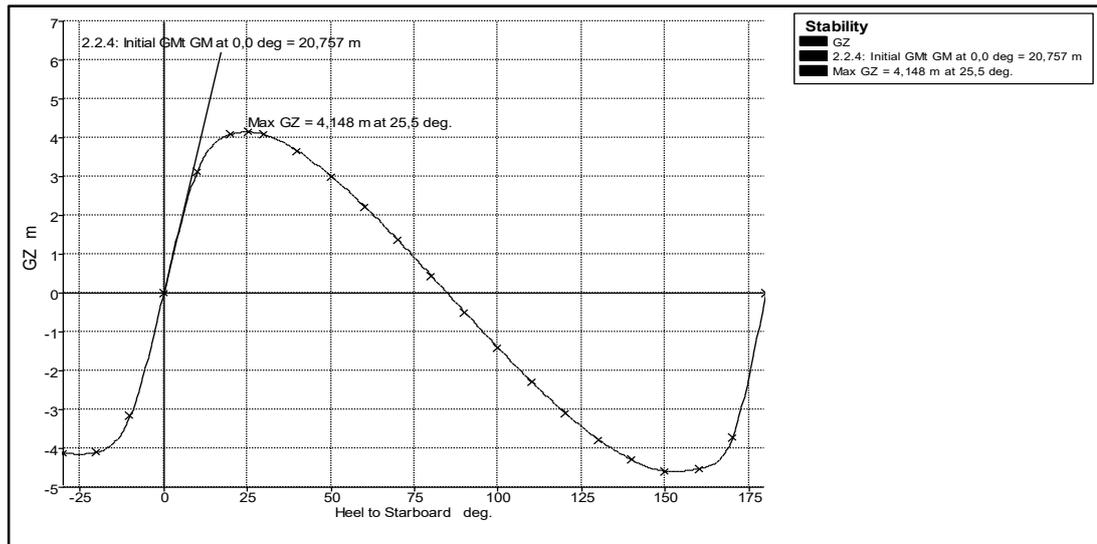
Tabla L. Resultados de Estabilidad. Condición 3

criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	42,4876	Pasa	+2371,79
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	101,5817	Pasa	+3123,49
Area 0 a 40	5,1566	m.deg	144,0693	Pasa	+2693,88
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,399	Pasa	+2099,50
Máximo ángulo GZ	25,0	deg	27,3	Pasa	+9,09
GMt Inicial	0,150	m	22,252	Pasa	+14734,67
Trimado	0,430	m			

Fuente: Elaboración Propia

4. Media Travesía: con carga y 50% de consumibles

Figura 55. Curva de Brazo Adrizante. Condición 4



Fuente: Resultados Tomados de Maxsurf

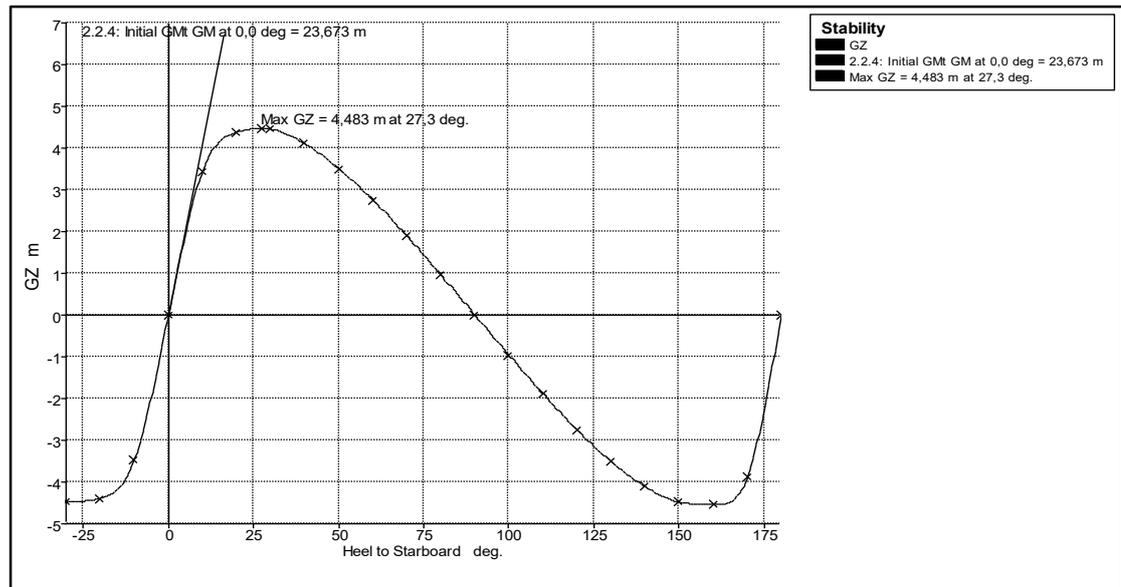
Tabla LI. Resultados de Estabilidad. Condición 4

