

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL**



**Propuesta de diseño de un catamarán con proa invertida de 6.5 metros de eslora para brindar servicio en la región Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO NAVAL**

**AUTOR**

**Gean Antony Gamarra Damian**

**ASESOR**

**Manuel Arcenio Urcia Larios**

<https://orcid.org/0000-0003-2330-1300>

**Chiclayo, 2022**

**Propuesta de diseño de un catamarán con proa invertida de 6.5 metros de eslora para brindar servicio en la región Lambayeque**

PRESENTADA POR

**Gean Antony Gamarra Damian**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
Para optar el título de

**INGENIERO NAVAL**

PROBADA POR

Alexander Querevalú Morante

PRESIDENTE

Lucio Antonio Llontop Mendoza

SECRETARIO

Manuel Arcenio Urcia Larios

VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis padres, por el arduo trabajo día a día que realizan para que logre ser un profesional.

A la universidad por su formación tanto profesional como ética.

A mi familia que siempre confió en mí y sus consejos para nunca darme por vencido.

A mis abuelas por ser el gran motivo de mi vida para nunca darme por vencido y seguir siempre mirando a futuro.

## **Agradecimientos**

A mis padres por su ayuda económica, sus consejos y su dedicación para ser un buen profesional.

Agradecer a mi asesor Manuel Arcenio Urcia Larios, por ser un gran profesional y orientarme en poder elaborar un buen desarrollo de investigación, con el único objetivo de poder presentar un proyecto innovador.

# Propuesta de diseño de un catamarán con proa invertida de 6.5 metros de eslora para brindar servicio en la región Lambayeque

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="https://nanopdf.com">nanopdf.com</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://rodin.uca.es">rodin.uca.es</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.upct.es">repositorio.upct.es</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.imarpe.pe">www.imarpe.pe</a> Fuente de Internet	1%

## Índice

Resumen.....	13
Abstract.....	14
I.Introducción.....	15
II.Marco teórico .....	16
<i>Antecedentes</i> .....	16
<i>Bases teóricas</i> .....	18
1.1 Definiciones fundamentales de un buque .....	18
1.2 Tipos de embarcaciones.....	18
1.2.1 Monocasco .....	18
1.2.2 Catamarán.....	19
1.2.3 Trimarán .....	20
1.3 Tipos de catamarán .....	21
1.3.1 SWATH (Small Waterplane Area Twin Hull).....	21
1.3.2 SES (Surface Effect Ship).....	22
1.3.3 Wave Piercer .....	23
1.4 Formas de un catamarán .....	24
1.5 Estabilidad.....	25
1.6 Estabilidad transversal en un catamarán .....	28
1.7 Dimensiones principales para el diseño.....	29
1.8 Pesos y desplazamientos .....	29
1.9 Resistencia al avance .....	30
1.10 Número de Froude.....	31
1.11 Materiales .....	34
1.12 Escantillonado del catamarán.....	38
1.13 Formas del catamarán.....	38
1.14 Registro de clasificación .....	39
1.15 Hipótesis.....	40
1.16 Marco metodológico .....	40
1.16.1 Tipo y nivel de investigación .....	40
1.16.2 Diseño de la investigación.....	42
1.16.3 Población y muestra .....	43
1.16.4 Criterios de selección .....	43
1.16.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	45
1.16.6 Procesamiento de recolección de datos .....	46
1.16.7 Procesamiento y análisis de datos .....	47

1.16.8	Matriz de consistencia .....	47
III.	Metodología .....	49
2.1	Diagnosticar el estado actual de las chalanas y el tipo de servicio que brindan en la region Lambayeque.....	49
2.1.1	Estado de las chalanas .....	49
2.2	Proponer un diseño de un catamarán de 6.5 metros de eslora con proa invertida basada en la normativa internacional .....	58
2.2.1	Material de construcción – Fibra de vidrio .....	58
2.2.2	Características de la fibra de vidrio .....	58
2.2.3	Clases de fibra de vidrio.....	59
2.2.4	Regresiones y dimensiones preliminar.....	61
2.2.5	Consideraciones iniciales .....	64
2.2.6	Diseño de una embarcación con proa invertida.....	65
2.3	Determinación de formas.....	67
2.3.1	Dimensiones principales del catamarán .....	68
2.3.2	Elaboración del plano de líneas de formas .....	70
2.3.3	Disposición general .....	71
2.4	Hidrostática .....	77
2.4.1	Cálculos hidrostáticos .....	77
2.4.2	Curvas hidrostáticas .....	80
2.4.3	Curvas cruzadas.....	82
2.5	Escantillonado.....	89
2.5.1	Materiales .....	89
2.5.2	Secuencia de laminado .....	100
2.5.3	Cálculo de la resistencia total del catamarán.....	107
2.5.4	Cálculo de la potencia del catamarán .....	109
2.6	Determinación de la resistencia y potencia del catamarán mediante software .....	110
2.7	Selección del motor.....	122
2.8	Sistemas eléctricos .....	123
2.9	Dispositivos de salvamento.....	123
2.9.1	Definiciones .....	123
IV.	Resultados.....	132
3.1	Estabilidad del catamarán .....	132
3.1.1	Criterios de estabilidad recomendados.....	132
3.1.2	Estabilidad a diferentes condiciones de carga.....	132
3.1.3	Servicio de pesca.....	132
3.1.4	Servicio de Turismo .....	138

3.1.5	Servicio de Carga .....	145
3.2	Análisis estructural de la cuaderna maestra .....	151
3.2.1	Aplicando carga de 10 000 N .....	151
3.2.2	Aplicando carga de 50 000 N .....	154
3.2.3	Aplicando carga de 100 000 N .....	157
3.3	Análisis económico .....	160
3.3.1	Estimación de costo de la embarcación.....	160
3.4	Inversión inicial servicio turismo.....	168
3.4.1	Costo inicial.....	168
3.4.2	Servicio turístico .....	169
3.4.3	Servicio Pesca .....	172
3.4.4	Servicio Carga.....	174
V.	Conclusiones.....	175
VI.	Recomendaciones .....	176
VII.	Bibliografía.....	177
VIII.	Anexos.....	180



## Lista de tablas

Tabla 1. Operación de variable.....	48
Tabla 2. Sistema de propulsión .....	51
Tabla 3. Tipo de propulsión.....	52
Tabla 4. Potencias de un motor .....	52
Tabla 5. Medidas de seguridad a bordo .....	53
Tabla 6. Capacidad de bodega.....	54
Tabla 7. Año de construcción.....	55
Tabla 8. Tipo de aparejo .....	56
Tabla 9. Sistema de conservación del pescado.....	57
Tabla 10: Clase de fibra de vidrio .....	59
Tabla 11: Aplicaciones de la fibra de vidrio según el tipo .....	60
Tabla 12: Catamaranes .....	61
Tabla 13: Características Principales.....	64
Tabla 14 Dimensiones del catamarán.....	65
Tabla 15: Series Sistemáticas de Schwetz .....	67
Tabla 16: Dimensiones principales del catamarán .....	68
Tabla 17: Características geométricas del catamarán a diferentes calados .....	78
Tabla 18: Características geométricas del catamarán a diferentes calados .....	79
Tabla 19: Resultados hidrostáticos a diferentes ángulos de escora .....	84
Tabla 20: Secuencia de laminado de costado .....	100
Tabla 21: Secuencia de laminado del fondo.....	101
Tabla 22: Secuencia de laminado de la quilla .....	102
Tabla 23: Secuencia de laminado de cubierta .....	103
Tabla 24: Secuencia de laminado de entrepuente.....	104
Tabla 25: Peso total del casco .....	106
Tabla 26: Velocidad - Resistencia a 16 nudos.....	111
Tabla 27: Velocidad - Resistencia a 20 nudos.....	111
Tabla 28: Curvas de Potencia – Velocidad.....	112
Tabla 29: Velocidad - Potencia a 16 nudos .....	113
Tabla 30: Velocidad - Potencia a 20 nudos .....	113
Tabla 31: Resultados de los gráficos Potencia-Velocidad y Resistencia-Velocidad .....	114
Tabla 32: Datos generales del motor .....	122
Tabla 33: Primera condición: Salida del Puerto .....	132
Tabla 34: Resultados de la primera condición de carga, salida de puerto.....	134
Tabla 35: Resultados de la segunda condición de carga .....	135
Tabla 36: Resultados de la segunda condición de carga, llegada de puerto.....	137
Tabla 37: Primera condición salida de puerto .....	138
Tabla 38: Resultados de la primera condición de carga, salida de puerto.....	141
Tabla 39: Segunda Condición Llegada a Puerto .....	142

Tabla 40: Resultados de la segunda condición de carga, llegada de puerto .....	144
Tabla 41: Primera Condición Salida de Puerto .....	145
Tabla 42: Resultados de la primera condición de carga, llegada de puerto .....	147
Tabla 43: Segunda Condición Llegada a Puerto .....	148
Tabla 44: Resultados de la segunda condición de carga, llegada de puerto .....	150
Tabla 45: Estimación costo de materiales .....	160
Tabla 46: Estimación costo de materiales .....	161
Tabla 47: Estimación costo de pintura .....	162
Tabla 48: Estimación costo de equipamientos generales .....	163
Tabla 49: Estimación costo de equipamientos de acomodaciones .....	163
Tabla 50: Estimación costo de equipos de navegación .....	164
Tabla 51: Estimación costo de instrumentos electrónicos.....	165
Tabla 52: Estimación costos de construcción.....	166
Tabla 53: Resultado de estimación de costos .....	167

## Lista de figuras

Figura 1: Monocasco a motor de recreo sin licencia. Compass GT de 4m .....	19
Figura 2: Catamarán de vela de recreo .....	20
Figura 3: Trimarán a vela de competición, clase ORMA 60.....	21
Figura 4: Catamarán de alta velocidad de tipo SWATH, “SWATCH Planet”.....	22
Figura 5: Catamarán tipo SES .....	23
Figura 6: Catamarán militar de tipo WAVE PIERCER .....	23
Figura 7: Formas de secciones de catamaranes, secciones asimétricas y simétricas .....	24
Figura 8: Metacentro y radio metacéntrico transversal .....	25
Figura 9: Tipos de equilibrio .....	26
Figura 10: Curva de brazo GZ.....	27
Figura 11: Estabilidad transversal en catamarán.....	29
Figura 12: Estructura sándwich .....	37
Figura 13: Formas del catamarán .....	39
Figura 14: Plano de líneas de formas.....	70
Figura 15: Plano de disposición general del servicio de turismo .....	72
Figura 16: Plano de disposición general del servicio de pesca.....	73
Figura 17: Plano de disposición general del servicio de carga.....	74
Figura 18: Plano de distribución de tanques del servicio de turismo .....	86
Figura 19: Plano de distribución de tanques del servicio de pesca .....	87
Figura 20: Plano de distribución de tanques del servicio de carga.....	88
Figura 21: Simulación de olas del catamarán a una velocidad de 16 nudos. ....	116
Figura 22: Simulación de olas a una velocidad de 16 nudos – Vista bajo la Línea de Flotación .....	117
Figura 23: Simulación de olas a una velocidad de 16 nudos – Vista en Planta.....	118
Figura 24: Simulación de olas del catamarán a una velocidad de 20 nudos. ....	119
Figura 25: Simulación de olas a una velocidad de 20 nudos – Vista bajo la Línea de Flotación .....	120
Figura 26: Simulación de olas a una velocidad de 20 nudos – Vista en Planta.....	121
Figura 27. Aparato flotante.....	123
Figura 28: Forma de instalar una trinca.....	126
Figura 29. Pruebas de resistencia del cuerpo o del collar de izada del chaleco .....	128
Figura 30: Prueba de izado del hombro del chaleco.....	129
Figura 31: Resultado de tensiones con una carga de 10 000 N .....	151
Figura 32: Resultado de desplazamientos con una carga de 10 000 N.....	152
Figura 33: Factor de seguridad con una carga de 10 000 N .....	153
Figura 343: Desplazamientos con una carga de 50 000 N .....	155
Figura 35: Factor de seguridad con una carga de 50 000 N .....	156
Figura 36: Tensiones con una carga de 100 000 N .....	157

## Lista de gráficos

Gráfico 1 Material de las chalanas .....	49
Gráfico 2 Medidas de las chalanas .....	50
Gráfico 3 Capacidad de bodega.....	54
Gráfico 4: Relación L-B .....	62
Gráfico 5: Relación L-T .....	63
Gráfico 6: Relación B-T .....	64
Gráfico 7: Curvas hidrostáticas .....	80
Gráfico 8: Curvas de los coeficientes .....	81
Gráfico 9: Curvas cruzadas KN.....	83
Gráfico 10: Curvas de Resistencia – Velocidad .....	110
Gráfico 11: Curvas cruzadas para 1era condición de carga.....	133
Gráfico 12: Curvas cruzadas para 2da condición de carga.....	136
Gráfico 13: Curvas cruzadas para 1era condición de carga.....	140
Gráfico 14: Curvas cruzadas para 2a condición de carga.....	143
Gráfico 15: Curvas cruzadas para 1era condición de carga.....	146
Gráfico 16: Curvas cruzadas para 2da condición de carga.....	149

## Lista de Anexos

Anexo 1: Lista de variables de embarcaciones artesanales, ENEPA III 2015 .....	180
Anexo 2: Factor de forma.....	181
Anexo 3: Factor de popa con espejo de popa sumergida .....	181
Anexo 4: Constante de regresión de resistencia de ola para catamarán .....	182
Anexo 5: Constante de regresión de resistencia de ola para Monocasco .....	182
Anexo 6: Coeficiente de resistencia de olas para un solo casco.....	182
Anexo 7: Número de Reynolds .....	183
Anexo 8: Coeficiente de fricción de la ITT57 (Hughes) .....	183
Anexo 9: Resistencia por formación de olas del semicascos .....	184
Anexo 10: Resistencia de fricción superficial .....	184
Anexo 11: Resistencia de casco liso utilizando el factor de forma de Hughes .....	184
Anexo 12: Coeficiente de resistencia de olas del catamarán.....	185
Anexo 13: Resistencia por formación de olas para el catamarán.....	185
Anexo 14: Resistencia de casco liso del catamarán utilizando el factor de forma.....	185
Anexo 15: Resistencia residual .....	185
Anexo 16: Resistencia a las interferencias entre los cascos del catamarán R1cat .....	186
Anexo 17: Resistencia Area .....	186
Anexo 18: Resistencia por apéndices .....	187
Anexo 19: Coeficiente según el radio .....	188
Anexo 20: Constante k2 para el material de espuma.....	188

## Resumen

Las embarcaciones a nivel regional conocidas como chalanas, son embarcaciones monocasco que no cuentan con un diseño adecuado que brinden una buena estabilidad al momento de navegar, su construcción no se basa en ningún tipo de reglamento y se construyen por conocimiento pasados de generación en generación, además presentan una resistencia al avance demasiado alta, el cual presenta un problema en lo económico por el alto consumo del combustible y otros factores, su construcción al ser de madera perjudica el medio ambiente. Se realizó un estudio de estas embarcaciones encontrando su problemática, a raíz de ello se tomó en cuenta para realizar un diseño que ayude a mejorar estas características necesarias que debe brindar, es por ello que se plantea la siguiente interrogante, ¿Como influirá el diseño de un catamarán con proa invertida de 6.5 metros de eslora para brindar servicio en la region Lambayeque?

Se diseñó un catamarán con ayuda de los programas navales, innovando su proa siendo esta invertida, la cual como resultado se pudo obtener una mejor resistencia al avance mejorando su velocidad y reduciendo el consumo del combustible de la embarcación, el diseño de este catamarán además ayudó a mejorar la estabilidad y aprovechar el area mayor que brinda. Su escantillonado regido por el reglamento del ABS permite que la embarcación al ser construida en fibra de vidrio sea liviana y una excelente resistencia mecánica.

Con el nuevo diseño se realizó un análisis económico el cual se obtuvo como resultado la factibilidad de su construcción.

**Palabras claves:** Estabilidad, ABS, resistencia al avance, medio ambiente, monocasco, catamarán.

### **Abstract**

The vessels at the regional level known as chalanas, are monohull vessels that do not have an adequate design that provide good stability when sailing, their construction is not based on any type of regulation and are built by knowledge passed from generation to generation, they also have too high a resistance to advance, which is an economic problem due to the high consumption of fuel and other factors, their construction being made of wood harms the environment. A study of these vessels was carried out, finding their problems, as a result it was taken into account to make a design that helps better these necessary characteristics that it must provide, that is why the following question is raised, how will the design of a catamaran with an inverted bow of 6.5 meters in length to provide service in the Lambayeque region?

A catamaran was designed with the help of naval programs, innovating in its bow being this inverted, which as a result it was possible to obtain a better resistance to advance reducing the fuel consumption of the boat and improving its speed, the design of this catamaran also It helped improve stability and take advantage of the larger area it offers. Its scantling, governed by ABS regulations, allows the boat, as it is made of fiberglass, to be lightweight and has excellent mechanical resistance.

With the new design, an economic analysis was carried out, which was obtained as a result that its construction is feasible.

**Keywords:** Stability, Abs, creep resistance, environment, monohull, catamaran.

## I. Introducción

La industria pesquera en el Perú es un sector muy importante, el cual permite generar empleo formal; además de ingresos tanto para los familiares como al estado y exportaciones el cual tiene un impacto económico a nivel descentralizado, pues estas actividades extractivas mayormente se ven en las zonas costeras como Lambayeque. La flota pesquera cuenta con diferentes sistemas de pesca como redes de cerco, artes de pesca multipropósito, redes de arrastre y sistemas de trampas. Las embarcaciones dedicadas al sector pesquero tienen características propias de diseño y acondicionamiento a nuestro mar. [1]

Los catamaranes son embarcaciones las cuales cuentan con una mejor estabilidad a diferencia de un monocasco, pues esta posee dos cascos, y por ende su manga es más grande. Esto quiere decir que su estabilidad transversal es mayor. Al tener más estabilidad, estas embarcaciones tienen un mejor empuje, pues pierde menos energía y la navegación es más cómoda. [2]

La eficiencia en la resistencia al avance, se puede ver en la velocidad de las embarcaciones, mayormente estas se desplazan de 12 a 13 nudos, de ahí surge la necesidad de construir embarcaciones con un nuevo modelo, con la misma potencia de motor instalada y una mejora en la capacidad de la bodega. Además de la reducción en la incidencia de siniestros producto de: [1]

- Cambios estructurales. [1]
- Cambios de equipo a bordo. [1]
- Exceso de carga. [1]
- Manejo inadecuado de tanques y bodega. [1]

Siendo analizada la situación problemática, se debe tomar en cuenta que se necesita de una embarcación que brinda mejores condiciones de navegabilidad, flotabilidad, estabilidad, resistencia al avance, etc., por lo cual se rinde necesario desarrollar el ámbito naval en la región Lambayeque, con diseño de embarcaciones más modernas, ya no tradicionales si no innovadores, para mejorar las características ya mencionadas.



Por ello se consideró diseñar un catamarán con proa invertida, el cual permitirá satisfacer y mejorar las necesidades al navegar. Para ello se analizará primero las condiciones de navegación de las embarcaciones pesqueras “chalanas”, como están estructuradas, que sistemas de seguridad tienen, la conservación de pesca, sistema de navegación, etc., esta información brindada de la fuente [3], servirá para poder mejorar esas ineficiencias.

Luego se propondrá un diseño innovador de un catamarán con proa invertida realizada en los programas navales, en lo cual se analizará los cálculos de estabilidad y de la resistencia al avance permitiendo seleccionar el motor que cumpla con los requerimientos obtenidas en el análisis. El material elegido para esta embarcación será de Fibra de Vidrio y el diseño de las estructuras serán realizadas según el reglamento internacional.