Critério	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	39,0709	Pasa	+2173,02
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	95,8144	Pasa	+2940,47
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	134,8852	Pasa	+2515,78
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,095	Pasa	+1947,50
Máximo ángulo GZ	25,0	deg	25,5	Pasa	+1,82
GMt Inicial	0,150	m	20,757	Pasa	+13738,00
Trimado	0,31	m			

Fuente: Elaboración Propia

5. Media Travesía: sin carga y 50% de consumibles

Figura 56. Curva de Brazo Adrizante. Condición 5



Fuente: Resultados Tomados de Maxsurf

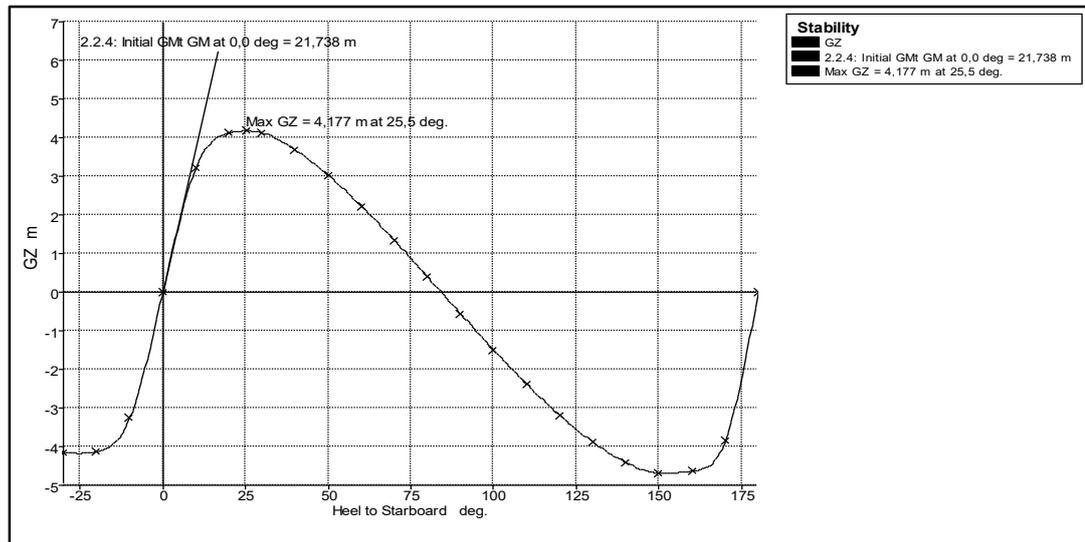
Tabla LII. Resultados de Estabilidad. Condición 5

criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	43,2131	Pasa	+2414,00
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	104,0665	Pasa	+3202,33
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	147,2796	Pasa	+2756,14
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,467	Pasa	+2133,50
Máximo ángulo GZ	25,0	Deg	27,3	Pasa	+9,09
GMt Inicial	0,150	m	23,673	Pasa	+15682,00
Trimado	0,448	m			