## II. Marco teórico

### *Antecedentes*

La ventaja entre un catamarán y monocasco. La Relación desplazamiento-eslora de cada casco de un catamarán es menor a la de una embarcación monocasco de la misma eslora, lo cual al proyectar los cascos esta minimizan la resistencia al avance a alta velocidad sin perder la estabilidad. La estabilidad transversal de un catamarán es mayor a la de un buque monocasco con las mismas condiciones de eslora o desplazamiento debido a que presenta un mejor momento de inercia del área de flotación. El área útil en un catamarán es más amplia a la de un monocasco con igual eslora o desplazamiento. Un catamarán se puede maniobrar mejor, tiene un buen momento de giro gracias a sus hélices que están separadas transversalmente, pues están situados en cada casco. [4]

La proa invertida o proa x-bow, según Heinz Bill nos dice que permite un mejor desempeño hidrodinámico al casco, a comparación del casco de un catamarán convencional, tiene un mejor performance a medida que la embarcación aumente su velocidad, en cuanto a eficiencia es mejor y su consumo de energía es menor, tiene una mejor rentabilidad económica en la construcción y su capacidad de bodega puede incrementarse de una manera más sencilla, con solo aumentar la embarcación desde la sección media. [1]

## ➤ **Servicios**

### **Pesca**

Wilbert y Gilles mencionan a las embarcaciones que son utilizadas en la pesca artesanal como diversas en dimensiones, forma, material con el cual se ha construido, estructura, la capacidad de bodega que posee, etc. Las características mencionadas son importantes pues influirá en la capacidad de pesca y navegación de la embarcación, y tiene relación con las artes de pesca utilizadas. En su mayoría son construidas de madera, no tiene cubierta, sus dimensiones son reducidas. La popa tiene forma cuadrada y la proa termina en punta. Su propulsión es a través de un motor central el cual puede ser fuera de borda y otros todavía utilizan el remo. Estas embarcaciones operan con pequeñas redes “cortineras”, nasas cangrejeras, líneas de mano. [5]

Jesús Alvites en su tesis doctoral nos menciona las causas de los accidentes marítimos de embarcaciones pesqueras son relacionados a que estas embarcaciones carecen de estabilidad, produciendo hundimientos, un caso es del pesquero O ‘Bahía la cual en el año 2004 hubo 10 fallecidos a causa de la embarcación que perdió la estabilidad dinámica, la cual estaba navegando a una velocidad inadecuada. Además, nos dice que las limitaciones de diseño de dicha embarcación, es materia de nuevas construcciones y más actualizadas. [6]

### **Transporte de personas**

Javier Gracias menciona que las embarcaciones hoy en día, para el servicio de transporte de personas presentan una imagen del sector desactualizada, perdiendo gran importancia, no se ha buscado innovar las embarcaciones ni mejorar su rendimiento, esto permite ver que dicho servicio este relegado de ciertas especificaciones y sus flotas sean obsoletas; además de ver la poca capacidad de preservar factores muy importantes como la contaminación ambiental del mar, el cuidado de los ecosistemas y áreas delicadas. Por eso este proyecto brindará un

diseño la cual permitirá factores de preservación, así como de la innovación de un nuevo diseño. [2]

## **Turismo**

Si bien el turismo en la region Lambayeque no está desarrollada a pesar de contar con diversas playas, podemos tomar un modelo, como la que muestra Carpio y Mejía en su tesis “Análisis de la oferta y demanda turística y diseño de un circuito turístico”, donde nos dice que en Ilo, ciudad comercial y pesquera, influye en el progreso de la Region Moquegua, sin embargo se plantea un turismo de las Playas que poseen, para aprovechar las épocas del verano y el resto del año con un turismo marítimo. Esto significa que para un mayor desarrollo el turismo marítimo es una buena opción, pues permite la atracción de turistas. [7]

### ***Bases teóricas***

#### **1.1 Definiciones fundamentales de un buque**

- Eslora(L): Es la medida horizontal en la embarcación, comprende desde la perpendicular de la proa (Ppr) y la perpendicular de popa (Ppp). [8]
- Manga(B): Es la medida transversal en la embarcación. [8]
- Calado (T): Es la medida vertical en la embarcación, de la parte sumergida. [8]
- Puntal (D): Es la medida vertical, comprende desde la cara superior de la línea de cubierta hasta la cara inferior del casco donde intercepta con la quilla. [8]

#### **1.2 Tipos de embarcaciones**

##### **1.2.1 Monocasco**

Son las embarcaciones más comunes diseñadas, su estructura es de un solo casco del cual depende su flotación, navegación y gobierno. [9]

El diseño de un monocasco depende según el uso requerido. [9]

Figura 1: Monocasco a motor de recreo sin licencia. Compass GT de 4m



Fuente: [9]

### 1.2.2 Catamarán

Esta embarcación posee dos cascos, los cuales están separados y unidos por una plataforma. El Catamarán fue construido por primera vez durante la segunda guerra mundial, en el combate de Roma y Cartagano en el 218 a.C. [9]

La gran potencia del catamarán fue reconocida en la segunda mitad del siglo XX. El aumento de la velocidad, capacidad, una mejor navegabilidad, confort y costo más bajo, influyeron en el reconocimiento al catamarán, logrando competir en tal época con lo monocascos. [9]

No es ajeno que un catamarán brinda una mejor estabilidad y flotabilidad esta gracias a sus dos cascos, estas embarcaciones sus diseños pueden ser más esbeltas sin influir en la capacidad de carga a diferencia del monocasco. [9]

Son más ligeras y pueden lograr una mayor velocidad a diferencia de un monocasco de su misma eslora. [9]

La propulsión en el catamarán está repartida en sus dos cascos, es decir, su maniobrabilidad en puerto y en espacios reducidos es mejor, pues no necesita mucho espacio de maniobra para realizar la ciaboga. [9]

Figura 2: Catamarán de vela de recreo



Fuente: [9]

### 1.2.3 Trimarán

Esta embarcación cuenta con tres cascos, está formado por una estructura transversal. [9]

El casco del centro es el cuerpo fundamental, donde está el mayor porcentaje de la flotabilidad y habitabilidad, los cascos al lado del casco central, se les denomina flotadores, la cual brinda la flotabilidad característica del catamarán. [9]

Un trimarán a diferencia de un monocasco de misma eslora, es más ligero y veloz, pues tiene menos fricción debido a un menor volumen bajo el agua. [9]

El problema de un trimarán es que brinda una menor habitabilidad frente al monocasco, pues su casco principal tiene menos espacio. [9]

Figura 3: Trimarán a vela de competición, clase ORMA 60



Fuente: [9]

### 1.3 Tipos de catamarán

#### 1.3.1 SWATH (Small Waterplane Area Twin Hull)

El area de flotación en este catamarán es pequeña, se usa para velocidades bajas, media y relativamente altas (puede alcanzar una velocidad de 35 nudos, pero depende del tamaño de la embarcación); se caracteriza por tener un excelente comportamiento al navegar a altas velocidades. [4]

Su diseño disminuye la resistencia de olas, traslada el volumen de desplazamiento bajo la línea de flotación utilizando sus dos cascos tubulares, similar a un submarino. Este diseño en principio se usó para investigaciones oceanográficas o para rescate, después fue utilizado para operaciones militares. [4]

Figura 4: Catamarán de alta velocidad de tipo SWATH, “SWATCH Planet”



Fuente: [4]

### 1.3.2 SES (Surface Effect Ship)

Su diseño de este catamarán característico es un colchón de aire el cual sirve de apoyo para alcanzar altas velocidades mayores de 40 nudos. Tiene similitud con los buques de colchón de aire, pero la diferencia es que no cuenta con los faldones laterales, permitiéndole un mejor comportamiento en la mar. [4]

Figura 5: Catamarán tipo SES



Fuente: [4]

### 1.3.3 Wave Piercer

Este catamarán su principal característica recae sobre sus cascos la cual permite atravesar una ola en vez de pasar sobre ella. Esto le permite al catamarán navegar en las peores condiciones, a altas velocidades. Su velocidad de alcance depende del tamaño de la embarcación, pero puede ser superior a 35 nudos. [4]

Figura 6: Catamarán militar de tipo WAVE PIERCER



Fuente: [4]



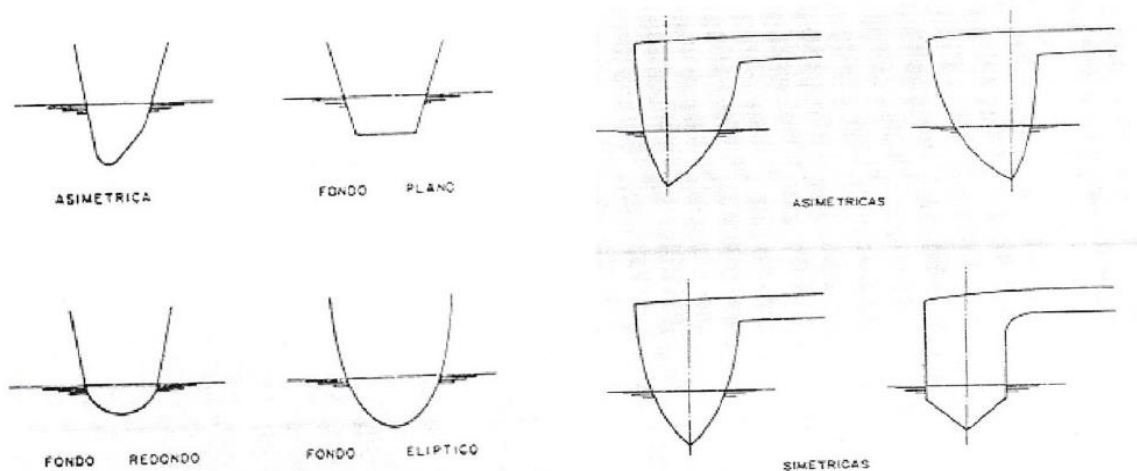
## 1.4 Formas de un catamarán

La característica primordial de un catamarán es que sus cascos pueden diseñarse de una manera más esbelta y finos a diferencia del monocasco, dándole ventaja frente a la resistencia al avance. [4]

La finura de estos cascos le permite a la embarcación disminuir la resistencia por formación de olas, permitiéndole alcanzar grandes velocidades. [4]

Fuente: [4]

Figura 7: Formas de secciones de catamaranes, secciones asimétricas y simétricas



Si la estabilidad en algún caso de una embarcación no depende de las formas del casco, se puede utilizar formas no simétricas. Las formas de un catamarán se pueden dividir en asimétrica y simétricas, esto se refiere a la división del volumen de carena por el plano teórico de crujía. [4]

Las formas asimétricas son comúnmente conocidas como Slip Out o partidas, las cuales tienen esa forma al dividir por la línea de crujía el casco y separar transversalmente las dos mitades a cierta distancia. [4]

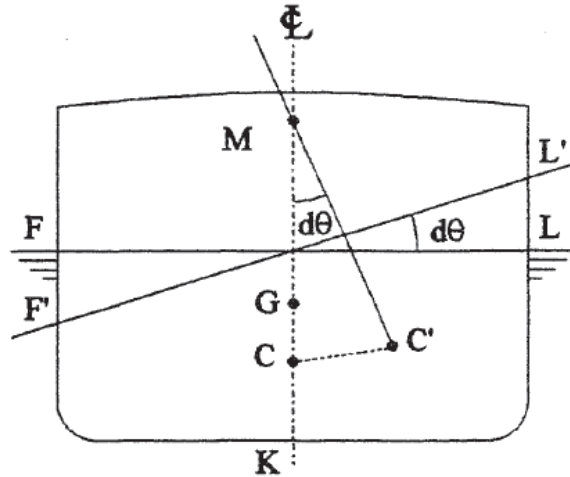
No existe ninguna regla fija para elegir una forma del casco más adecuada, cada forma tiene una aplicación distinta según la zona, pues esta depende de la velocidad y separación de los cascos. [4]

Los cascos asimétricos es una buena elección en caso para alcanzar grandes velocidades, pues gracias a esta forma de casco la curvatura longitudinal del costado interior es eliminada casi en su totalidad, permitiéndole más difícil. [4]

### 1.5 Estabilidad

La estabilidad es la capacidad de una embarcación de retornar a su posición inicial frente a fuerzas externas. Para el estudio de la estabilidad, debemos tener en cuenta los siguientes parámetros: [10]

Figura 8: Metacentro y radio metacéntrico transversal

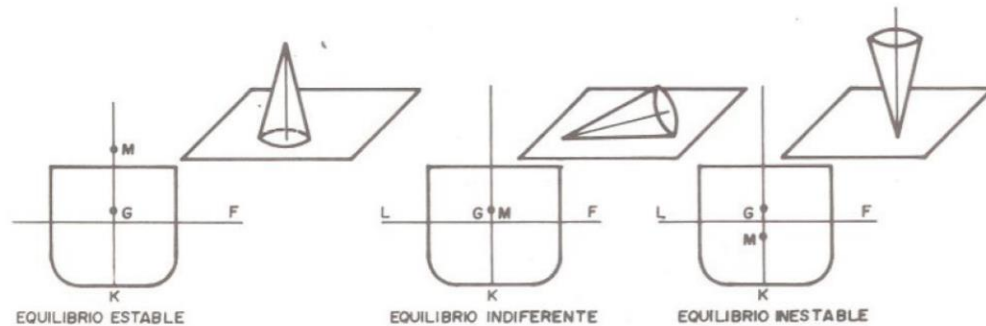


Fuente: [10]

- Centro de gravedad (G): Es el punto imaginario donde se aplica la fuerza total del desplazamiento ( $\Delta$ ) verticalmente. Este centro depende de la distribución de los pesos en la embarcación, la altura KG es medida verticalmente desde el punto imaginario hasta la línea base que pasa por la quilla. [10]
- Metacentro (M), es el punto donde se interceptan la fuerza ejercida del agua sobre el casco cuando la embarcación está adrizada. [10]
- Centro de carena (C), es el punto donde pasa la fuerza de empuje (E) verticalmente. Este punto puede variar de acuerdo a la obra viva o parte sumergida, dependiendo de la carena. [10]

Existen 3 tipos de equilibrio, el cual depende de la posición del metacentro con respecto al centro de gravedad. [10]

Figura 9: Tipos de equilibrio



Fuente: [10]

- Equilibrio estable: es cuando la embarcación está navegando en condiciones normales, su metacentro (M) está por encima del centro de gravedad (G), es positivo y permite que la embarcación navegue con total seguridad. La condición para un equilibrio estable debe cumplir  $KG > 0$  y  $KM > KG$ . [10]
- Equilibrio indiferente: Es cuando el centro de gravedad está en la misma posición del metacentro tomando el valor de cero. Al no generarse ningún par de fuerzas la estabilidad es nula, pero si se aplica una fuerza exterior la embarcación puede escorar, por lo que no se recomienda navegar. La condición para un equilibrio indiferente debe cumplir  $GM = 0$  y  $KM = KG$ . [10]
- Equilibrio inestable: El centro de gravedad se encuentra arriba del metacentro, siendo la estabilidad negativa y su metacentro también, el par de estabilidad aumenta el par escorante y puede voltear la embarcación. La condición para un equilibrio inestable debe cumplir  $GM < 0$  y  $KM < KG$ . [10]

Cuando la embarcación se encuentra navegando, el calado varía por el desplazamiento en rosca con un desplazamiento máximo. [10]

La curva de estabilidad para grandes escoras, es la representación gráfica del brazo  $GZ$ , en función de la escora  $\theta$ . El brazo  $GZ$  se calcula a través de la siguiente formula:  $(10)GZ = KN - KG \text{sen} \theta$ . [10]

Donde:

$GZ$  = Brazo adrizante

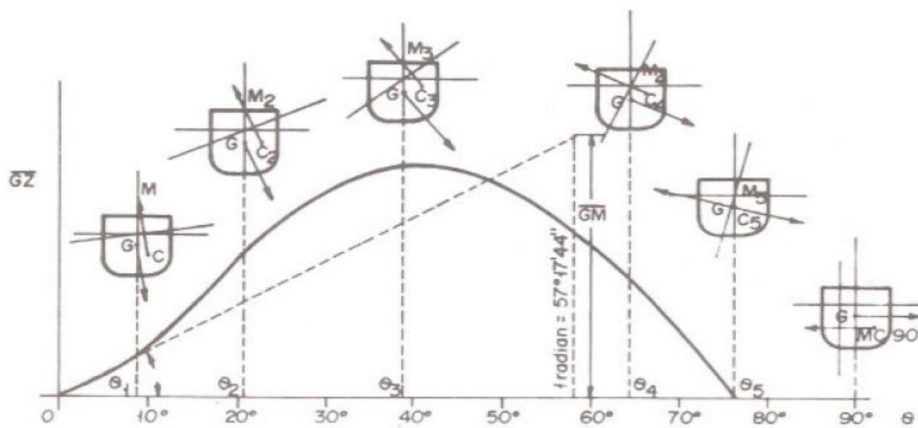
$KG$  = Centro de gravedad de la embarcación

$\theta$  = Angulo de escora de la embarcación

$KN$  = Brazo palanca

El  $KN$  es obtenido de las curvas panticarenas, donde estas curvas, el eje de las abscisas es representada por las toneladas de desplazamiento ( $\Delta$ ) y el eje de coordenadas es representada por los valores de los brazos  $KN$  en (m). Cada curva está determinada por un ángulo de escora. Cada valor de desplazamiento y ángulo de escora se obtendrá el valor de  $KN$  en (m). [10]

Figura 10: Curva de brazo  $GZ$



Fuente: [10]

- La grafica nos muestra el inicio de la curva en el origen de coordenadas, por ello la escora es totalmente nula y la embarcación se encuentra adrizada donde  $\theta = 0$ ,  $GZ = GM$ ,  $\text{sen} \theta = 0$ . [10]

- De  $0^\circ$  hasta  $\theta_1$  se puede ver que es una línea recta, donde la estabilidad inicial tiene límite. [10]
- De  $\theta_1$  hasta  $\theta_2$  la pendiente aumenta muy rápido, además el seno crece en proporción al ángulo  $\theta$ . [10]
- Se puede ver que la curva aumenta, pero la pendiente se hace menos pronunciada, hasta el punto más alto en  $\theta_3$  y máximo GZ. [10]
- Las escoras entre  $30^\circ$  y  $35^\circ$  debe corresponder al brazo GZ, una que este en el punto más alto la curva empieza a descender hasta el ángulo de escora  $\theta_5$ , donde GZ es anula porque  $GM = 0$  la embarcación está en equilibrio indiferente porque su metacentro se encuentra en el mismo punto con el centro de gravedad. [10]
- En el ángulo  $\theta_5$ , el valor de  $GM < 0$ , por ello el buque se encuentra en equilibrio inestable, por lo que se podría voltear. [10]

## 1.6 Estabilidad transversal en un catamarán

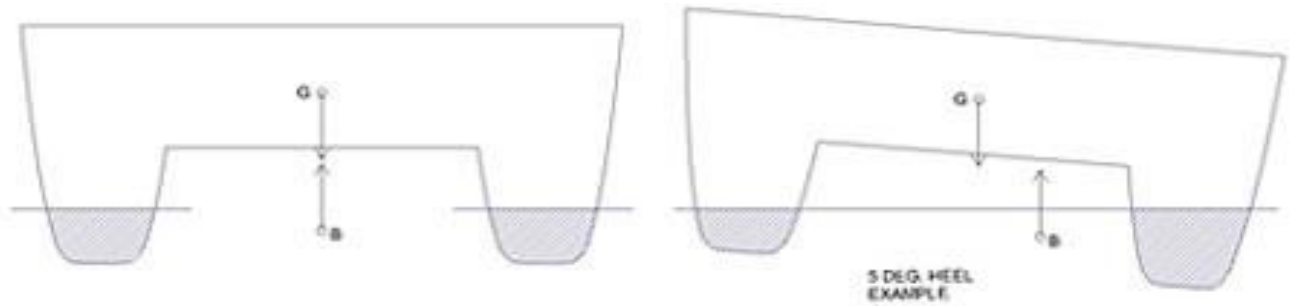
La estabilidad transversal en un catamarán es mejor a la de un monocasco de la misma eslora, la característica es porque el catamarán necesita solo la mitad del calado de un monocasco para poder garantizar su estabilidad, pues al tener dos cascos esta es repartida por igual en cada uno. [11]

Para que la embarcación se encuentre en equilibrio tiene que cumplirse dos condiciones: [11]

$$\text{desplazamiento} = \text{empuje} \quad [11]$$

$$\text{centro de gravedad} = \text{centro de carena} \quad [11]$$

Figura 11: Estabilidad transversal en catamarán.



Fuente: [11]

La figura de la izquierda, su centro de empuje (B), se puede observar que tiene igual volumen sumergido por ende está posicionada en el mismo centro de la línea de crujía de la sección transversal. Su centro de gravedad (G) se encuentra en la misma recta vertical, esto le permite estar a la embarcación en total equilibrio. [11]

La figura de la derecha esta escorada debido a una fuerza externa, su volumen sumergido es el mismo, pero se observa que en los cascos su forma de sección es diferente, el centro de gravedad (G) está en la misma recta de la línea de crujía, pero el centro de carena (B) no lo está, esto es producido por el traslado del volumen de emersión a la de inmersión. [11]

### 1.7 Dimensiones principales para el diseño

El diseño de la carena será diseño en los programas navales donde se realizarán los cálculos hidrostáticos, hidrodinámicos y de estabilidad.

### 1.8 Pesos y desplazamientos

El peso total de la embarcación se subdivide de la siguiente manera:

$$W_{TOTAL} = W_{rosca} + W_{muerto} \quad [12]$$

Donde:

$W_{rosca}$  = peso del buque terminado. [12]

$W_{muerto}$  = es el peso del personal, combustible, líquidos y provisiones. [12]

El  $W_{rosca}$  para calcularlo se realiza de la siguiente manera: [12]

$$W_{rosca} = W_{Est} + W_{Eqp} + W_{Maq} \quad [12]$$

Donde:

$W_{Est}$  = peso de las estructuras. [12]

$W_{Eqp}$  = peso del equipamiento. [12]

$W_{Maq}$  = peso de la maquinaria. [12]

$$W_{muerto} = W_{Pers} + W_{Comb} + W_{Liq} + W_{Pro} \quad [12]$$

Donde:

$W_{Pers}$  = peso de las personas a bordo. [12]

$W_{Comb}$  = peso del combustible. [12]

$W_{Liq}$  = peso de líquidos. [12]

$W_{Prov}$  = peso de las provisiones. [12]

## 1.9 Resistencia al avance

La resistencia al avance es la fuerza al avance del fluido ante el movimiento de la embarcación, la cual es denominada resistencia total ( $R_T$ ). [10]

La  $R_T$  depende de la resistencia de la formación de olas, viscosa y del aire como se puede observar en la siguiente ecuación: [10]

$$R_T = R_W + R_v + R_A \quad [10]$$

Donde:

$R_T$  = Resistencia total (N)

$R_W$  = Resistencia por formación de olas (N)

$R_V$ = Resistencia viscosa (N)

$R_A$ = Resistencia al aire (N)

La fuerza  $R_w$  que se opone al avance de la embarcación, cuando la embarcación está navegando las presiones sobre la embarcación genera olas, la cual acompaña al avance de esta, estas olas generadas modifican las presiones sobre la embarcación. La presión puede aumentar o disminuir según en la zona donde se navegue, al integrarlo, este resultado no es nulo, pues siempre habrá una fuerza que se oponga al avance. [10]

La velocidad y las características de la carena influye en el valor de la resistencia. [10]

La  $R_V$  es la resistencia de presión de un fluido viscoso, este fluido actúa alrededor de la embarcación como una capa limite la cual es continua hasta la altura de popa, produce una presión sobre el casco, la capa deja de ser continua pues en la popa las líneas son menos finas y en el casco su curvatura es más grande. La velocidad y presión del fluido en popa es menor que en proa. [10]

La  $R_A$  es la resistencia al avance del flujo del aire sobre la estructura de la embarcación, cuanto más grande sea la obra muerta de la embarcación, mayor será la resistencia al avance. No siempre influirá en la resistencia total, pues su valor es en torno a 8%. [10]

### **1.10 Número de Froude**

Muller Graff nos muestra tres regímenes de velocidad con el objetivo de comprender mejor algunos diseños de casco, las cuales son con frecuencia optimizadas según la velocidad que se requiera alcanzar. Las diferentes velocidades que se requiere alcanzar dan a lugar a diferentes formas de cascos con el fin de reducir los componentes de resistencia. [12]



➤ **Desplazante:  $0.1 < Fn < 0.6$**

Para  $Fn = 0.6$ , los cascos simétricos en un catamarán tienen una mayor resistencia a la interferencia a diferencia de los cascos asimétricos. La mayor resistencia de interferencia ocurre con  $Fn = 0.4$ . [12]

Para  $0.3 < Fn < 0.6$ , los cascos asimétricos en un catamarán tienen mayor resistencia de ola a diferencia de los cascos simétricos, pues su ángulo de entrada duplica al ángulo de entrada de los cascos simétricos. [12]

➤ **Semi – desplazantes:  $0.6 < Fn < 1.2$**

Para catamaranes a esta velocidad, debido a sus dos cascos los elementos de resistencia aumentan rápidamente. Los elementos de resistencia implican la resistencia a la fricción adicional debido a la velocidad de flujo más alto entre los cascos. [12]

➤ **Plano:  $1.2 < Fn$**

Para catamaranes a grandes velocidades, en la zona de dicha embarcación que planea, es despreciable la interferencia de los sistemas de olas, pues prácticamente no existe. [12]

Para ello se debe tener en cuenta el número de Froude, pues el valor tomado va a influir directamente en otros parámetros importantes del diseño, como el coeficiente prismático, velocidad del diseño y la posición longitudinal del centro de carena. [12]

➤ **Formula del número de Froude:**

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g.L}} \quad [12]$$

Donde:

$v$  = Velocidad del catamarán en m/seg

$g$  = gravedad en  $m/seg^2$

$L$  = eslora del catamarán en m

Con el número de froude llegaremos a las hipótesis siguientes:

$$R_T = R_F + R_R \quad [12]$$

Donde las series sistemáticas para calcular la resistencia total, se aplica de la siguiente manera.

$$R_{TCat} = 2 * R_{BH} + R_{Iat} + R_{AP} + R_{AA} + R_W \quad [12]$$

Donde:

$R_{BH}$  = Resistencia del casco liso de un casco. [12]

$R_{Iat}$  = Resistencia de las interferencias del casco del catamarán. [12]

$R_{AP}$  = Resistencia por apéndices. [12]

$R_{AA}$  = Resistencia aérea. [12]

$R_W$  = Resistencia de olas. [12].

La resistencia va asociada a la potencia y el consumo de combustible de la embarcación según las velocidades de navegación ( $V_S$ ), por ello es indispensable conocerlo con exactitud. Esto permite rediseñar y definir las formas y dimensiones de la carena permitiendo que la potencia necesaria para navegar sea mínima, lo cual permitiría un ahorro en combustible y menos contaminación. [10]

La  $R_T$  influye en la potencia efectiva como se puede ver en la siguiente ecuación: [10]

$$EHP = R_T * V_S \quad [10]$$

Donde:

EHP = Potencia efectiva (W)

$R_T$  = Resistencia total (N)

$V_s$  = Velocidad de servicio (m/s)

➤ **Potencia propulsora**

$$BHP = EHP * 1.15 \quad [10]$$

Donde:

BHP = Potencia al freno (W)

$P_T$  = Potencia de empuje (W)

### 1.11 Materiales

El material para la construcción es un factor muy indispensable, la utilización de materiales compuesto a través de los años ha crecido en el ámbito naval. [13]

El material compuesto es todo material el cual consta de una unión no química de dos componentes, esta unión permite mejorar las características específicas de dicho material. [13]

En este tipo de material se puede notar dos fases: la fase continua la cual está constituida por una matriz, y la segunda fase es la discontinua la cual sirve como refuerzo. Estos componentes no deben ser disueltos ni funcionar uno con otros. [13]

Este material permite a la embarcación que sea más duradera, más ligeras y en cuanto al costo económico es menor a las construidas de madera. [13]

Los grupos de materiales compuestos son de matriz metálica, cerámica y polimérica. [13]

➤ **Matrices y resinas**

Su característica consiste en proteger al material de refuerzo de cualquier agente externo. El material para el proyecto a usar es la Resina de Poliéster, pues es la más utilizada a nivel mundial y su costo es más económico entre las matrices termoestables. [13]

Entre sus funciones tenemos las siguientes:

- a. A través de la interfaz transmite los esfuerzos hacia las fibras de refuerzos. [13]
- b. Protege a las fibras de los esfuerzos de compresión. [13]
- c. Unen las fibras de los refuerzos por medio de fuerzas adhesivas. [13]
- d. Aseguran a las fibras de refuerzo de acuerdo con el orden preestablecido. [13]
- e. Resguarda a las fibras de los ataques externos como humedad, ataque químico, etc. [13]

➤ **Recubrimientos**

El gelcoat es un tipo de recubrimiento la cual ayuda a proteger el laminado ante agentes externos como los ataques químicos y el medio ambiente.

Este recubrimiento es la primera capa aplicada sobre el molde, en la cual una vez que se extrae la pieza, esta actúa como barrera ante el desgaste de esta misma. [13]

El gelcoat según su calidad influye de gran manera en la duración de la pieza, oculta y protege las fibras de refuerzo ante el ataque exterior como la humedad y el medio ambiente, además brinda una mejor estética a la superficie. [13]

Los espesores más recomendados están entre 0.25 y 0.4 mm para piezas y para moldes entre 0.4 y 0.6. [13]

Una vez concluido el laminado, la última resina el curado no será completo, por la razón de estar en contacto a la humedad del aire. Es por eso que es necesario el topcoat el cual es casi similar como el gelcoat, pero la diferencia es que tiene una pequeña composición de parafina. [13]

### ➤ **Material de refuerzo**

Las fibras se utilizan como refuerzo, puesta esta aporta una gran resistencia y rigidez. Las fibras más utilizadas en el ámbito naval son: [13]

#### a) Las fibras inorgánicas. [13]

Fibra de vidrio

Fibra de carbono

#### b) Las fibras sintéticas. [13]

Fibras aramídicas

De estas fibras la más utilizada para la construcción de embarcación son las fibras de vidrio, la cual se tomará para la construcción del catamarán, la fibra a tomar será la de tipo E, pues esta es más económica a comparación de otros tipos y brinda una buena resistencia a la humedad. [13]

### ➤ **Estructura textil**

Para que el proceso de las fibras sea de un mejor proceso, esta será configurada de manera plana, la cual es denominada como estructuras textiles. [13]

Los fielos serán escogidas como estructura textil, puede ser fibras continuas, hilvanadas o fibras cortadas, por lo general su espesor es de 40 y 50 mm. Para

confección de estos fieltros de fibra de vidrio, se utiliza los hilos de silicona. [13]

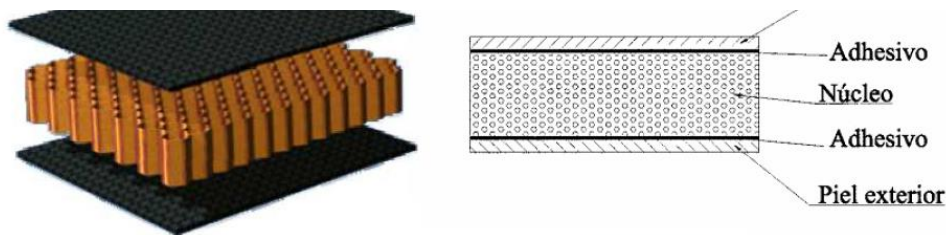
➤ **Estructura sándwich**

Esta estructura está compuesta de la siguiente forma: [13]

Piel exterior

- a) Adhesivo
- b) Núcleo
- c) Adhesivo
- d) Piel exterior

Figura 12: Estructura sándwich



Fuente: [13]

Cada elemento tiene una función determinada. Las pieles exteriores cuentan con una mejor propiedad resistente a diferencia del resto de elementos. El núcleo es de material ligero, la cual sirve para separar la piel exterior a la interior, además que brinda un aislamiento térmico y de transmitir los esfuerzos cortantes hacia la cara opuesta y por último el adhesivo sirve para unir todos los elementos. [13]

Las pieles deben ser capaces de poder resistir el esfuerzo a la flexión. [13]

### **1.12 Escantillonado del catamarán**

Para tener una mayor precisión del peso de la estructura del catamarán como el casco, cubierta y estructuras. Se utilizará el reglamento American Bureau of Shipping (ABS) Reinforced Plastic Vessels 1978, para embarcaciones menores de 61 metros de eslora.

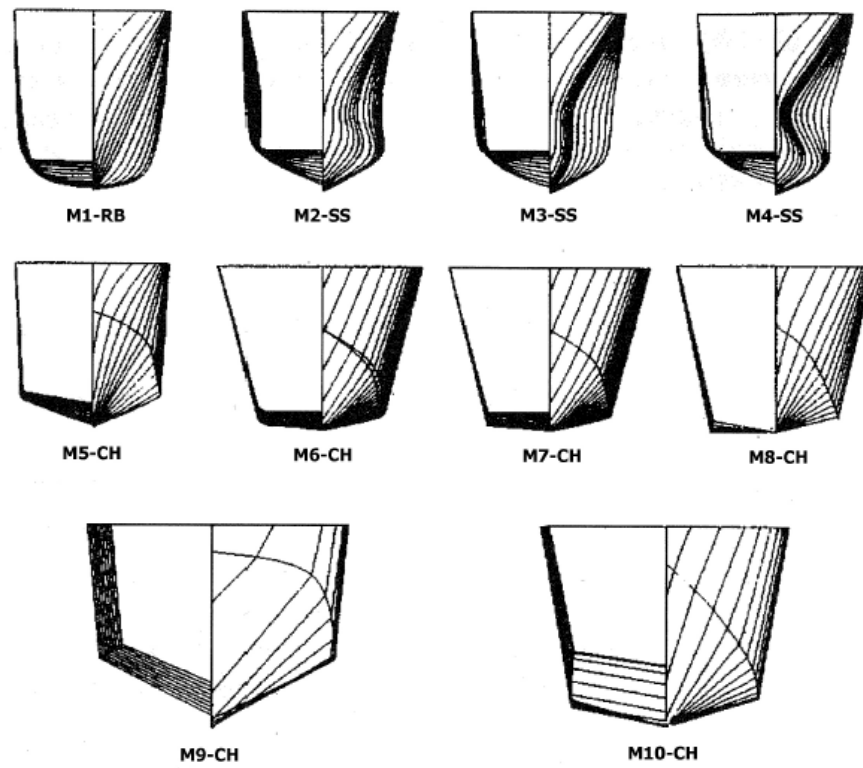
### **1.13 Formas del catamarán**

Las características de las formas del casco de un catamarán son muy influyentes en lo que a resistencia al avance se refiere. [12]

Se puede hacer un casco muy fino y esbelto, para poder evitar que crezca la resistencia por formación de olas, según la velocidad que tenga, a mayor velocidad la resistencia a las olas desaparece. [12]

Además, la sustentación dinámica formado por la embarcación, las formas deben ser las más adecuadas en una embarcación que planea. Por eso las formas asimétricas no son adecuadas para este tipo de embarcación. [12]

Figura 13: Formas del catamarán



Fuente: [12]

La forma del casco será la M5-CH la cual es una forma que no cuenta con bulbo y es de gama de casco de planeo. [12]

Ademas como se observa esta forma cuenta con una astilla muerta la cual esta sumergida bajo la línea de flotación. [12]

#### 1.14 Registro de clasificación

Las sociedades de clasificación en la Industria Naval, son organizaciones no gubernamentales los cuales elaboran normativas para el diseño de una embarcación, ya sea para el casco, maquinarias, los equipos de bordo, etc., con el único fin de prevalecer la seguridad de la vida humana, los equipos y la protección del entorno marino. Estas medidas se cumplen gracias al desarrollo de las Reglas



de Clasificación, ayudando en el buen diseño, estabilidad, seguridad, etc., de una embarcación.

Las normativas a seguir en este diseño serán:

American Bureau of Shipping (ABS), empleadas en el cálculo de escantillonado de la embarcación.

### **1.15 Hipótesis**

¿Cómo influirá el diseño de un catamarán con proa invertida de 6.5 metros de eslora para brindar servicio en la region Lambayeque?

### **1.16 Marco metodológico**

#### **1.16.1 Tipo y nivel de investigación**

##### **1.16.1.1 Enfoque**

###### **➤ Objetivo 1**

El enfoque será de carácter cuantitativo, con los datos ya existente, servirá para poder analizar y vincularlos a la investigación.

###### **➤ Objetivo 2**

El enfoque será de carácter mixto, la propuesta a definir será en base al estudio de las embarcaciones ya existentes, la información será cualitativa y cuantitativa

###### **➤ Objetivo 3**

El enfoque será de carácter cuantitativo, se realizará a través de recopilación de datos y se implementará el uso de herramientas estadísticas y matemáticas.

### **1.16.1.2 Tipo**

#### **➤ Objetivo 1**

Estratégica, se evaluará el estado actual de las chalanas y sus servicios, para proponer un nuevo diseño

#### **➤ Objetivo 2**

Aplicada, a través del conocimiento adquirido por la investigación estratégica, se determinará la problemática de las chalanas para aplicar en el nuevo diseño que se desea implementar

#### **➤ Objetivo 3**

Aplicada, tiene como objetivo el poder implementar un esquema eficiente económico para el servicio del catamarán

### **1.16.1.3 Nivel**

#### **➤ Objetivo 1**

Explorativo, pues se reconocerá el problema presentadas en las chalanas y el tipo de servicio que brindan.

Descriptivo, con la información obtenida acerca de los problemas presentado en las chalanas y sus servicios, servirá para presentar una embarcación más eficiente, segura, entre otras condiciones necesarias.

#### **➤ Objetivo 2**

Exploratorio, se evaluará los catamaranes para entender porque son mejores frente a los monocascos; además de investigaciones científicas.

Descriptivo, los resultados se utilizarán para entender las características de los catamaranes.

Explicativo, según con las investigaciones ya realizadas se creará un nuevo diseño para una mejor atracción.

➤ **Objetivo 3**

Exploratorio, se evaluará a través de encuestas la percepción de las personas ante este nuevo modelo, para medir el nivel de aceptación.

Explicativo, se evaluará los estudios de mercado ya realizados.

### **1.16.2 Diseño de la investigación**

➤ **Objetivo 1**

La investigación es del tipo no experimental pues los problemas presentados en las chalanas ya están determinados, por ello solo se tendrá que limitar en la observación al recolectar los datos, además será una investigación longitudinal, pues la información recolectada será de diferentes puntos en el tiempo.

➤ **Objetivo 2**

La investigación será del tipo casi experimental, se elegirá un grupo de catamaranes ya existentes para ser evaluadas, además de tesis desarrolladas y el reglamento internacional para la elaboración del diseño; así mismo, será una investigación transversal, pues se observará los cambios que produce este nuevo diseño.

➤ **Objetivo 3**

La investigación será del tipo experimental, se evaluará si el proyecto tendrá acogida en la población para ver la demanda.

### 1.16.3 Población y muestra

#### ➤ Objetivo 1

Población: 162 Chalanas de la region Lambayeque

Muestra: Playas de Chiclayo

#### ➤ Objetivo 2

Población: 10 catamaranes e investigaciones científicas.

Muestra: A nivel mundial

#### ➤ Objetivo 3

Población: Personas de la region Lambayeque y a nivel nacional

Muestra: Turistas y pescadores.

### 1.16.4 Criterios de selección

#### ➤ Objetivo 1

Los criterios de selección serán de acuerdo a lo siguiente:

- ID Identificador
- REGION Región
- LUGAR Lugar
- S4\_4 4. ¿Cuál es el tipo de embarcación?
- S4\_5 5. ¿Cuál es el material del casco de la embarcación?
- S4\_6\_4r Rango de capacidad de bodega (t)
- S4\_6\_1r Rango de eslora (m)
- S4\_8 8. ¿Cuál es el sistema de propulsión de la embarcación?
- S4\_9r 9. ¿Cuál es la ubicación del motor?
- S4\_10\_3r Rango de potencia
- S4\_7r 7. ¿Cuál es el sistema de conservación ...

- S6\_1\_1r ¿Su embarcación tiene Chalecos salvavidas
- S6\_1\_2r ¿Su embarcación tiene Aros salvavidas
- S6\_1\_3r ¿Su embarcación tiene Linterna de mano
- S6\_1\_4r ¿Su embarcación tiene Radiobaliza
- S6\_1\_5r ¿Su embarcación tiene Espejo de señales
- S6\_1\_6r ¿Su embarcación tiene Silbato
- S6\_1\_7r ¿Su embarcación tiene Botiquín
- S6\_1\_8r ¿Su embarcación tiene Extintor
- S6\_1\_9r ¿Su embarcación tiene GPS
- S6\_1\_10r ¿Su embarcación tiene Compas magnético
- S6\_1\_11r ¿Su embarcación tiene Radar
- S6\_1\_12r ¿Su embarcación tiene Radio VHF UHF
- S6\_1\_13r ¿Su embarcación tiene Ecosonda
- S6\_1\_14r ¿Su embarcación tiene Sonar
- S6\_1\_15r ¿Su embarcación tiene Ninguno
- S4\_3r Año de construcción de la embarcación.

Para los criterios del servicio:

- El tipo de servicio que brindan las chalanas
- El precio por el servicio
- Registro el servicio

## ➤ **Objetivo 2**

Los criterios de selección serán:

Catamaranes:

- Eslora
- Manga
- Puntal
- Diseño de proa
- Diseño de la embarcación

Reglamento Internacional:

- Escantillonado
- Parámetros para el diseño
- Elección del material
- Espacios en el catamarán
- Estabilidad de un catamarán
- Resistencia al avance del catamarán
- Elección del propulsor

➤ **Objetivo 3**

Los criterios de selección serán:

- Costos de equipamiento
- Inversión mensual de la embarcación de servicio
- Ingreso bruto mensual
- Inversión neta mensual
- Periodo de recuperación de inversión de la embarcación
- Encuestas de demanda

### **1.16.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

➤ **Objetivo 1**

La técnica para recolectar información será a través de recursos o procedimientos fundamentales, los cuales nos permita acercarnos al objetivo de la investigación.

- a. IMARPE (Encuesta)
- b. PRODUCE (informes)
- c. Excel

Para el procedimiento de los datos será estadística realizado en el programa Excel, pues el procedimiento pretende presentarse a través de tablas dinámicas y gráficos.

El instrumento de recolección es a través de la encuesta publicada en IMARPE en formato Excel, para poder medir el estado de las chalanas, esta encuesta cuenta con 25 ítems.

➤ **Objetivo 2**

La técnica de recolección será a través de investigaciones científicas ya existentes, los cuales servirá para procesar los datos y emplearlos en el nuevo diseño de la investigación.

➤ **Objetivo 3**

La técnica de recolección de datos será a través de encuestas, después se realizará un dato estadístico con el programa Excel.

El instrumento de recolección es a través de las encuestas que serán publicada en Google Encuesta, las cuales contarán con preguntas para el análisis económico.

### **1.16.6 Procesamiento de recolección de datos**

➤ **Objetivo 1**

La información utilizada será principalmente del Instituto del mar del Perú (IMARPE) de la Encuesta Estructural de la Pesquería Artesanal en el litoral peruano – ENEPA III, la cual la información obtenida servirá para conocer el estado de las chalanas.

➤ **Objetivo 2**

La información procesada será principalmente de bases científicas, repositorios, etc., la cual brinda información validada. Además para el

diseño de la investigación la información principal será del Reglamento Internacional ABS

➤ **Objetivo 3**

La información procesada será principalmente de las encuestas realizadas a las personas, para sacar un análisis económico del proyecto.

**1.16.7 Procesamiento y análisis de datos**

➤ **Objetivo 1**

Todos los criterios obtenidos servirán para ver las capacidades de una chalana, para que esa información sirva de base con respecto a la propuesta del diseño del catamarán.

➤ **Objetivo 2**

Todos los datos obtenidos servirán para plantear el diseño de proa invertida para mejorar las capacidades del catamarán y así poder brindar un mejor servicio.

➤ **Objetivo 3**

Todos los datos obtenidos servirán para evaluar la demanda de la embarcación y analizar los costos de implementar este diseño y a la vez los ingresos que se puede obtener

**1.16.8 Matriz de consistencia**



Tabla 1. Operación de variable

<b>Título</b>	<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Tipo y diseño de investigación</b>	<b>Población y muestra</b>
Propuesta de diseño de un catamarán con proa invertida de 6.5 metros de eslora para brindar servicio en la región Lambayeque	¿Será posible que el diseño de un catamarán con proa invertida sea rentable para brindar servicio en la región Lambayeque?	General: Propuesta de diseño de una embarcación para el turismo marítimo de la región Lambayeque	Propuesta de diseño de un catamarán con proa invertida influye de manera significativa en el servicio brindado en la región Lambayeque	Independiente:	Tipo de investigación. -  No experimental. Descriptiva	Población: 574 embarcaciones de la región Lambayeque.
		Específicos: 1.- Diagnosticar el estado actual de las chalanas y el tipo de servicio que brindan		Propuesta de diseño de un catamarán con proa invertida		
		2.- Propuesta de diseño de un catamarán con proa invertida basada en la normativa internacional		Dependiente Brindar servicio		Muestra.: Playas de Chiclayo
		3.- Realizar un análisis económico				

Elaboración propia

### III. Metodología

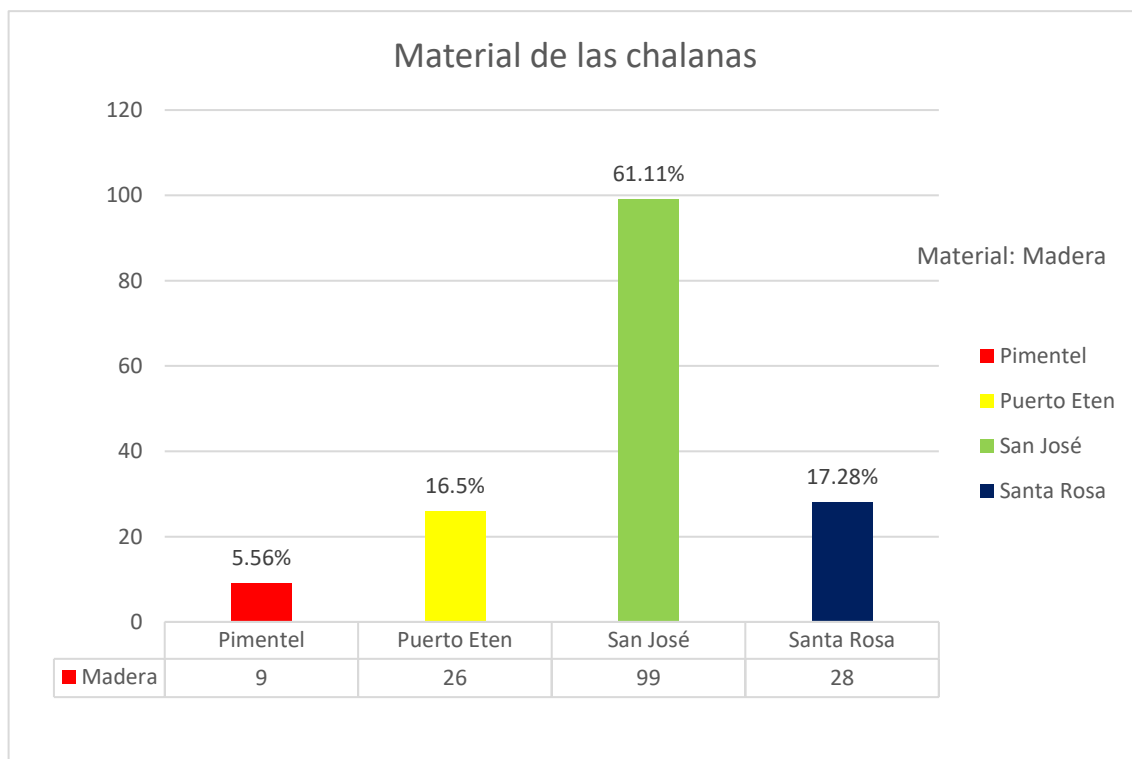
#### 2.1 Diagnosticar el estado actual de las chalanas y el tipo de servicio que brindan en la region Lambayeque.