Fuente: Elaboración Propia

6. Llegada a Puerto: con carga y 10% de Consumibles

Figura 57. Curva de Brazo Adrizante. Condición 6



Fuente: Resultados Tomados de Maxsurf

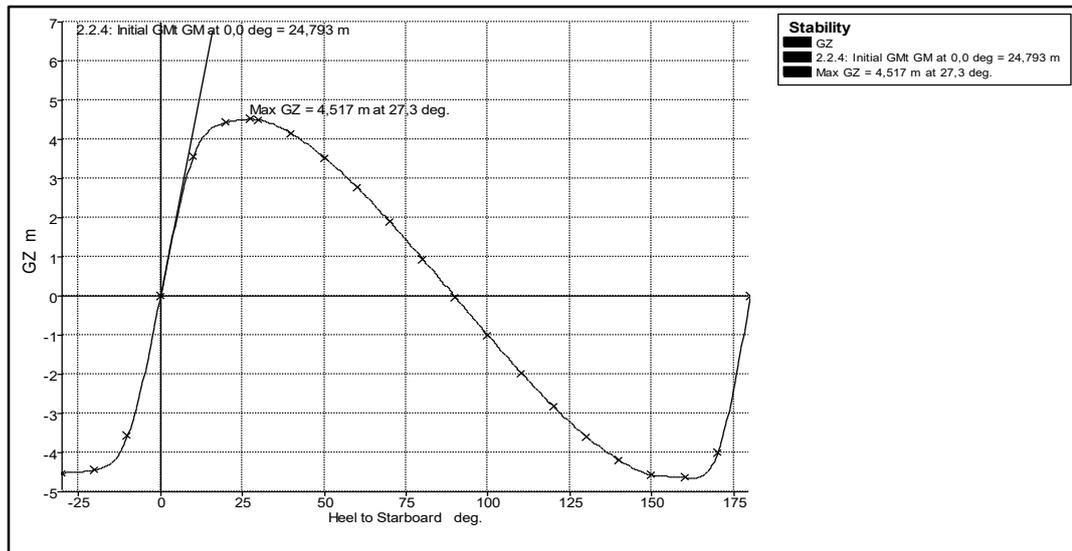
Tabla LIII. Resultados de Estabilidad. Condición 6

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	39,3820	Pasa	+2191,12
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	97,3703	Pasa	+2989,85
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	136,7524	Pasa	+2551,99
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,129	Pasa	+1964,50
Máximo ángulo GZ	25,0	deg	25,5	Pasa	+1,82
GMt Inicial	0,150	m	21,738	Pasa	+14392,00
Trimado	0,273	m			

Fuente: Elaboración Propia

7. Llegada a Puerto: sin carga y 10% de consumibles

Figura 58. Curva de Brazo Adrizante. Condición 7



Fuente: Resultados Tomados de Maxsurf

Tabla LIV. Resultados de Estabilidad. Condición 7

Criterio	Valor	Unidad	Actual	Estado	Margen %
Área 30 a 40	1,7189	m.deg	43,5774	Pasa	+2435,19
Área 0 a 30	3,1513	m.deg	105,8166	Pasa	+3257,87
Área 0 a 40	5,1566	m.deg	149,3941	Pasa	+2797,14
Max GZ a 30 o mayor	0,200	m	4,503	Pasa	+2151,50
Máximo ángulo GZ	25,0	Deg	27,3	Pasa	+9,09
GMt Inicial	0,150	m	24,793	Pasa	+16428,67
Trimado	0,41	m			