##### 2.1.1 Estado de las chalanas

###### ➤ Material

El material de la construcción a nivel nacional que predomina es la madera, la flota pesquera artesanal de la region Lambayeque al 100% están construidas del material mencionado. [14]

Gráfico 1 Material de las chalanas



Elaboración propia

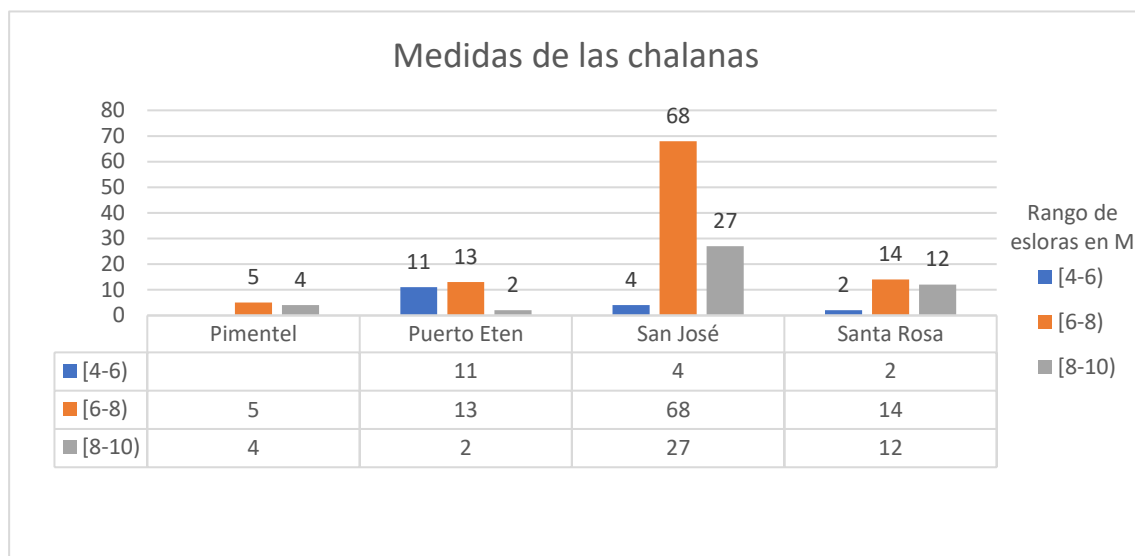
Fuente: IMARPE

La tabla nos muestra el material usado en la región Lambayeque para la construcción de las chalanas es la madera (100%).

➤ **Esloras**

Todas las embarcaciones pesqueras artesanales se caracterizan por la eslora, la cual es la medida desde la proa a la popa. [15]

Gráfico 2 Medidas de las chalanas



Elaboración propia

Fuente: IMARPE

El cuadro nos muestra los siguiente:

- a) Pimentel tiene en total 9 chalanas menores de 10 metros de eslora, de las cuales el rango de eslora es:
  - 6 – 8 metros de eslora, las chalanas en total son 5 (55.56%)
  - 8 – 10 metros de eslora, las chalanas en total son 4 (44.4%)
  
- b) Puerto Eten tiene en total 26 chalanas menores de 10 metros de eslora, de las cuales el rango de eslora es:
  - 4 – 6 metros de eslora, las chalanas en total son 11 (42.31%)
  - 6 – 8 metros de eslora, las chalanas en total son 13 (50%)
  - 8 – 10 metros de eslora, las chalanas en total son 2 (7.69%)
  
- c) San José tiene en total 99 chalanas menores de 10 metros de eslora, de las cuales el rango de eslora es:
  - 4 – 6 metros de eslora, las chalanas en total son 11 (42.31%)

- 6 – 8 metros de eslora, las chalanas en total son 13 (50%)
  - 8 – 10 metros de eslora, las chalanas en total son 2 (7.69%)
- d) Santa Rosa tiene en total 28 chalanas menores de 10 metros de eslora, de las cuales el rango de eslora es:
- 4 – 6 metros de eslora, las chalanas en total son 2 (7.14 %)
  - 6 – 8 metros de eslora, las chalanas en total son 14 (50%)
  - 8 – 10 metros de eslora, las chalanas en total son 12 (42.86%)

La tabla nos muestra la medida de eslora en las region Lambayeque más utilizada es el rango de 4 – 6 m.

#### ➤ Tipos de propulsión

La flota pesquera artesanal emplea el motor para su desplazamiento, y en menor opción con remos. [15]

El motor fijo o estacionario puede estar ubicado en proa, centro o popa, mientras los motores fuera de borda, su posición es en la parte exterior de la borda de la popa. [15]

Tabla 2. Sistema de propulsión

<b>Playas</b>					
Sistema de propulsión	Pimentel	Puerto Eten	San José	Santa rosa	Total, general
Motor	9	26	98	28	161
Remo			1		1
Total, general	9	26	99	28	162
	5.56%	16.05%	61.11%	17.28%	100%

Elaboración propia

Fuente: IMARPE

Tabla 3. Tipo de propulsión

<b>Playas</b>					
Tipo de propulsión	Pimentel	Puerto Eten	San José	Santa rosa	Total, general
Fijo	2	1	24	9	36
Fuera de borda	7	25	74	19	125
(en blanco)			1		1
<b>Total, general</b>	<b>9</b>	<b>26</b>	<b>99</b>	<b>28</b>	<b>162</b>
	5.56%	16.05%	61.11%	17.28%	100%

Elaboración propia

Fuente: IMARPE

### ➤ Rango de potencia

El motor según su función y la marca, puede variar su potencia. [15]

Tabla 4. Potencias de un motor

<b>Potencia</b>						
	(15 - 25]hp	(25 - 45]hp	(45 - 80]hp	> 80 hp	(en blanco)	Total, general
Pimentel		4	4	1		9
Puerto Eten	22	3				25
San José		41	35	17		93
Santa rosa		4	15	4		23
<b>Total, general</b>	<b>22</b>	<b>52</b>	<b>54</b>	<b>22</b>		<b>150</b>
	14.67%	34.67%	36%	14.67%	0%	100%

Elaboración propia

Fuente: IMARPE

La potencia según la tabla más usada es la 45 – 80 hp el cual permitirá a las chalanas una cierta fuerza para el mejor desplazamiento en la navegación.

➤ **Tipo de seguridad**

La seguridad debe ocupar un lugar prioritario para las personas a bordo de estas embarcaciones para pesca, pues ante cualquier accidente, puede a llegar a salvarle sus vidas. [16]

Tabla 5. Medidas de seguridad a bordo

<b>Playas</b>					
Medidas de seguridad	Pimentel	Puerto Eten	San José	Santa Rosa	Total, general
Extintor	2	21	79	19	121
Linterna de mano	9	25	79	25	138
Sonar				1	1
Ecosonda	1	19	23	26	69
Radio VHF UHF		1	17	6	24
Radar			1		1
Compas magnéticos	1	1	9	19	30
GPS	2	2	35	12	51
Espejo de señales	2	23	70	18	113
Botiquín	7	26	89	22	144
Silbato	2	25	79	18	124
Radiobaliza			15	8	23
Chaleco salvavidas	8	26	96	27	157
Aro salvavida	1	24	66	19	110
Ninguno					

Elaboración propia

Fuente: IMARPE

La seguridad es uno de los principales requisitos para la navegación, esto permitirá preservar la vida humana, según la tabla no todas presentan este requisito, poniendo en riesgo la vida de sus tripulantes a bordo.

### ➤ Capacidad de bodega

La capacidad de bodega, permitirá a la chalana cierta capacidad en la captura de la pesca, se han considerado 5 rangos, para su estudio, del cual se observa un registro mayor en el uso de 5 – 10 t.

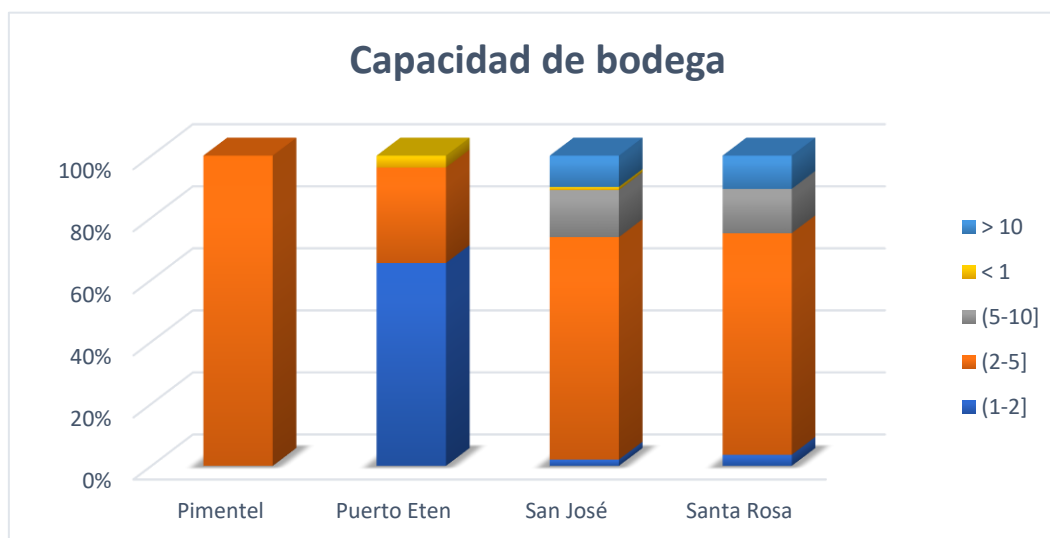
Tabla 6. Capacidad de bodega

Capacidad de bodega						
Playas	(1-2]	(2-5]	(5-10]	< 1	> 10	Total, general
Pimentel		9				9
Puerto Eten	17	8		1		26
San José	2	71	15	1	10	99
Santa Rosa	1	20	4		3	28
Total, general	20	108	19	2	13	162
	12.35%	66.67%	11.73%	1.23%	8.02%	100%

Elaboración propia

Fuente: IMARPE

Gráfico 3 Capacidad de bodega



Elaboración propia

Fuente: IMARPE

➤ **Año de construcción**

La antigüedad de la flota artesanal, se puede notar en un 54.32%, están construidas después del año 2000, esto quiere decir que las embarcaciones tienen menos de 15 años de antigüedad (fecha de la encuesta) aproximadamente. Pero también se puede observar que las embarcaciones más antiguas son de menor promedio, pues esto ayuda a tener menos accidentes al momento de pescar. [14]

Tabla 7. Año de construcción

<b>Año de construcción</b>						
<b>Puertos</b>	<b>Entre 1981 y 1990</b>	<b>Entre 1991 y 2000</b>	<b>Entre 2001 y 2010</b>	<b>Entre 2011 y 2015</b>	<b>No especifica</b>	<b>Total, general</b>
Pimentel	1	1	2	5		9
Puerto Eten	1	6	12	7		26
San José	2	7	63	27		99
Santa Rosa		4	11	12	1	28
<b>Total, general</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>88</b>	<b>51</b>	<b>1</b>	<b>162</b>
	2.47%	11.11%	54.32%	31.48%	0.62%	100%

Elaboración propia

Fuente: IMARPE



➤ **Sistema de aparejo**

La captura de las especies, se debe utilizar el tipo de aparejo o técnica para la captura de las especies marinas, la técnica más usada por los pescadores es el de cortina. [14]

Tabla 8. Tipo de aparejo

Tipo de aparejo								
Puertos	Cerco anchovetero	Cerco de consumo	Cortina	Cortina - Pinta pota	Otros	Pinta pota	Pinta pota - Espinel de superficie	Total, general
Pimentel			8				1	9
Puerto Eten			26					26
San José			86	8		5		99
Santa Rosa	1	3	23		1			28
Total, general	1	3	143	8	1	5	1	162
	0.62%	1.85%	88.27%	4.94%	0.62%	3.09%	0.62%	100%

Elaboración propia

Fuente: IMARPE

➤ **Sistema de conservación del pescado**

El sistema de conservación del pescado es el elemento fundamental al salir a pescar, pues este ayudará al conservar el pescado para que no se deteriore.

Mientras más apropiado sea el sistema de conservación, el pescado se mantendrá en mejores condiciones y gracias a ello se podrá obtener mejores ganancias.

También esto ayudará en las faenas más largas de captura. [15]

De los 4 sistemas de conservación del pescado. La caja isotérmica, es la más utilizada, esta caja es de madera, revestida en su interior con fibra de vidrio, tecnopor y/o plancha de metal, la parte superior tiene una tapa, la

cual se mueve para poder echar el hielo y así tener en buen estado de conservación el pescado.

Tabla 9. Sistema de conservación del pescado

Sistema de conservación del pescado					
Playas	Bodega insulada	Caja isotérmica	Hielo a granel	No utiliza o no tiene	Total, general
Pimentel	2	3	2	2	9
Puerto Eten		26			26
San José	15	81		3	99
Santa Rosa	4	18	6		28
Total, general	21	128	8	5	162
	12.96%	79.01%	4.94%	3.09%	100%

Elaboración propia

Fuente: IMARPE

### ➤ Servicios que brindan

Las chalanas brindan servicio de carga, el cual es el traslado de agua, petróleo y mercancía, pero de manera informal, permitiéndole hacer este trabajo sin ser registrado en ninguna fuente del gobierno. Se sabe que estas embarcaciones cobran un valor de 200 a 250 soles por transporte.

## **2.2 Proponer un diseño de un catamarán de 6.5 metros de eslora con proa invertida basada en la normativa internacional**

### **2.2.1 Material de construcción – Fibra de vidrio**

La fibra de vidrio son filamentos muy finos de vidrio mezclado con resina, el cual, esta composición al enlazarse forma una estructura más fuerte para su uso el refuerzo estructural. [17]

### **2.2.2 Características de la fibra de vidrio.**

- a) Resistencia química. La resina es una sustancia de la fibra de vidrio, la cual es resistente ante el desgaste químico y del ambiente, por ello la fibra de vidrio tiene la propiedad de no desgastarse, ni deteriorarse pues resiste a la mayoría de ácidos
- b) Bajo mantenimiento: La fibra de vidrio al aplicarse en una estructura externa, tiene la característica de no necesitar un mantenimiento especial, inclusive después de varios años de uso, lo que significa también un ahorro de costo. [17]
- c) Peso ligero: Gracias a esta característica, permite a este material la facilidad de ser trasladado según la instalación requerida. Además ayuda a la embarcación sea más liviana. [17]
- d) Versatilidad: El material cuenta con una vasta variedad de filamentos, tipos, tamaños, etc. Esto permite que el material presente una variedad de usos en la industria. [17]
- e) Aislamiento eléctrico. La fibra de vidrio es un buen aislante de la electricidad al igual que la madera, esto permite aislar eléctricamente a ciertas secciones en las embarcaciones. [17]
- f) Excelente aislante térmico. El coeficiente de expansión en la fibra de vidrio es muy bajo, el cual permite que el calor se disipe de una forma

más rápida, además su conductividad térmica es alta, permitiendo que su uso como aislante térmico sea perfecto. [17]

- g) Económico. La fibra de vidrio a comparación de los tejidos de fibra natural y sintética, es más económica. [17]

### 2.2.3 Clases de fibra de vidrio

Tabla 10: Clase de fibra de vidrio

Composición %					
Compuesto	E	A	C	R	S
SiO <sub>2</sub>	55	67.5	66	60	65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14	3.5	4	24	25
TiO <sub>2</sub>	0.2	-	-	-	-
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7	1.5	5	-	-
CaO	22	6.5	14	9	-
MgO	1	4.5	3	6	10
Na <sub>2</sub> O	0.5	13.5	3	0.5	-
K <sub>2</sub> O	0.3	3	5	0.1	-

Fuente: [18]

Tabla 11: Aplicaciones de la fibra de vidrio según el tipo

Tipo	Aplicaciones
E	Eléctrico: Es el tipo de fibra con más ventas (90%), por lo cual es la más comercializada. Tiene la característica de ser baja a la conductividad eléctrica, por ende, es perfecto para aislar eléctricamente ciertos espacios que lo requiere.
A	Alto contenido en álcali: Posee una elevada resistencia química, la cual la hace ideal para lugares corrosivos. A diferencia del vidrio E, su módulo elástico y la resistencia a la atracción es inferior.
C	Químico: Es el tipo de fibra considerado entre la fibra A y E, su resistencia química es inferior a la fibra A, se utiliza mayormente en las partes externas de las piezas, esto permite afianzar la vida útil de las piezas cuando están en lugares corrosivos.
R o S	Resistencia: Si se requiere un tipo de fibra con alta resistencia a la rotura y rigidez, la fibra R o S es la mejor, además es perfecta ante las cargas cíclicas, posee una estabilidad térmica muy buena y tiene la capacidad de absorber la humedad en bajas proporciones.

Fuente: [18]

### 2.2.4 Regresiones y dimensiones preliminar

Para el diseño de la embarcación, se ha tomado una base de datos de 10 embarcaciones con las características similares a la embarcación a diseñar, el resultado lo obtendremos a través de la regresión lineal, obteniendo las ecuaciones básicas.

Tabla 12: Catamaranes

Nombre del modelo	Esloira	Manga	Calado	Desplazamiento	Motor	Potencia	Combustible
	L(m)	B(m)	T[m]	$\Delta$ [Tn]	Marca	[HP]	[L]
Sun Tracker Fishin Barge 22 DLX	6.75	2.6	0.3	3.946	Mercury	115	146
Sun Tracker Party Barge 22 XP3	6.76	2.6	0.3	6.261	Mercury	150	159
Glacier Bay 2240sx Renegade	6.71	2.57	0.38	1.452		115	477
Sun Tracker Fishin Barge 20 DLX	6.68	2.6	0.3	3.747	Mercury	90	146
Sun Tracker Bass Buggy 18 DLX	6	2.5	0.3	3.13	Mercury	75	145
Sun Tracker Party Barge 22 DLX	6.76	2.6	0.3	3.935	Mercury	115	146
World Cat 270 SD	7.92	2.62	0.36	2.948		450	757
World Cat 230 SF	7.31	2.62	0.36	2.449		300	567
Glacier Bay 2640 SX Renegade	7.95	2.67	0.46	2.087		150	681
Glacier Bay 2270 Isle Runner	6.71	2.57	0.41	1.588		115	477

Elaboración propia

En la siguiente tabla se podrá ver las embarcaciones y sus características:

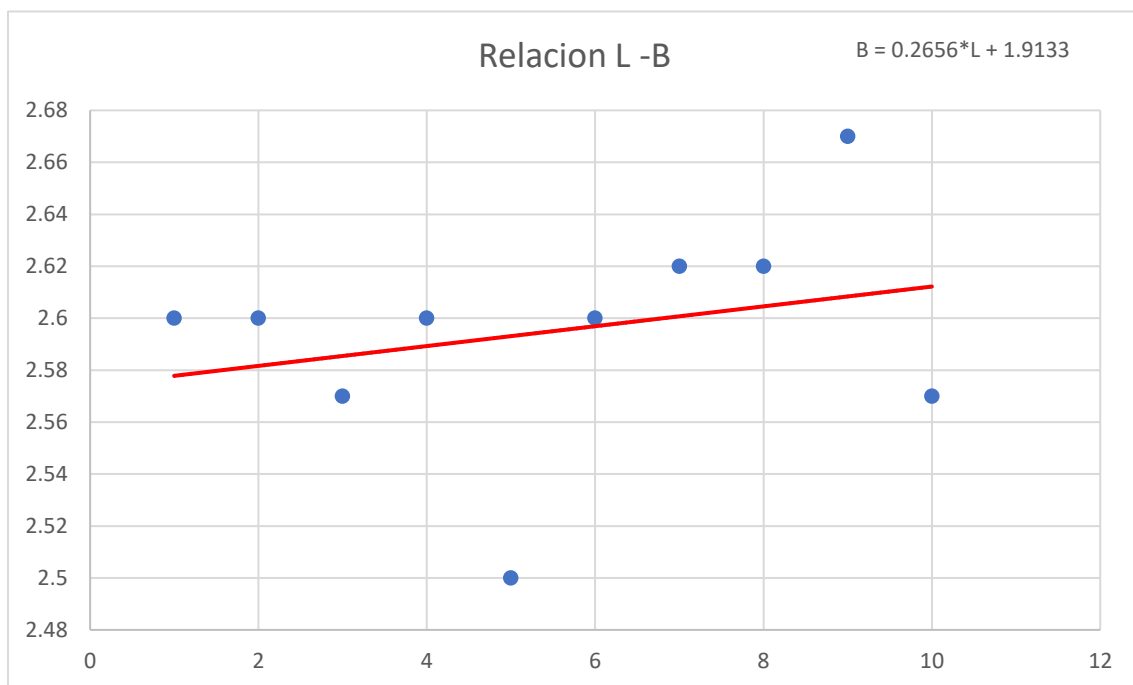
➤ **Eslora (L)**

El resultado de la relación de las esloras de la tabla es 6.955 m, pero se tomará la medida de 6.5 m para la facilitar la propuesta del proyecto, la aprobación de planos y así la embarcación podrá llegar a ciertos lugares con mayor facilidad.

➤ **Manga Total (B)**

Para hallar la manga debemos de calcularlo con la eslora del proyecto 6.5 m.

Gráfico 4: Relación L-B



Elaboración propia

$$B = 0.2656 * L + 1.9133 \quad [19]$$

$$B = 3.7 \text{ m}$$

La relación nos da un resultado de 3.7m, pero se optará por una manga de 4m para un mejor diseño.

➤ **Separación entre semicascos**

Para la separación de los cascos se tomará los resultados experimentales de Dudbrosky, donde la proporción permisible de la distancia del túnel es  $c/L_{WL}=0.1$ .

El aumento en la distancia del túnel  $c/L_{WL} > (0.2-0.25)$ , lo que permite el aumento de slamming o impacto del agua en el túnel, “c” es la distancia de las amuras internas de los cascos,  $L_{WL}$  es la eslora de flotación.

$$0.1 \leq \frac{c}{L_{WL}} \leq (0.2 - 0.25) \quad [19]$$

$$0.1 \leq \frac{1.5}{6.1} \leq (0.2 - 0.25)$$

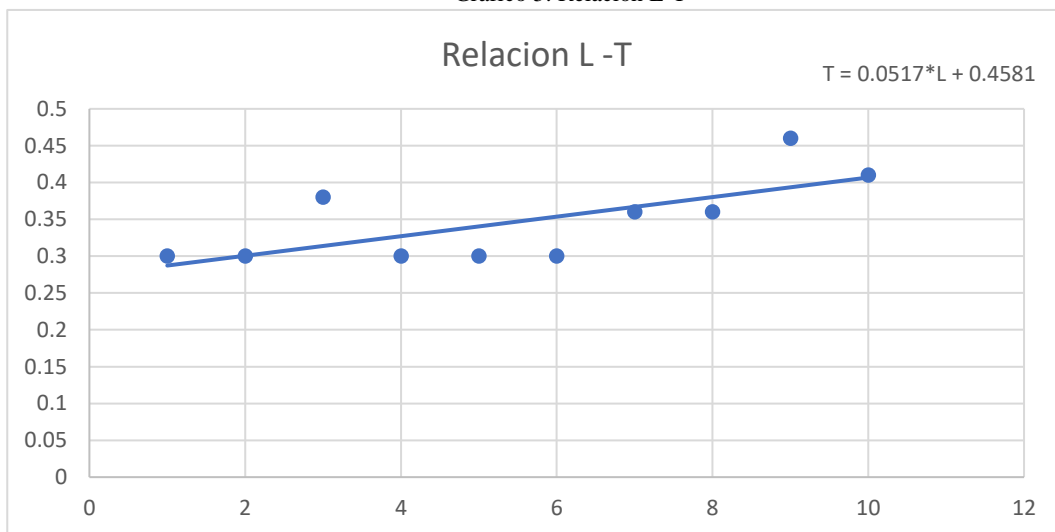
$$0.1 \leq 0.23 \leq (0.2 - 0.25)$$

Como se observa la separación de los semicascos del catamarán si cumple con la relación.

➤ **Calado (T)**

Para hallar el calado debemos hacer la relación L -T.

Gráfico 5: Relación L-T



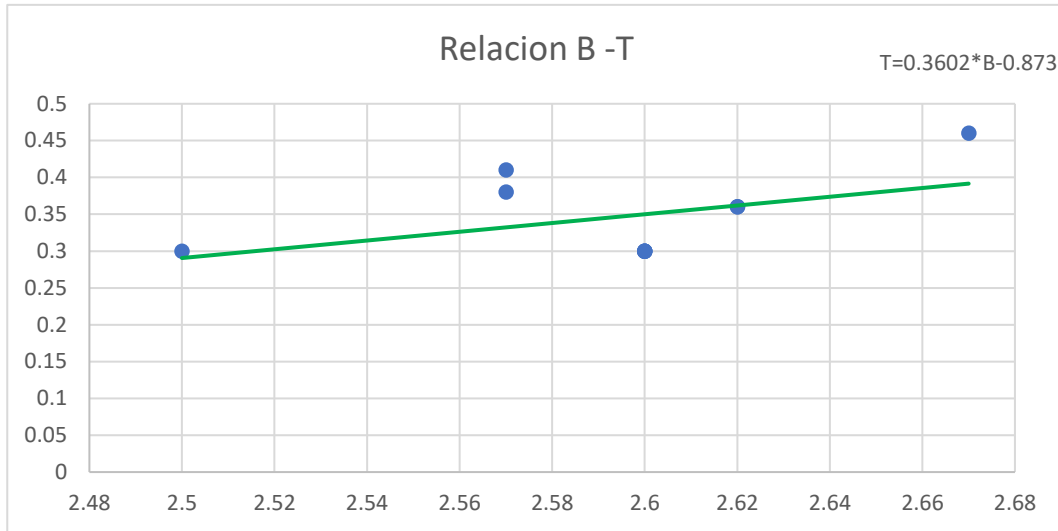
Elaboración propia

$$T = 0.0517 * L + 0.4851$$

$$T = 0.82 \text{ m}$$



Gráfico 6: Relación B-T



Elaboración propia

$$T = 0.3602 * B - 0.873$$

$$T = 0.46m$$

En conclusión, el calado para el proyecto será de 0.46 m

### 2.2.5 Consideraciones iniciales

Con los datos obtenidos y las exigencias iniciales del proyecto se define las dimensiones del catamarán.

Tabla 13: Características Principales

Eslora total:	6.5 m
Eslora entre perpendiculares:	6.455 m
Manga	4 m
Puntal	1.4 m
Velocidad	20 nudos
Material del casco	Fibra de vidrio
Material de la superestructura	Fibra de vidrio

Elaboración propia

## 2.2.6 Diseño de una embarcación con proa invertida

### 2.2.6.1 Determinación de la forma

Para la determinación de la forma se debe de considerar las ventajas que brindan los catamaranes, como la velocidad/ potencia y el ahorro de combustible, brindan una mejor estabilidad, movimiento al avance y maniobrabilidad, tiene un mayor area para aprovechar, y el diseño de la proa invertida permitirá que la formación de olas sea menor.

Por ello se utilizará la forma con un régimen de planeo, la cuales tendrán líneas de formas cóncavas con una astilla muerta que estará por debajo de la línea de flotación, estas formas son seleccionadas pues permitirá el aumento en la fuerza hidrostática.

### 2.2.6.2 Resultados para el diseño

Con los datos ya mencionados y sus formas correspondientes se procede al diseño de la embarcación en el programa informático Max Surf, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 14 Dimensiones del catamarán

Dimensiones		Valor	Unidades
Eslora wl	Lwl	6.494	M
Manga wl	Bwl	4.0	M
Calado	T	0.5	M
Desplazamiento	$\Delta$	4.466	Tn
Volumen desplazado	$\nabla$	4.357	m <sup>3</sup>
Superficies			
Area mojada	Sm	20.747	m <sup>2</sup>

Sección del area máxima	Am	0.8	m <sup>2</sup>
Area del plano de flotación	Awl	10.818	m <sup>2</sup>
Coeficientes			
Coeficiente prismático	Cp	0.839	
Coeficiente de bloque	Cb	0.669	
Coeficiente de la cuaderna maestra	Cm	0.798	
Coeficiente del plano de flotación	Cwp	0.830	
Centroides			
LCB	LCB	2.739	m
LCF	LCF	2.719	m
LCB %	LCB%	42.18	%
LCF %	LCF%	41.869	%
Estabilidad			
BM transversal	BMt	5.781	m
BM longitudinal	BMI	6.247	m
GM transversal	GMt	6.076	m
GM longitudinal	GMI	6.543	m

Fuente: Max surf

Elaboración propia

### 2.3 Determinación de formas

Cuando ya se ha establecido las dimensiones del catamarán, el siguiente paso es el diseño de las líneas de forma para poder satisfacer las necesidades que se requiere para el proyecto. Para ver el régimen del catamarán primero se hallará el número de froude:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g * L}}$$

$$Fn = \frac{10.2889}{\sqrt{9.81 * 6.5}}$$

$$Fn = 1.288$$

Al obtener el número de Froude, el catamarán será de régimen de planeo, las líneas de forma en el plano serán de forma cóncava, la parte sumergida tendrá una astilla muerta, la forma del catamarán ya mencionado permitirá que el agua tenga un escurrimiento en dirección lateral, esto beneficiara a la embarcación ante la fuerza hidrodinámica de levantamiento, ya sea en la parte central de la embarcación o en la parte de popa.

Ahora se hallará los parámetros según la serie sistemática de Schwetz y Sahoo el permitirá hallar algunos cálculos en la Resistencia al Avance del catamarán:

Tabla 15: Series Sistemáticas de Schwetz

<b>Series Sistemática de Schwetz</b>			
0.5	<	$Fn = 1.288$	< 1.5
8.8	<	$\frac{Lwl}{Bwl} = \frac{6.494}{1} = 6.494$	< 15.3
0.4	<	$\frac{LCB}{Lwl} = \frac{2.739}{6.494} = 0.422$	< 0.49
6.3	<	$\frac{Lwl}{\nabla^{1/3}} = \frac{6.494}{4.357^{1/3}} = 3.976$	< 9.56
0.46	<	$Cb = 0.669$	< 0.68

$$6.3 < \frac{s}{Lwl} = \frac{3}{6.494} = 0.461 < 9.5$$

Fuente: [12]

Según la serie y los cálculos de la serie, se puede observar que no todos cumplen (3/6) con los parámetros establecidos.

### 2.3.1 Dimensiones principales del catamarán

Una vez este diseñado en Max Surf, este nos da los siguientes resultados:

Tabla 16: Dimensiones principales del catamarán

<b>Dimensiones</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Eslora wl	Lwl	6.494	m
Manga wl	Bwl	4	m
Calado	T	0.5	m
Desplazamiento	$\Delta$	4.466	Tn
Volumen desplazado	$\nabla$	4.357	m <sup>3</sup>
<b>Superficies</b>			
Area mojada	Sm	20.747	m <sup>2</sup>
Sección del area máxima	Am	0.8	m <sup>2</sup>
Area del plano de flotación	Awl	10.818	m <sup>2</sup>
<b>Coefficientes</b>			
Coefficiente Prismático	Cp	0.839	-
Coefficiente de bloque	Cb	0.669	-
Coefficiente de la cuaderna maestra	Cm	0.798	-

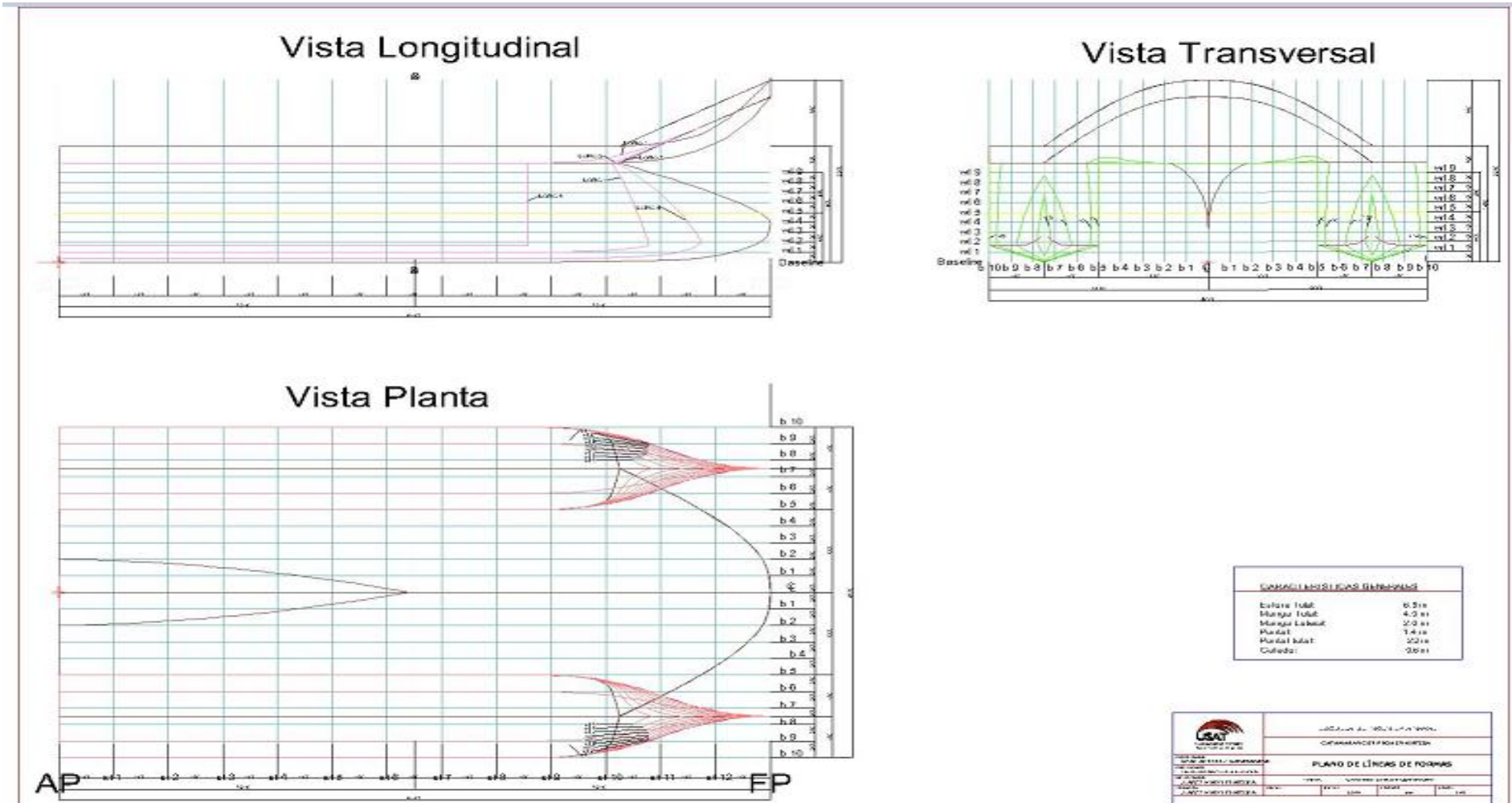
Coefficiente del plano de flotación	Cwp	0.830	-
<b>Centroides</b>			
LCB	LCB	2.739	m
LCF	LCF	2.719	m
LCB%	LCB%	42.18	%
LCF%	LCF%	41.869	%
<b>Estabilidad</b>			
Bm transversal	BMt	5.781	m
BM longitudinal	BMI	6.247	m
GM transversal	GMt	6.076	m
GM longitudinal	GMI	6.543	m
KM transversal	KMt	6.076	m
KM longitudinal	KMI	6.543	m
<b>Constantes</b>			
Densidad del agua	$\rho$	1.026	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Max surf

Elaboración propia

### 2.3.2 Elaboración del plano de líneas de formas

Figura 14: Plano de líneas de formas



Elaboración propia

### **2.3.3 Disposición general**

Una vez definido el plano de líneas de formas, se describirá la disposición general del catamarán.

El catamarán está disponible para diversos servicios, por lo que se debe proyectar una disposición de acuerdo a las necesidades necesarias.

Para el servicio de turismo, la embarcación dispondrá de una cubierta principal, con sillas atornilladas a la plataforma disponibles para un máximo de 12 personas, contará con una barra, una caseta pequeña.

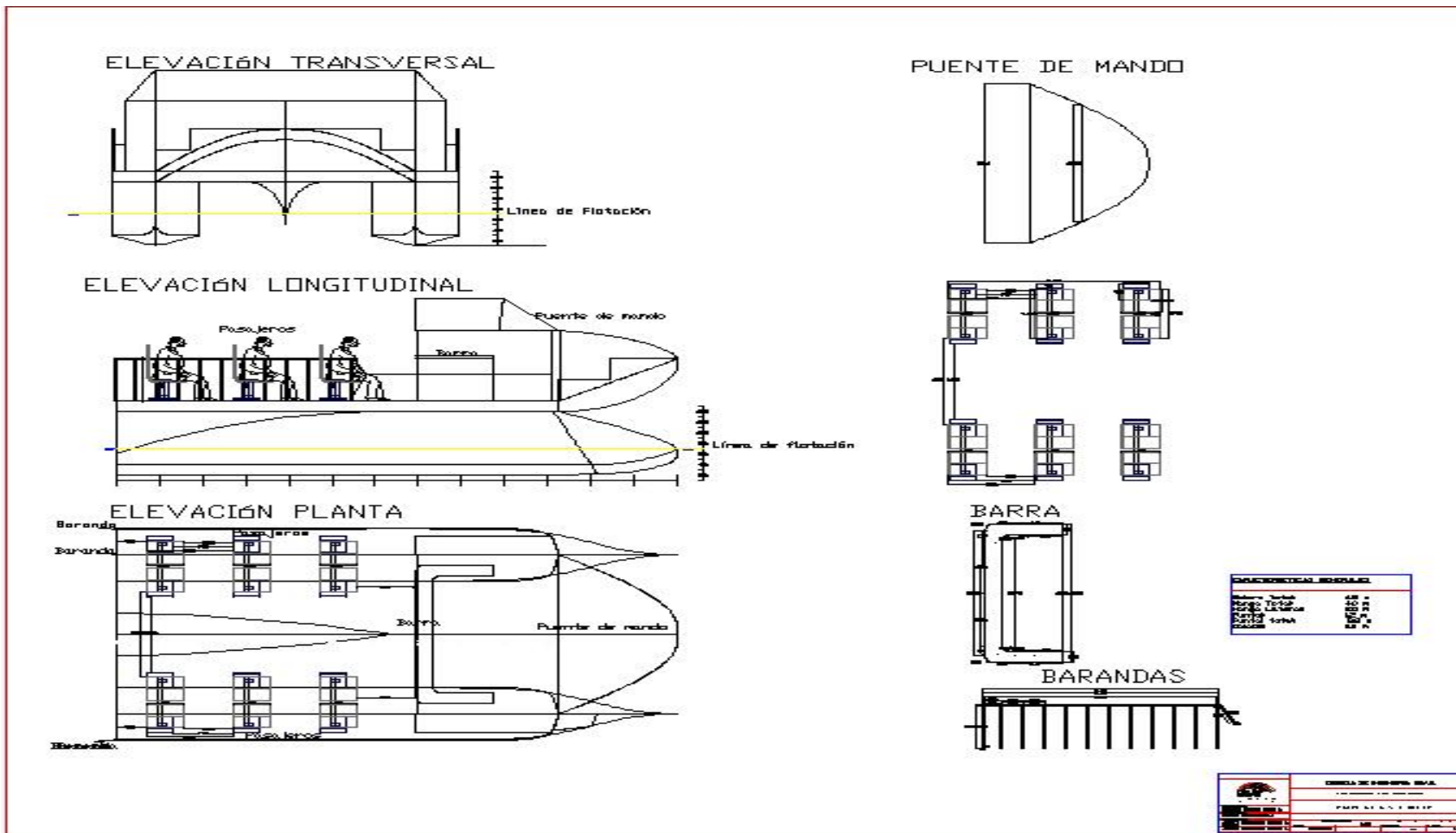
Para el servicio de pesca y carga, contará con una cubierta principal y los cascos serán huecos para ser aprovechados en el almacenamiento del pescado o carga.

El motor estará instalado en la parte media de la embarcación y será fuera de borda.