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO L

CÁLCULO DEL ESFUERZO

Tabla LV. Cálculo de la Inercia de la Sección

#	Elemento(i)	zi(mm)	A(mm ²)	A*Zi(mm ³)	A*Z ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
1	Mamparo Longitudinal 1	1654,33	30651,72	5,071E+07	8,389E+10	2,642E+10
2	Plancha Mamparo Longitudinal 2	1620,97	62578,94	1,014E+08	1,644E+11	5,622E+10
1	Plancha de fondo	6,35	171702,73	1,090E+06	6,923E+06	2,308E+06
1	Plancha de doble fondo	865,88	164979,10	1,429E+08	1,237E+11	2,772E+05
2	Plancha de pantoque	481,41	30800,80	1,483E+07	7,138E+09	3,774E+09
2	Plancha de costado	2083,02	42885,00	8,933E+07	1,861E+11	3,246E+05
1	Plancha de Cubierta	3314,38	142950,00	4,738E+08	1,570E+12	1,082E+06
5	Vagras	437,7	53975,00	2,362E+07	1,034E+10	3,250E+09
14	Refuerzos L (Fondo)	85,39	25839,45	2,206E+06	1,884E+08	2,541E+07
14	Refuerzos L (Doble Fondo)	790,01	25839,45	2,041E+07	1,613E+10	2,541E+07
2	Refuerzos L1.(cubierta)	3236,05	3691,35	1,195E+07	3,866E+10	3,630E+06
2	Refuerzos L2.(cubierta)	3233,45	3691,35	1,194E+07	3,859E+10	3,630E+06
2	Refuerzos L3.(cubierta)	3229,19	3691,35	1,192E+07	3,849E+10	3,630E+06
2	Refuerzos L4.(cubierta)	3215,89	3691,35	1,187E+07	3,818E+10	3,630E+06
2	Refuerzos L5.(cubierta)	3205,89	3691,35	1,183E+07	3,794E+10	3,630E+06
2	Refuerzos L6.(cubierta)	3183,03	3691,35	1,175E+07	3,740E+10	3,630E+06
2	Refuerzos L7.(cubierta)	3170,08	3691,35	1,170E+07	3,710E+10	3,630E+06
1	Refuerzos T1.(cubierta)	3049,27	7096,76	2,164E+07	6,599E+10	3,035E+08
2	Refuerzos T2.(cubierta)	3007,38	14193,52	4,269E+07	1,284E+11	6,071E+08
6	Refuerzos L1(Costados y Mamparos longitudinales)	2724,66	11074,05	3,017E+07	8,221E+10	1,089E+07
6	Refuerzos L2 (Costado y Mamparos longitudinales)	2083,02	11074,05	2,307E+07	4,805E+10	1,089E+07
6	Refuerzos L. l3 (Costado y Mamparos longitudinales)	1474,66	11074,05	1,633E+07	2,408E+10	1,089E+07
	Sumatorios		832554,07	1,137E+09	2,777E+12	9,069E+10

Fuente: Elaboración Propia

Se tomó como eje de referencia la línea base de la cuaderna. Ahora se procede a calcular la inercia alrededor del eje neutro.

Tabla LVI. Inercia alrededor del Eje Neutro - Módulo Seccional

Zg	1,366	m
Ixx	2,868	m ⁴
Ig	1,315	m ⁴
MS. Cubierta	0,673	m ³
MS fondo	0,963	m ³

Fuente: Elaboración Propia

Donde Zg es la ubicación del eje neutro desde la línea base, Ixx es la inercia respecto a la línea base, Ig es la inercia respecto del eje neutro y MS es el módulo seccional. Para calcular el esfuerzo máximo escogemos el modulo seccional más bajo (MS de cubierta).

Sistema Convencional

Tabla LVII. Esfuerzos Máximos en Aguas Tranquilas

Condiciones de Carga	Momento Flector Máximo [Ton.m]	Esfuerzo Máximo [Ton/m²]	Aprobación
Condición 1	6,31E+02	937,33	si
Condición 2	4,83E+02	717,69	si
Condición 3	5,15E+02	765,14	si
Condición 4	5,95E+02	883,89	si
Condición 5	5,88E+02	873,37	si
Condición 6	6,88E+02	1022,22	si
Condición 7	6,56E+02	973,98	si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla LVIII. Esfuerzos Máximos en Arrufo

Condiciones de Carga	Momento Flector Máximo [Ton.m]	Esfuerzo Máximo [Ton/m²]	Aprobación
Condición 1	1,19E+03	1768,65	si
Condición 2	1,23E+03	1832,93	si
Condición 3	1,19E+03	1768,65	si
Condición 4	1,32E+03	1967,50	si
Condición 5	1,21E+03	1801,48	si
Condición 6	1,40E+03	2073,94	si
Condición 7	1,25E+03	1849,75	si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla LIX. Esfuerzos Máximos en Quebranto