### 2.3.3.1 Elaboración del plano de disposición general del servicio de turismo

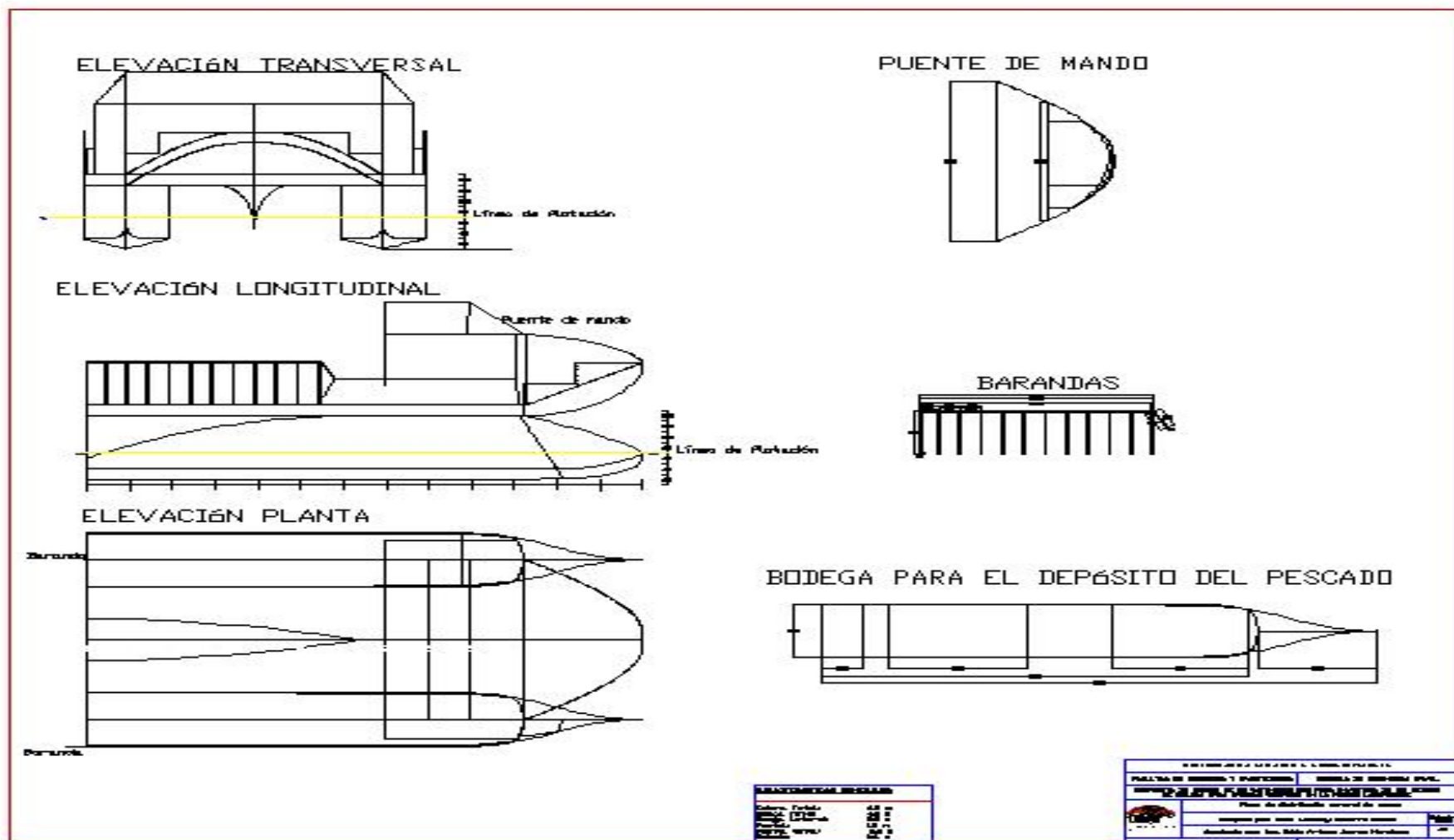
Figura 15: Plano de disposición general del servicio de turismo



Elaboración propia

### 2.3.3.2 Elaboración del plano de disposición general del servicio de pesca

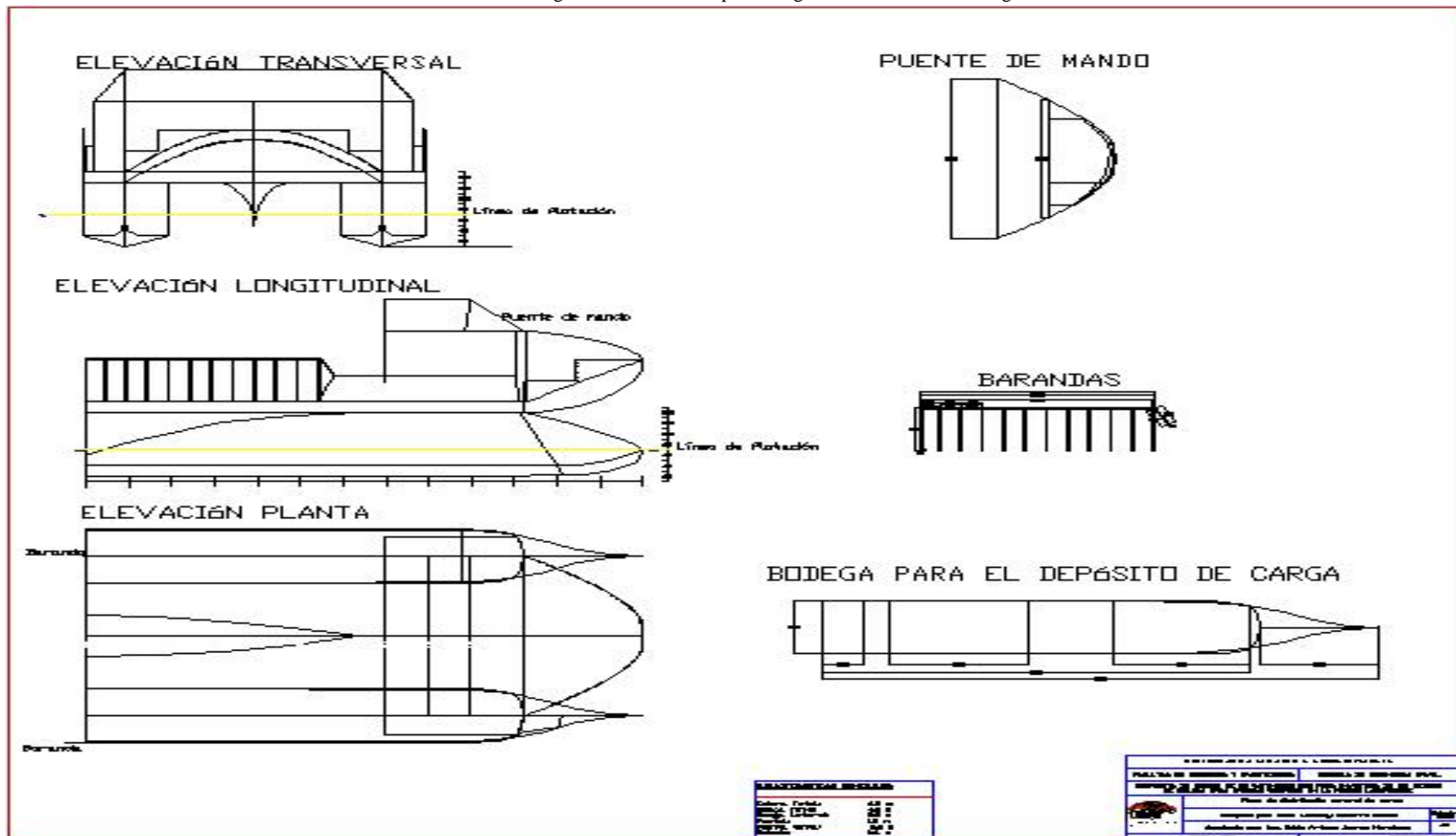
Figura 16: Plano de disposición general del servicio de pesca



Elaboración propia

### 2.3.3.3 Elaboración del plano de disposición general del servicio de carga

Figura 17: Plano de disposición general del servicio de carga



Elaboración propia

#### 2.3.3.4 Francobordo

El francobordo es obligatorio solo para embarcaciones mayores de 20 metros de eslora, por lo que en nuestra embarcación no es obligatorio tenerla.

#### 2.3.3.5 Mamparos estancos

El espacio bajo la cubierta, estará dividida por 4 mamparos estancos de proa a popa, los cuales serán útiles para la pesca y para la carga que se desea transportar.

#### 2.3.3.6 Agua dulce

La embarcación al estar brindando el servicio de turismo, pesca o carga, el sistema de agua dulce será diseñado de tal manera que se pueda brindar en los distintos servicios.

La capacidad del agua dulce se verá por las personas que estén abordo en este caso se hará un análisis según cada servicio, para el análisis se recomienda una capacidad de 0.015 Tn por personas aproximadamente 15 litros.

##### ➤ Servicio de turismo

$$Capacidad_{Agua\ dulce} = N^{\circ}\ de\ personas * \frac{Tn}{persona} * N^{\circ}\ dias$$

$$Capacidad_{Agua\ dulce} = 12 * 0.015 * \frac{1}{2}$$

$$Capacidad_{Agua\ dulce} = 0.09\ Tn$$

➤ **Servicio de pesca y carga**

$$Capacidad_{Agua\ dulce} = N^{\circ}\ de\ personas * \frac{Tn}{persona} * N^{\circ}\ dias$$

$$Capacidad_{Agua\ dulce} = 4 * 0.015 * 1$$

$$Capacidad_{Agua\ dulce} = 0.06\ Tn$$

### 2.3.3.7 Tanque de combustible

La capacidad de combustible se realizará de acuerdo a las características necesarias del motor para la embarcación.

- Consumo específico del motor:  $420.65 \frac{gr}{kW*h}$
- BHP del motor: 74.57 kW
- Autonomía: 16 horas
- Combustible del motor:  $12h * 420.65 \frac{gr}{kW*h} * 74.57\ kW * \frac{1}{1000}$   
= 376.41 kg
- Rango de seguridad por imprevistos 25%: 470.51 kg

Entonces en base de la embarcación y el motor elegido del proyecto, la capacidad de combustible del motor debe ser de 475 litros

### 2.3.3.8 Espacios del catamarán

Según la Regla 10 – Parte B: “Compartimentado y estabilidad”-Solas, se debe instalar un mamparo de pique de proa o de colisión que será estanco hasta la cubierta de cierre. Este mamparo estar situado a una distancia de la perpendicular de proa no inferior al 5% de la eslora entre perpendicular ni superar a 3m más del 5% de la eslora del buque. [19]

$$0.05 * 6.494 = 0.32\ m$$

[19]

## **2.4 Hidrostática**

### **2.4.1 Cálculos hidrostáticos**

Con una densidad de agua de mar de  $1.025 \text{ Tn/m}^3$ , podremos hallar las curvas hidrostáticas, la cual es un factor muy importante para analizar la estabilidad del catamarán. Las siguientes tablas muestran los valores obtenidos por las características geométricas de la embarcación en función del calado.

Tabla 17: Características geométricas del catamarán a diferentes calados

Ítem	Unidades	Calados														
		0.3	0.325	0.35	0.375	0.4	0.425	0.45	0.475	0.5	0.525	0.55	0.575	0.6	0.625	0.65
Desplazamiento	[Tn]	2235	2515	2795	3075	3354	3633	3911	4189	4466	4743	5020	5296	5571	5846	6121
Calado de FP	[m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Calado de AP	[m]	0.300	0.325	0.350	0.375	0.400	0.425	0.450	0.475	0.500	0.525	0.550	0.575	0.600	0.625	0.650
Calado en LCF	[m]	0.300	0.325	0.350	0.375	0.400	0.425	0.450	0.475	0.500	0.525	0.550	0.575	0.600	0.625	0.650
Eslora WL	[m]	0.300	0.325	0.350	0.375	0.400	0.425	0.450	0.475	0.500	0.525	0.550	0.575	0.600	0.625	0.650
Manga WL	[m]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Superficie mojada	[m2]	6.460	6.473	6.482	6.490	6.494	6.498	6.499	6.500	6.493	6.478	6.455	6.427	6.395	6.360	6.321
Waterpl. Area m^2	[m2]	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Coefficiente prismático cp.		14.772	15.438	16.105	16.772	17.439	18.108	18.778	19.451	20.125	20.800	21.476	22.151	22.826	23.499	24.171
Coefficiente de bloque Cb		10.940	10.928	10.914	10.900	10.885	10.869	10.852	10.835	10.818	10.800	10.782	10.763	10.745	10.726	10.707
Coef. De Midship área Cm		0.844	0.842	0.841	0.840	0.840	0.839	0.839	0.838	0.839	0.840	0.842	0.845	0.848	0.852	0.856
Coef. De waterpl, área cwp		0.563	0.583	0.601	0.616	0.630	0.641	0.652	0.661	0.669	0.677	0.685	0.692	0.699	0.706	0.712
LCB from zero pt	[m]	0.667	0.692	0.714	0.733	0.750	0.764	0.777	0.788	0.798	0.806	0.813	0.819	0.824	0.828	0.831
LCF from zero pt.	[m]	0.847	0.844	0.842	0.840	0.838	0.836	0.834	0.832	0.830	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.830
Kb	[m]	2.742	2.742	2.743	2.743	2.743	2.742	2.741	2.740	2.739	2.738	2.736	2.735	2.733	2.731	2.729
Kg	[m]	2.752	2.748	2.745	2.741	2.737	2.733	2.728	2.724	2.719	2.714	2.708	2.703	2.697	2.691	2.684
Bmt	[m]	0.192	0.206	0.219	0.232	0.245	0.258	0.270	0.283	0.296	0.309	0.321	0.334	0.346	0.359	0.371
Bml	[m]	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Gmt	[m]	11.678	10.366	9.317	8.459	7.744	7.140	6.622	6.173	5.780	5.434	5.126	4.850	4.601	4.376	4.172
Gml	[m]	12.961	11.477	10.286	9.310	8.496	7.806	7.213	6.698	6.247	5.849	5.494	5.176	4.890	4.631	4.395
Kmt		11.371	10.072	9.035	8.191	7.489	6.898	6.392	5.956	5.576	5.242	4.947	4.683	4.448	4.235	4.043
Kml		13.153	11.682	10.504	9.542	8.741	8.064	7.483	6.981	6.543	6.158	5.815	5.509	5.236	4.990	4.767
Immersion tpc	[Ton/cm]	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.110	0.110	0.110	0.110
Mtc tonne.m	[Ton*m]	0.044	0.044	0.043	0.043	0.043	0.043	0.042	0.042	0.042	0.042	0.041	0.041	0.041	0.041	0.040

Fuente: Max surf

Elaboración propia

Tabla 18: Características geométricas del catamarán a diferentes calados

ITEM	Unidades	Calados													
		0.675	0.7	0.725	0.75	0.775	0.8	0.825	0.85	0.875	0.9	0.925	0.95	0.975	1
Desplazamiento	[Tn]	6395	6669	6942	7215	7487	7759	8031	8302	8573	8844	9115	9386	9657	9929
Calado de FP	[m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Calado de AP	[m]	0.675	0.700	0.725	0.750	0.775	0.800	0.825	0.850	0.875	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000
Calado en LCF	[m]	0.675	0.700	0.725	0.750	0.775	0.800	0.825	0.850	0.875	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000
Eslora WL	[m]	0.675	0.700	0.725	0.750	0.775	0.800	0.825	0.850	0.875	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000
Manga WL	[m]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Superficie mojada	[m <sup>2</sup> ]	6.280	6.237	6.191	6.144	6.095	6.046	5.994	5.942	5.888	5.834	5.778	5.722	5.664	5.607
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	[m <sup>2</sup> ]	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Coficiente Prismático Cp		24.842	25.511	26.180	26.845	27.512	28.173	28.837	29.497	30.159	30.819	31.479	32.144	32.805	33.473
Coficiente de bloque Cb		10.689	10.670	10.652	10.635	10.620	10.606	10.593	10.583	10.576	10.573	10.575	10.582	10.598	10.617
Coef. De Midship área Cm		0.861	0.865	0.870	0.875	0.880	0.885	0.891	0.896	0.902	0.908	0.914	0.920	0.926	0.932
Coef. De Waterpl, Área Cwp		0.718	0.723	0.728	0.732	0.736	0.740	0.743	0.746	0.749	0.750	0.752	0.753	0.753	0.753
LCB from zero pt	[m]	0.834	0.836	0.837	0.837	0.837	0.836	0.835	0.833	0.830	0.827	0.823	0.819	0.814	0.808
LCF from zero pt.	[m]	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.829	0.829	0.828	0.828	0.827	0.827	0.826	0.825
KB	[m]	2.727	2.725	2.723	2.720	2.718	2.715	2.712	2.709	2.706	2.703	2.699	2.696	2.692	2.688
KG	[m]	2.678	2.670	2.662	2.654	2.646	2.637	2.627	2.616	2.605	2.592	2.579	2.564	2.549	2.532
BMt	[m]	0.384	0.396	0.409	0.421	0.434	0.446	0.458	0.471	0.483	0.496	0.508	0.520	0.533	0.545
BML	[m]	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
GMt	[m]	3.985	3.813	3.655	3.509	3.374	3.248	3.131	3.021	2.918	2.821	2.730	2.644	2.563	2.485
GML	[m]	4.180	3.982	3.801	3.634	3.481	3.339	3.206	3.085	2.971	2.867	2.770	2.679	2.596	2.517
KMt		3.869	3.710	3.564	3.430	3.308	3.194	3.089	2.992	2.901	2.816	2.738	2.664	2.595	2.530
KML		4.564	4.378	4.209	4.055	3.914	3.785	3.665	3.556	3.455	3.362	3.277	3.199	3.129	3.062
Immersion TPc	[Ton/cm]	0.110	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.109	0.109
MTc tonne.m	[Ton*m]	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039

Fuente: Max surf

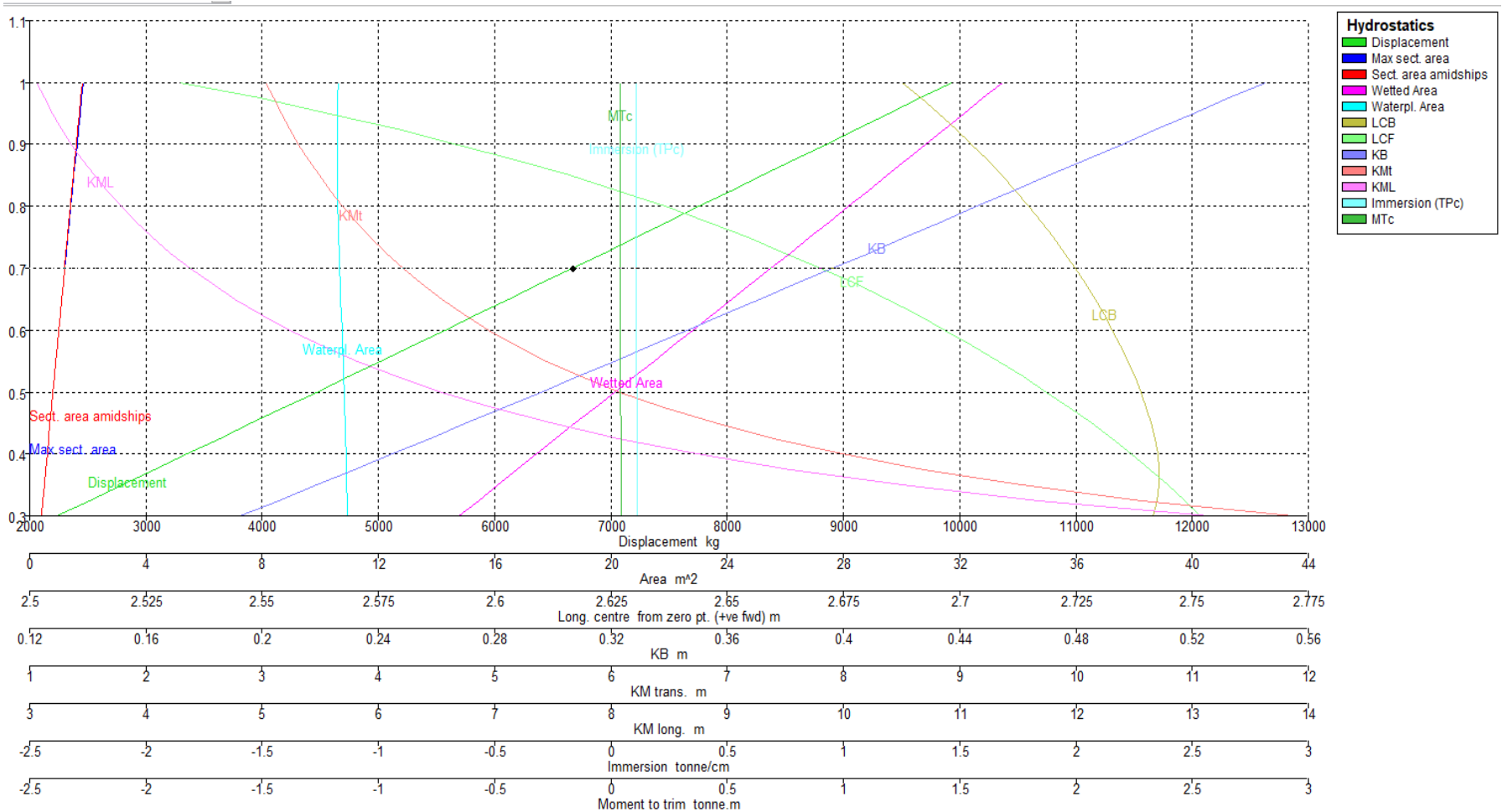
Elaboración propia



### 2.4.2 Curvas hidrostáticas

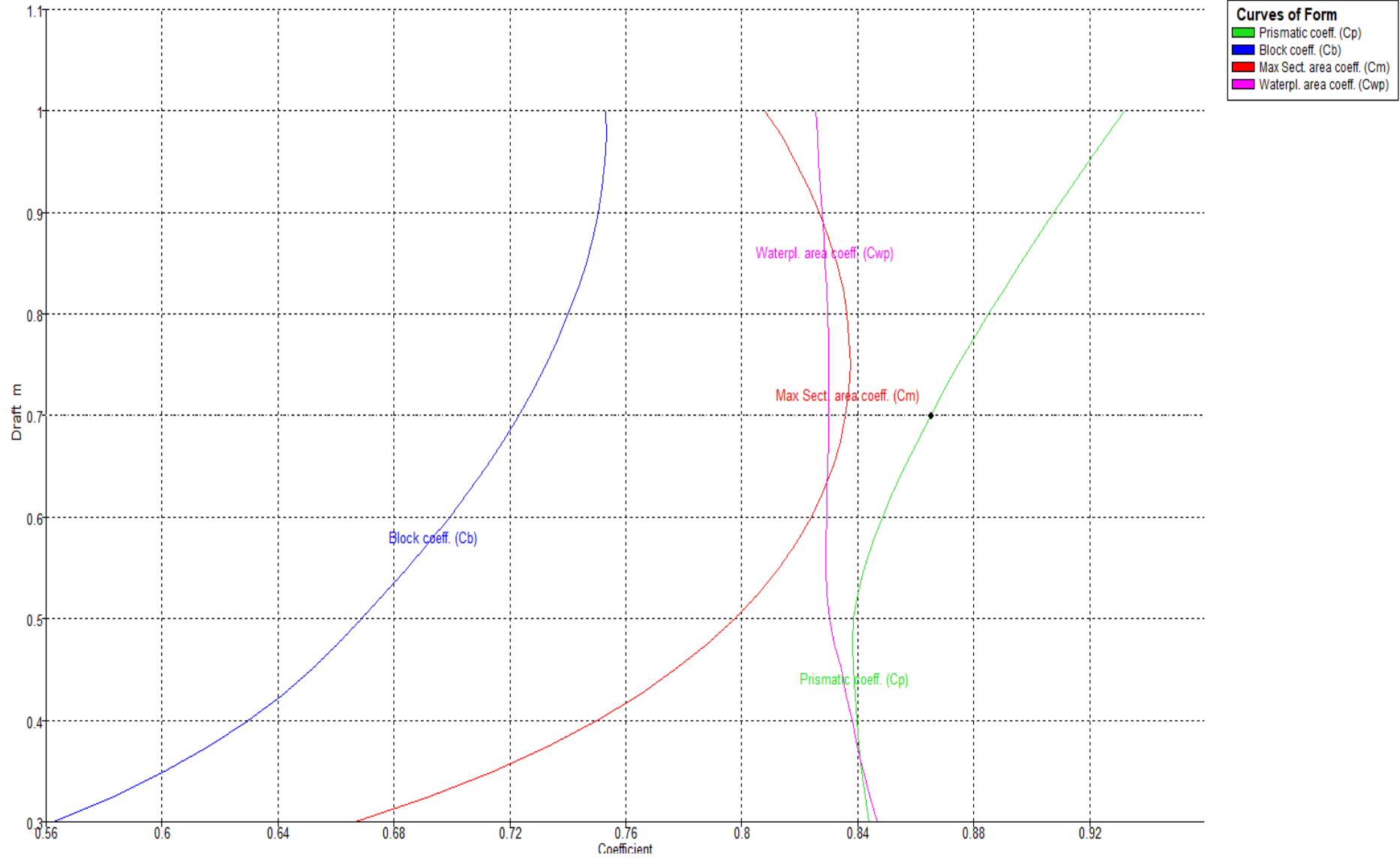
Las curvas hidrostáticas nos permiten ver el comportamiento de la carena del catamarán a ciertos calados.