Condiciones de Carga	Momento Flector Máximo [Ton.m]	Esfuerzo Máximo[Ton/m ²]	Aprobación
Condición 1	9,55E+02	1419,32	si
Condición 2	1,21E+03	1801,22	si
Condición 3	1,09E+03	1626,40	si
Condición 4	1,07E+03	1597,03	si
Condición 5	9,61E+02	1428,09	si
Condición 6	9,55E+02	1419,32	si
Condición 7	8,16E+02	1212,18	si

Fuente: Elaboración Propia

Sistema Azimutal Hidráulico

Tabla LX. Esfuerzos Máximos en Aguas Tranquilas

Condiciones de Carga	Momento Flector Máximo [Ton.m]	Esfuerzo Máximo [Ton/m ²]	Aprobación
Condición 1	6,57E+02	976,46	si
Condición 2	5,20E+02	772,53	si
Condición 3	5,84E+02	867,98	si
Condición 4	5,96E+02	886,14	si
Condición 5	6,56E+02	974,47	si
Condición 6	6,81E+02	1012,23	si
Condición 7	7,27E+02	1080,45	si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla LXI. Esfuerzos Máximos en Arrufo

Condiciones de Carga	Momento Flector Máximo [Ton.m]	Esfuerzo Máximo[Ton/m²]	Aprobación
Condición 1	7,61E+02	1129,97	si
Condición 2	1,18E+03	1755,98	si
Condición 3	1,06E+03	1568,32	si
Condición 4	1,08E+03	1599,51	si
Condición 5	9,37E+02	1391,97	si
Condición 6	9,62E+02	1429,67	si
Condición 7	8,12E+02	1206,31	si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla LXII. Esfuerzos Máximos en Quebranto

Condiciones de Carga	Momento Flector Máximo [Ton.m]	Esfuerzo Máximo[Ton/m²]	Aprobación
Condición 1	7,20E+02	1069,65	si
Condición 2	8,70E+02	1292,50	si
Condición 3	7,00E+02	1039,94	si
Condición 4	7,80E+02	1158,79	si
Condición 5	6,79E+02	1008,74	si
Condición 6	7,07E+02	1050,34	si
Condición 7	6,46E+02	959,72	si

Fuente: Elaboración Propia

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Subsecretaria de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial, Listado de Barcazas Registradas, Ecuador 2014
- [2] Astilleros Navales Ecuatorianos, Memoria Técnica Lancha Corporación Aduanera del Ecuador, ASTINAVE, 2014.
- [3] Rhinoceros Advanced Training Series, Marine Design Copyright © 2000-2002 Robert McNeel Associates and Cliff W.
- [4] Maxsurf, Version 13, user Manual, Formation Design System Pty Ltd 1984 – 2007
- [5] Oviedo, Miguel E., Alargamiento de una Barcaza para el Transporte de Bins, Chile 2010
- [6] S.B. Cohen, Tables of Residuary Resistance Coefficient for Barges with and without notches, Universidad de Michigan, 1983
- [7] Marin, J.R., y, Motorny, A.V., Maquinaria Marítima I, 2012
- [8]
www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/atuais/LuizEduardo/relat1/sistprop.htm
- [9] HydroComp PropExpert 2005 v5.12.0067.PX.31.666
- [10] ABS, Rules for Building and Classing, Steel Vessels under 90 meters (295 feet) in length, Part 4 vessel systems and machinery, 2014.

[11] ABS, Rules for Building and Classing, Steel Vessels under 90 meters (295 feet) in length, Part 3 hull construction and equipment, 2014.

[12] ABS, Rules for Building and Classing, Steel Barges, 2014.

[13] Moya Blanco Carlos, Equipos y servicios Grupo XVIII, ETSIN

[14] Ministerio de Transporte y obras públicas - Subsecretaria de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial, Dotación mínima para la seguridad de los buques.