Gráfico 7: Curvas hidrostáticas



Fuente y elaboración: Max surf

Gráfico 8: Curvas de los coeficientes



Fuente y elaboración: Max surf

### 2.4.3 Curvas cruzadas

Las curvas hidrostáticas son brazos medidos a diferentes desplazamientos con un  $KG = 0$ . Se tiene en cuenta cuando el ángulo es mayor a  $9^\circ$ , el metacentro ya no está situado en la crujía, es por eso que no se puede utilizar la teoría de estabilidad para ángulos pequeños basada en el concepto de altura metacéntrica. No obstante, el razonamiento para pequeñas y grandes escoras sigue siendo perfectamente válido.

$$M_{0 \text{ Adrizante}} = \Delta * GZ$$

Donde:

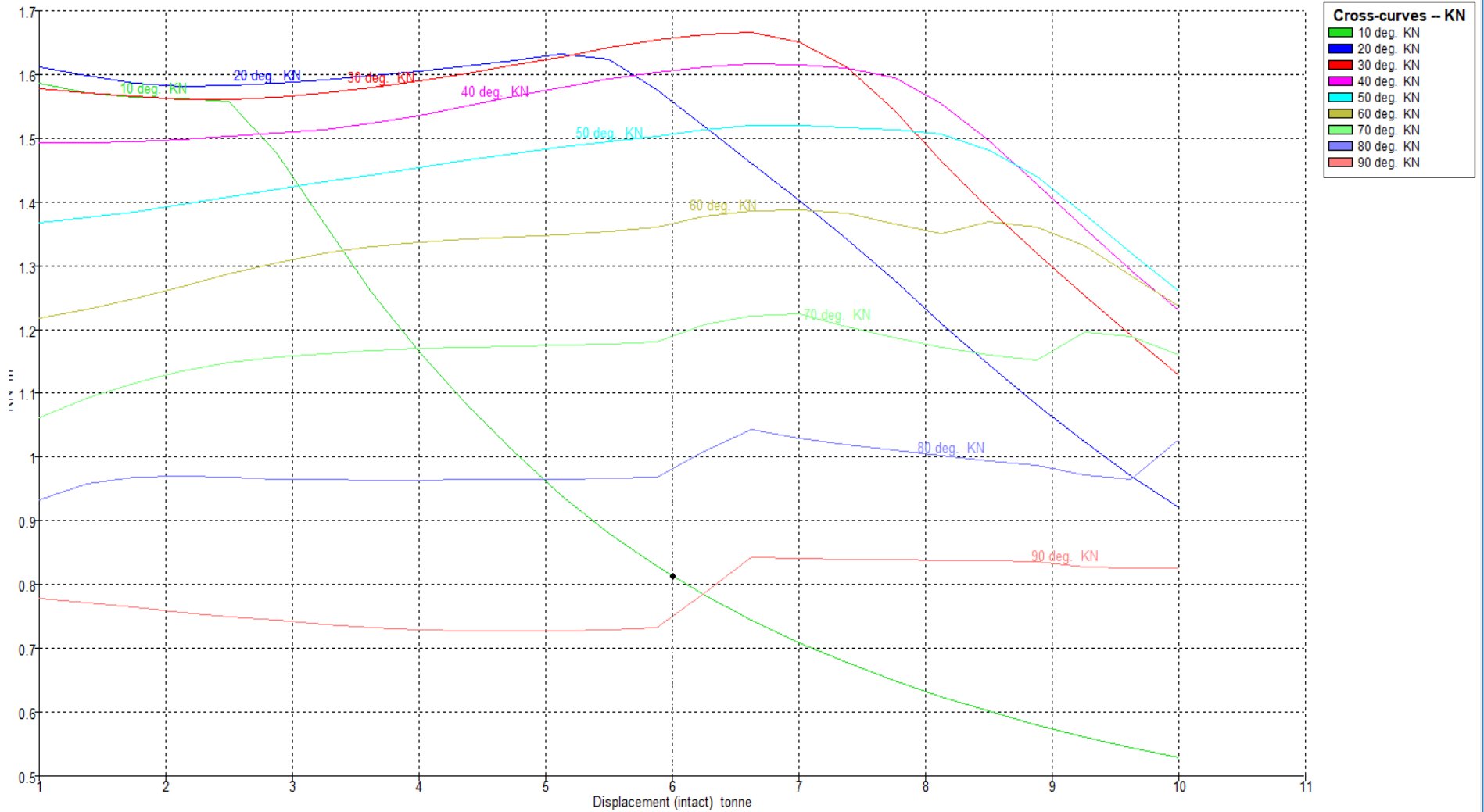
$$GZ = GM * \sin \theta$$

$$GZ = KN - KG * \sin \theta$$

La densidad tomada para el análisis será de  $1.025 \text{ ton/m}^3$

$$VCG = 0 \text{ m}$$

Gráfico 9: Curvas cruzadas KN



Fuente y elaboración: Max surf

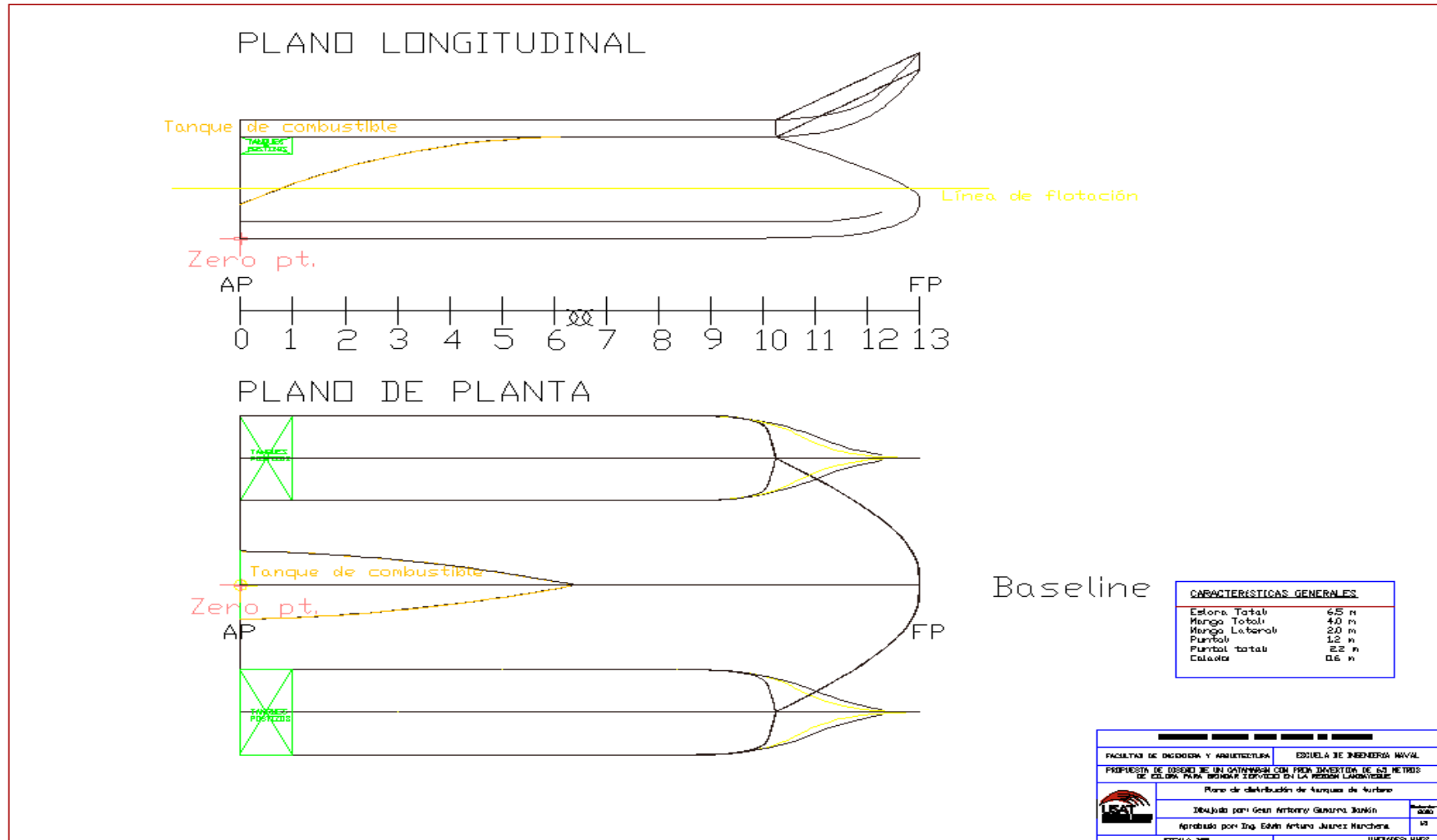
Tabla 19: Resultados hidrostáticos a diferentes ángulos de escora

Desplazamiento	LCG	KN								
		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
(Tn)	(m)									
1.000	2.726	1.585	1.612	1.577	1.493	1.368	1.218	1.062	0.934	0.779
1.375	2.733	1.571	1.598	1.570	1.493	1.375	1.232	1.092	0.958	0.771
1.750	2.738	1.565	1.586	1.565	1.495	1.385	1.249	1.117	0.968	0.764
2.125	2.741	1.563	1.582	1.561	1.499	1.396	1.268	1.135	0.969	0.757
2.500	2.742	1.557	1.582	1.560	1.503	1.408	1.287	1.148	0.968	0.750
2.875	2.743	1.476	1.586	1.564	1.507	1.419	1.305	1.156	0.966	0.744
3.250	2.743	1.365	1.591	1.571	1.514	1.431	1.320	1.162	0.964	0.738
3.625	2.742	1.259	1.597	1.580	1.524	1.443	1.330	1.167	0.964	0.733
4.000	2.741	1.166	1.605	1.590	1.536	1.454	1.338	1.170	0.964	0.730
4.375	2.739	1.082	1.613	1.602	1.550	1.466	1.342	1.173	0.964	0.728
4.750	2.738	1.007	1.622	1.614	1.565	1.476	1.346	1.174	0.965	0.727
5.125	2.736	0.940	1.631	1.628	1.580	1.486	1.349	1.175	0.966	0.728
5.500	2.733	0.880	1.623	1.641	1.593	1.495	1.354	1.177	0.967	0.729
5.875	2.731	0.829	1.575	1.653	1.603	1.504	1.361	1.181	0.969	0.732
6.250	2.728	0.784	1.518	1.662	1.612	1.513	1.377	1.207	1.010	0.787
6.625	2.725	0.744	1.461	1.666	1.617	1.520	1.386	1.221	1.042	0.842
7.000	2.722	0.709	1.403	1.650	1.615	1.520	1.387	1.225	1.030	0.841
7.375	2.719	0.678	1.342	1.613	1.610	1.518	1.383	1.205	1.020	0.840
7.750	2.715	0.649	1.277	1.543	1.594	1.513	1.366	1.187	1.011	0.839
8.125	2.711	0.624	1.210	1.464	1.554	1.507	1.350	1.172	1.002	0.838
8.500	2.707	0.601	1.144	1.389	1.496	1.480	1.368	1.160	0.994	0.837
8.875	2.702	0.580	1.082	1.320	1.428	1.440	1.360	1.153	0.988	0.836

9.250	2.697	0.561	1.024	1.254	1.359	1.381	1.331	1.196	0.972	0.827
9.625	2.692	0.544	0.970	1.190	1.293	1.319	1.284	1.189	0.966	0.827
10.00	2.686	0.529	0.920	1.128	1.230	1.261	1.236	1.161	1.028	0.826

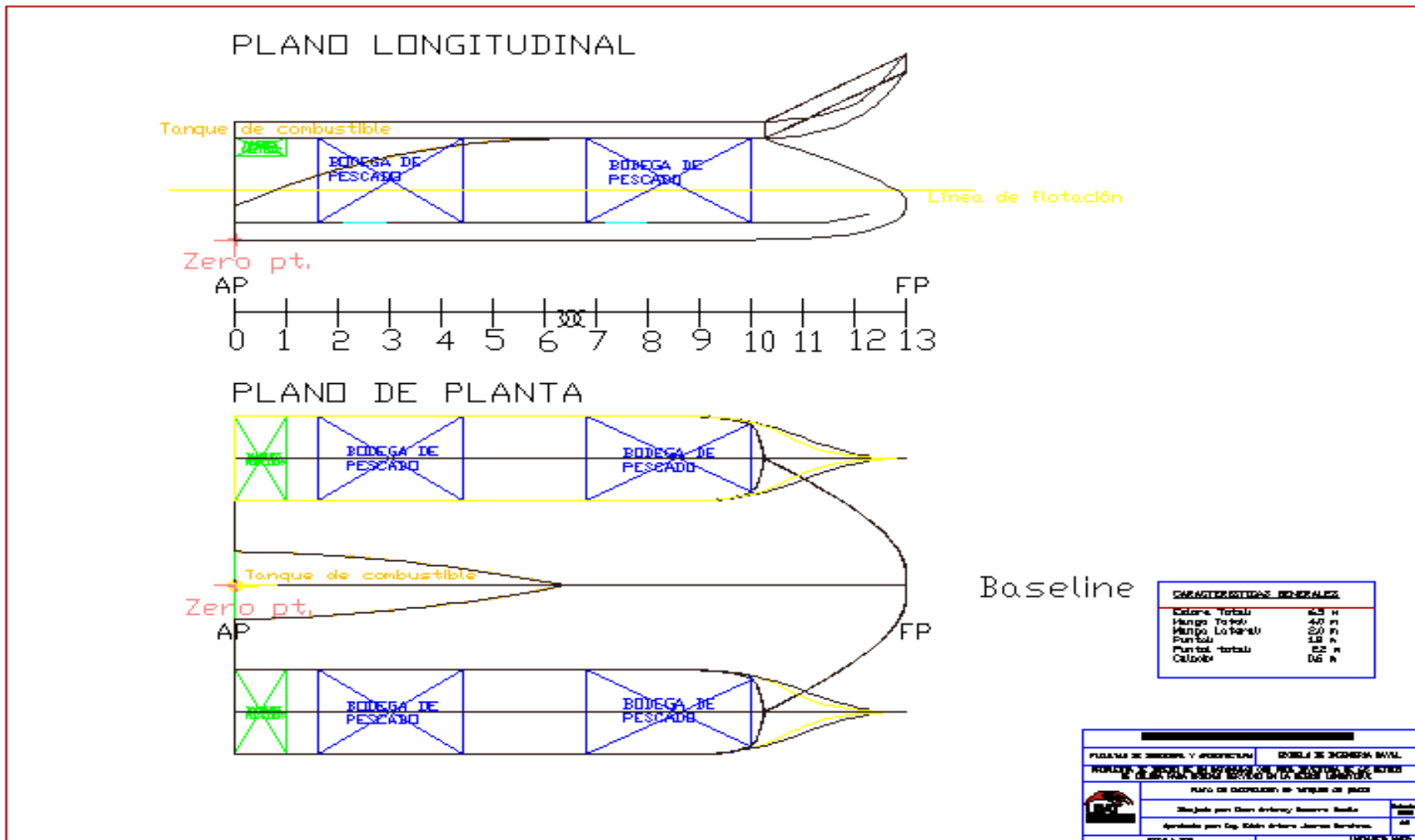
Fuente y elaboración: Max surf

Figura 18: Plano de distribución de tanques del servicio de turismo



Fuente: Max surf  
 Elaboración propia

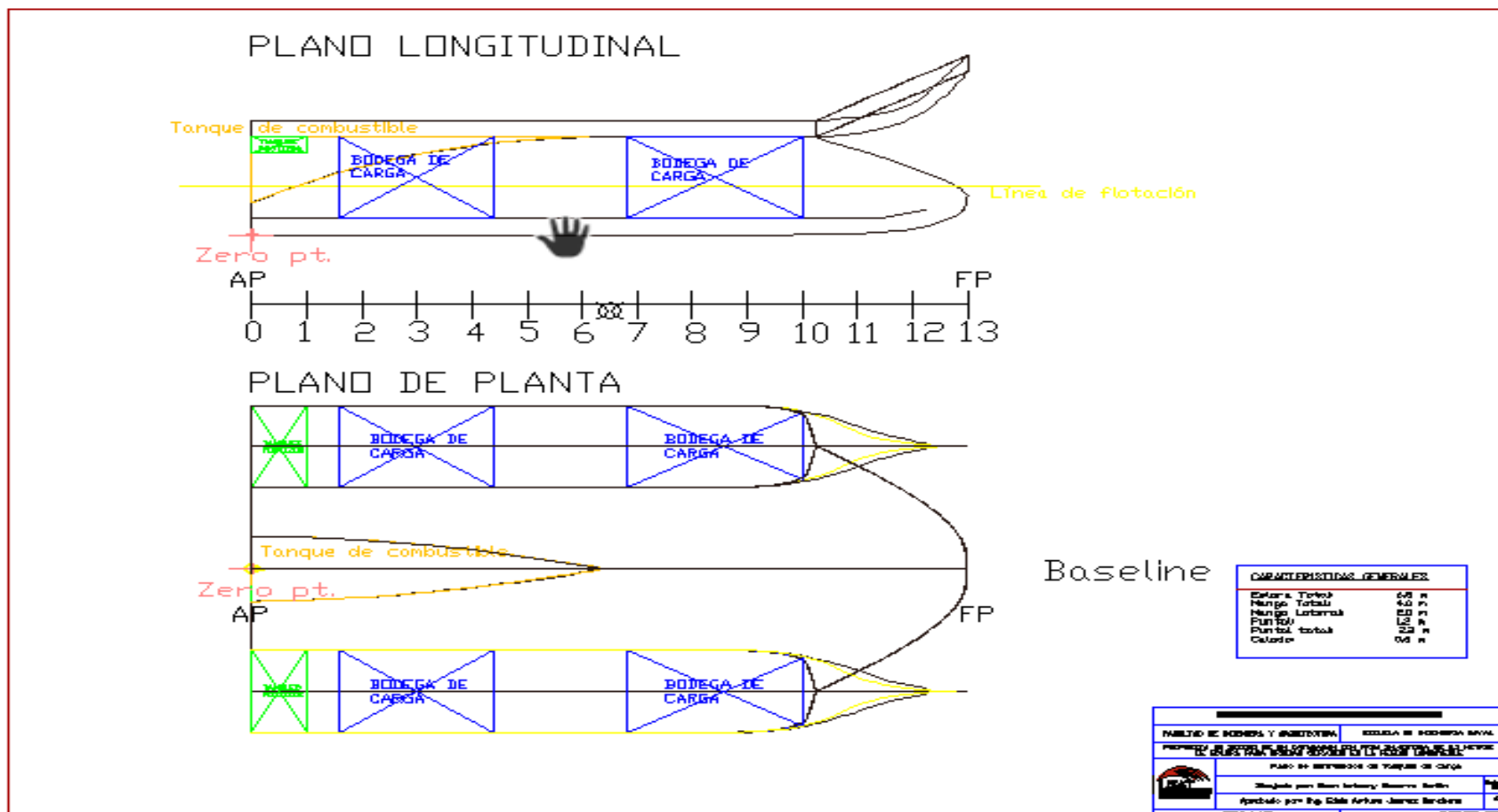
Figura 19: Plano de distribución de tanques del servicio de pesca



Fuente: Max surf  
 Elaboración propia



Figura 20: Plano de distribución de tanques del servicio de carga



Fuente: Max surf  
 Elaboración propia

## 2.5 Escantillonado

El escantillonado ayudara a estimar el peso de la embarcación del casco, cubierta y estructura. Para esto se utilizará los Registros de Clasificación American Bureau of Shipping.

Datos de la embarcación:

- Eslora de escantillonado: 6.3948 m
- Separación de cuadernas: 0.500 m
- Separación de longitudinales de fondo: 0.5 m
- Separación de longitudinales de costado:0.4 m
- Separación de esloras de cubierta:
- Separación de baos:0.5

### 2.5.1 Materiales

#### 2.5.1.1 Espesores y secuencias de laminación

##### Espesores

##### ➤ Costado

El espesor del costado se calculará de la siguiente forma:

$$t = 0.0510 * s * \sqrt[3]{k * h} \quad [19]$$

$$t = 4.937 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Donde:

s = espacio más corto del panel (300 mm). [19]

k = coeficiente según el aspecto del radio (0.028). [19] Anexo 18

h = distancia del panel más bajo a la cubierta principal (1.2 m).  
[19]

#### ➤ Fondo

El espesor del fondo se calcula para embarcaciones con una velocidad menor a 31 nudos de rango planeo. [19]

$$t = 0.0384 * s * \sqrt[3]{k * v} \quad [19]$$

$$t = 5.697 \text{ mm}$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

Donde:

s = distancia más corta del panel (180 mm). [19]

k = coeficiente según el aspecto del radio (0.028). [19] Anexo 18

v = velocidad del catamarán (20 nudos). [19]

#### ➤ Panel Sándwich en fondo

El espesor del sándwich en fondo se calcula con la formula con una velocidad menor o igual a 31 nudos. [19]

$$d = \frac{0.00041 * k_2 * v * s}{u} \quad [19]$$

$$d = 27.763 \text{ mm}$$

$$d = 28 \text{ mm}$$

Donde:

$k_2$  = constante de material de espuma (0.79 mm). [19] Anexo 19

$v$  = velocidad del catamarán (20 nudos). [19]

$s$  = espacio más corto del panel de sándwich (300 mm). [19]

$u$  = esfuerzo cortante del material ( $0.07 \frac{kg}{mm^2}$ ). [19] Anexo 19

### ➤ Quilla

Los espesores de los costados a ambos lados de la charnela y las distancias que estos espesores deben tener, no deben ser inferior a los obtenidos de la siguiente formula. [19]

$$t_1 = 1.5t \quad [19]$$

$$t_1 = 8.25 \text{ mm}$$

$$t_1 = 8 \text{ mm}$$

Donde:

$t$  = espesor del fondo del casco (5.5 mm). [19]

Ahora hallaremos la manga del patín. [19]

$$w = \frac{B}{10} \quad [19]$$

$$w = 0.12 \text{ m}$$

$B$  = manga del buque definido (1.2m)

### ➤ Cubierta

Para el espesor de la cubierta elegiremos la siguiente formula.

$$t = 0.0642 * s * \sqrt[3]{k * c * h} \quad [19]$$

$s$  = Espacio entre baos (500 mm). [19]

$k$  = coeficiente según el aspecto del radio (0.028). [19] Anexo 18

$c$  = coeficiente adimensional para cubiertas en la parte superior de los tanques (0.7). [19]

$h$  = altura (0.888m). [19]

$$h = 0.02 * L_{pp} + 0.76 \quad [19]$$

$$h = 0.888 \text{ m}$$

Entonces hallaremos el espesor de la cubierta

$$t = 0.0642 * s * \sqrt[3]{k * c * h} \quad [19]$$

$$t = 8.319 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

### ➤ Panel Sándwich de cubierta

El espesor del panel sándwich de cubierta se calcula con la siguiente ecuación.

$$d = \frac{0.015 * k_2 * h * s}{u} \quad [19]$$

$$d = 45.098 \text{ mm}$$

$$d = 45 \text{ mm}$$

$k_2$  = Constante material de espuma (0.79 mm). [19] Anexo 19

$h$  = altura (0.888 m). [19]

$s$  = espacio mas corto del panel sándwich (300 mm). [19]

$u$  = esfuerzo córtate del material ( $0.07 \frac{kg}{mm^2}$ ). [19]

➤ **Entrepuentes**

El espesor de los entrepuentes de cubierta se halla de calcula con la siguiente formula:

$$t = 0.0642 * s * \sqrt[3]{k * c * h} \quad [19]$$

$$t = 8.319 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

s = Espacio entre baos (500 mm). [19]

k = coeficiente según el aspecto del radio (0.028). [19] Anexo 18

c = coeficiente adimensional para cubiertas en la parte superior de los tanques (0.7). [19]

h = altura (0.888 m). [19]

➤ **Panel Sándwich de entrepuentes**

El espesor del panel de sándwich de entrepuentes se calcula de la siguiente forma.

$$d = \frac{0.015 * k_2 * h * s}{u} \quad [19]$$

$$d = 30.065 \text{ mm}$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$k_2$  = Constante material de espuma (0.79 mm). [19] Anexo 19

h = altura de cubierta de francobordo expuesta (0.888 m). [19]

s = espacio mas corto del panel sándwich (200 mm). [19]

$u =$  esfuerzo c6rtate del material ( $0.07 \frac{kg}{mm^2}$ ). [19]

### ➤ Refuerzos longitudinales del Fondo

El m3dulo de la secci3n media (SM) y el momento de inercia (I) de cada viga inferior en un recipiente de planeo unidos con los refuerzos longitudinales de fondo para embarcaciones a velocidades menores de 31 nudos, debe ser menor que los resultados siguientes. [19]

$$SM = 4.17 * c * v * s * l^2 \quad [19]$$

$$SM = 10.571 \text{ cm}^3$$

$$SM = 11 \text{ cm}^3$$

$$I = 14.97 * c * v * s * l^3 \quad [19]$$

$$I = 24.667 \text{ cm}^4$$

$$I = 25 \text{ cm}^4$$

$c =$  Constante adimensional (0.60). [19]

$v =$  velocidad. (20 nudos). [19]

$s =$  espacio entre los refuerzos longitudinales. (0.5 m). [19]

$l =$  longitudinal no soportada por el refuerzo longitudinal. (0.65 m). [19]

### ➤ Primeros refuerzos longitudinales del Costado

La secci3n del m3dulo (SM) y el momento de inercia (I), de cada refuerzo longitudinal de costado, no debe ser inferior al resultado encontrado en la siguiente ecuaci3n. [19]

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \quad [19]$$

$$SM = 1.831 \text{ cm}^3$$

$$SM = 2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34.85 * c * h * s * l^3 \quad [19]$$

$$I = 1.778 \text{ cm}^4$$

$$I = 2 \text{ cm}^4$$

$c$  = Constante adimensional (0.9). [19]

$h$  = altura medida en el costado desde el centro del panel soportado por el longitudinal. (0.9 m). [19]

$s$  = espacio entre los refuerzos longitudinales. (0.4m). [19]

$l$  = longitudinal no soportada por el refuerzo longitudinal. (0.54m). [19]

➤ **Segundos refuerzos longitudinales del Costado**

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \quad [19]$$

$$SM = 1.017 \text{ cm}^3$$

$$SM = 1 \text{ cm}^3$$

$$I = 34.85 * c * h * s * l^3 \quad [19]$$

$$I = 0.988 \text{ cm}^4$$

$$I = 1 \text{ cm}^4$$



$c$  = Constante adimensional (0.9). [19]  $h$  = altura medida en el costado desde el centro del panel soportado por el longitudinal. (0.5 m). [19]

$s$  = espacio entre los refuerzos longitudinales. (0.4 m). [19]

$l$  = longitudinal no soportada por el refuerzo longitudinal. (0.54 m). [19]

➤ **Tercer refuerzo longitudinal del Costado**

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \quad [19]$$

$$SM = 0.203 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.2 \text{ cm}^3$$

$$I = 34.85 * c * h * s * l^3 \quad [19]$$

$$I = 0.198 \text{ cm}^4$$

$$I = 0.2 \text{ cm}^4$$

$c$  = Constante adimensional (0.9)

$h$  = altura medida en el costado desde el centro del panel soportado por el longitudinal. (0.1 m)

$s$  = espacio entre los refuerzos longitudinales. (0.4 m)

$l$  = longitudinal no soportada por el refuerzo longitudinal. (0.54 m)

➤ **Baos de cubierta**

La sección del módulo ( $SM$ ) y el momento de inercia ( $I$ ) del bao viene dado de la siguiente manera. [19]

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \quad [19]$$

$$SM = 8.674 \text{ cm}^3$$

$$SM = 9 \text{ cm}^3$$

$$I = 34.85 * c * h * s * l^3 \quad [19]$$

$$I = 18.717 \text{ cm}^4$$

$$I = 19 \text{ cm}^4$$

$c$  = Constante adimensional (0.7). [19]

$h$  = altura medida en el costado desde el centro del panel soportado por el longitudinal. (0.888m). [19]

$s$  = espacio entre los refuerzos longitudinales. (0.5 m). [19]

$l$  = longitudinal no soportada por el refuerzo longitudinal. (1.2 m). [19]

#### ➤ Esloras de cubierta

La sección del módulo (SM) y el momento de inercia (I) de la eslora de la cubierta se calcula con la anterior fórmula. [19]

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \quad [19]$$

$$SM = 0.316 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.3 \text{ cm}^3$$

$$I = 34.85 * c * h * s * l^3 \quad [19]$$

$$I = 0.199 \text{ cm}^4$$

$$I = 0.2 \text{ cm}^4$$

$c$  = Constante adimensional (0.6). [19]

$h$  = altura medida en el costado desde el centro del panel soportado por el longitudinal. (0.888m). [19]

$s$  = espacio entre los refuerzos longitudinales. (0.250 m). [19]

$l$  = longitudinal no soportada por el refuerzo longitudinal. (0.350 m). [19]

➤ **Esloras de entrepuente**

La sección del módulo ( $SM$ ) y el momento de inercia ( $I$ ) de la eslora de la cubierta se calcula con la anterior fórmula. [19]

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \quad [19]$$

$$SM = 0.316 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.3 \text{ cm}^3$$

$$I = 34.85 * c * h * s * l^3 \quad [19]$$

$$I = 0.199 \text{ cm}^4$$

$$I = 0.2 \text{ cm}^4$$

$c$  = Constante adimensional (0.6). [19]

$h$  = altura medida en el costado desde el centro del panel soportado por el longitudinal. (0.888m). [19]

$s$  = espacio entre esloras. (0.250 m). [19]

$l$  = longitudinal no soportada por las esloras. (0.350 m). [19]

➤ **Cuadernas**

La sección del módulo (SM) y el momento de inercia (I) de cuadernas, se calcula con siguiente formula. [19]

$$SM = 19.38 * c * h * s * l^2 \quad [19]$$

$$SM = 0.366 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.4 \text{ cm}^3$$

$$I = 34.85 * c * h * s * l^3 \quad [19]$$

$$I = 0.198 \text{ cm}^4$$

$$I = 0.2 \text{ cm}^4$$

c = Constante adimensional (0.6). [19]

h = altura medida en el costado desde el centro del panel soportado por el longitudinal. (0.7m). [19]

s = espacio entre esloras. (0.5 m). [19]

l = longitudinal no soportada por las esloras. (0.3 m). [19]

## 2.5.2 Secuencia de laminado

### ➤ Costado

El espesor se obtendrá realizando el laminado, para este espesor se tomará en cuenta utilizar 8 capas de recubrimiento.

Tabla 20: Secuencia de laminado de costado

N° Capa	Tipo	Peso de la fibra (gr/m <sup>2</sup> )	Peso Resina (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (t) (mm)
1	MAT 300	300	750	0.626
2	MAT 300	300	750	0.626
3	WR 500	500	440	0.73
4	MAT 300	300	750	0.626
5	WR 500	500	440	0.73
6	MAT 300	300	750	0.626
7	MAT 300	300	750	0.626
8	MAT 300	300	750	0.626
Espesor del laminado				5.216
				5 mm

Fuente. [19]

Elaboración propia

➤ **Fondo**

Según el reglamento el espesor de fondo con el laminado no debe ser inferior al valor obtenido anteriormente, para el espesor de fondo se colocará 7 capas.

Tabla 21: Secuencia de laminado del fondo

N° Capa	Tipo	Peso de la fibra (gr/m <sup>2</sup> )	Peso Resina (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (t) (mm)
1	MAT 300	300	750	0.626
2	MAT 300	300	750	0.626
3	WR 500	500	440	0.73
4	MAT 300	300	750	0.626
5	WR 500	500	440	0.73
6	MAT 300	300	750	0.626
7	MAT 300	300	750	0.626
8	MAT 300	300	750	0.626
9	MAT 300	300	750	0.626
Espesor del laminado				5.842
				6 mm

Fuente. [19]

Elaboración propia

### ➤ Quilla

Según el reglamento el espesor de la quilla con el laminado no debe ser inferior al valor obtenido anteriormente, para el espesor de la quilla se colocará 11 capas.

Tabla 22: Secuencia de laminado de la quilla

N° Capa	Tipo	Peso de la fibra (gr/m <sup>2</sup> )	Peso Resina (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (t) (mm)
1	MAT 300	300	750	0.626
2	MAT 300	300	750	0.626
3	WR 500	500	440	0.73
4	MAT 300	300	750	0.626
5	WR 500	500	440	0.73
6	MAT 300	300	750	0.626
7	MAT 300	300	750	0.626
8	MAT 300	300	750	0.626
9	MAT 300	300	750	0.626
10	WR 500	500	440	0.73
11	MAT 300	300	750	0.626
12	WR 500	500	440	0.73

13	MAT 300	300	750	0.626
14	MAT 300	300	750	0.626
Espesor del laminado				9.18 9 mm

Fuente. [19]

Elaboración propia

### ➤ **Cubierta**

Según el reglamento el espesor de la cubierta con el laminado no debe ser inferior al valor obtenido anteriormente, para el espesor de la cubierta se colocará 10 capas.

Tabla 23: Secuencia de laminado de cubierta

N° Capa	Tipo	Peso de la fibra (gr/m <sup>2</sup> )	Peso Resina (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (t) (mm)
1	MAT 300	300	750	0.626
2	MAT 300	300	750	0.626
3	MAT 300	300	750	0.626
4	WR 500	500	440	0.73
5	MAT 300	300	750	0.626
6	MAT 300	300	750	0.626
7	MAT 300	300	750	0.626
8	WR 500	500	440	0.73



9	MAT 300	300	750	0.626
10	MAT 300	300	750	0.626
11	WR 500	500	440	0.73
12	MAT 300	300	750	0.626
13	MAT 300	300	750	0.626
Espesor del laminado				8.45
				8 mm

Fuente. [19]

Elaboración propia

### ➤ Entrepunte

Según el reglamento el espesor del entrepunte con el laminado no debe ser inferior al valor obtenido anteriormente, para el espesor del entrepunte se colocará 10 capas.

Tabla 24: Secuencia de laminado de entrepunte

N° Capa	Tipo	Peso de la fibra (gr/m <sup>2</sup> )	Peso Resina (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (t) (mm)
1	MAT 300	300	750	0.626
2	MAT 300	300	750	0.626
3	MAT 300	300	750	0.626
4	WR 500	500	440	0.73
5	MAT 300	300	750	0.626

6	MAT 300	300	750	0.626
7	MAT 300	300	750	0.626
8	WR 500	500	440	0.73
9	MAT 300	300	750	0.626
10	MAT 300	300	750	0.626
11	WR 500	500	440	0.73
12	MAT 300	300	750	0.626
13	MAT 300	300	750	0.626
Espesor del laminado				8.45

Fuente. [19]

Elaboración propia

### 2.5.2.1 Cálculo de los pesos de la embarcación

Con los espesores ya determinados, según el reglamento que se sigue para el escantillonado, se debe tener en cuenta lo siguiente:

0.25 mm \* 100 gr de resina+ mat

0.16 mm \* 100 gr de resina + woven roving

Entonces tenemos lo siguiente:

Tabla 25: Peso total del casco

Mat + roving + resina	Peso casco	Area mojada	Peso	Peso	Peso	
		(m <sup>2</sup> )	(gr)	(kg)	(Tn)	
	14900	82.986143	1236493.5	1236.493529	1.23649353	
Costado	Espesor	Densidad	Pesco costado	Área mojada	Peso	Peso
	D <sub>1</sub> (m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(m <sup>2</sup> )	Kg	TN
Espuma PVC	0.01304	80	1.0432	62.1149907	64.7983583	0.06479836
Fondo	Espesor	Densidad	Peso fondo	Área mojada	Peso	Peso
	D <sub>1</sub> (m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(m <sup>2</sup> )	Kg	TN
Espuma PVC	0.014605	80	1.1684	12.0041799	14.0256838	0.01402568
Cubierta	Espesor	Densidad	Peso cubierto	Área mojada	Peso	Peso
	D <sub>1</sub> (m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(m <sup>2</sup> )	Kg	TN
Espuma PVC	0.021125	80	1.69	41.3375504	69.8604602	0.06986046
Entrepunte	Espesor	Densidad	Peso entrepunte	Área mojada	Peso	Peso
	D <sub>1</sub> (m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(m <sup>2</sup> )	Kg	TN
Espuma PVC	0.021125	80	1.69	32.4705781	54.875277	0.05487528

Laminado interior	Espesor	Densidad	Peso entrepuente	Área mojada	Peso	Peso
	T1(m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg)	(m <sup>2</sup> )	Kg	TN
Mat + roving + resina	0.00168	80	0.1344	8.5697	1.15176768	0.00115177
Peso total del caso						1.44
Peso cuadernas + baos + refuerzos						0.55
Peso total del caso						1.98

Fuente. [19]

Elaboración propia

### 2.5.3 Cálculo de la resistencia total del catamarán

La importancia de cada casco en correspondencia a la resistencia del catamarán depende de la geometría de esta; además se debe tener en cuenta la velocidad del viento y dirección, el estado del mar, la velocidad de navegación y las corrientes. [12]

La resistencia total es la suma de los componentes que se oponen al avance de la embarcación. [12]

Para hallar la resistencia total del catamarán se aplicará la siguiente formula. [12]

$$R_{Tcat} = 2 * R_{BH} + R_{Icat} + R_{AP} + R_{AA} + R_w \quad [12]$$

Donde:

$R_{BH}$ = Resistencia del casco liso. [12]

$R_{Icat}$ = Resistencia a las interferencias del casco del catamarán. [12]

$R_{AP}$ = Resistencia por apéndices. [12]

$R_{AA}$ = Resistencia aérea. [12]

$R_w$ = Resistencia de olas. [12]

➤ **Resistencia del casco liso**

$$R_{BHcat} = R_{Wcat} + (1 + k) * R_{F0} \quad [12]$$

$$R_{BHcat} = 4.669 \text{ kN}$$

➤ **Resistencia a las interferencias del casco del catamarán**

$$R_{Icat} = R_{Wcat} + 2 * R_{Rmon} \quad [12]$$

$$R_{Icat} = -9.321 \text{ kN}$$

➤ **Resistencia por apéndices**

$$R_{Ap} = \frac{1}{2} + \rho * V^2 * S_{AP} * (1 + k_2) * C_{F0} \quad [12]$$

$$R_{Ap} = 0 \text{ kN}$$

➤ **Resistencia aérea**

$$R_{AA} = \frac{1}{2} + \rho_A * V_R^2 * A_V * C_{AA} \quad [12]$$

$$R_{AA} = 0.114 \text{ kN}$$

➤ **Resistencia de olas**

$$R_W = C_{Wcat} \frac{1}{2} + \rho * V^2 * S \quad [12]$$

$$R_W = 2.623 \text{ kN}$$

Al tener los valores de cada resistencia podremos calcular la resistencia total al avance

$$R_{Tcat} = 2 * R_{BH} + R_{Icat} + R_{AP} + R_{AA} + R_W \quad [12]$$

$$R_{Tcat} = 7.522 \text{ kN}$$

Para más detalles ver los Anexos.

#### 2.5.4 Cálculo de la potencia del catamarán

Como toda embarcación se necesitará un motor el cual servirá para la propulsión del catamarán, esta potencia requerida se obtendrá gracias a los cálculos anteriores de la resistencia total.

Primero se realizará el cálculo de la potencia de remolque.

$$EHP = v * R_{Tcat} \quad [10]$$

$$EHP = 10.2889 * 7.522$$

$$EHP = 77.393 \text{ kW}$$

Ahora con ese resultado podremos determinar la potencia propulsora requerida.

$$BHP = 1.15 * EHP \quad [10]$$

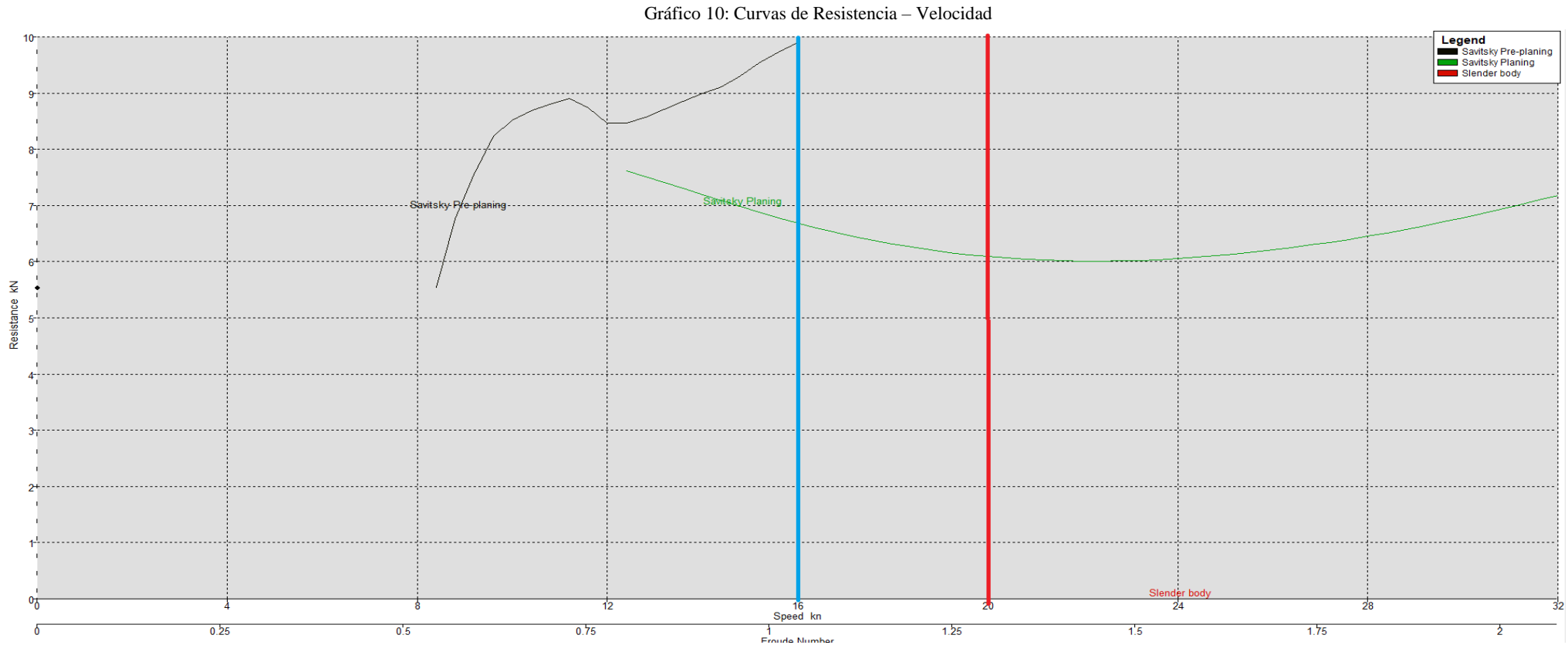
$$BHP = 1.15 * 77.393$$

$$BHP = 89.002 \text{ kW}$$

## 2.6 Determinación de la resistencia y potencia del catamarán mediante software

Se realizará en el software Max Surf el cálculo de la resistencia y potencia del catamarán diseñado.

Para este cálculo debemos tener la velocidad en nudos y el programa genera el número de Froude, para los demás valores los dejaremos como el programa los da por defecto.



Fuente y elaboración: Max surf

Además se utilizarán métodos los métodos de Savitsky y Slender Body para poder calcular la resistencia al avance de cada casco y la potencia que necesitara el catamarán para elegir el motor.

Para el cálculo de la resistencia - velocidad, vamos a utilizar los métodos Analítico para Catamaranes (Slender Body), Método de Savitsky Pre-Planing y el Método Savitsky Planing, observaremos los siguientes resultados:

➤ **Velocidad 16 nudos**

Tabla 26: Velocidad - Resistencia a 16 nudos

Método	Velocidad	Resistencia
Slender Body	16 nudos	- kN
Savitsky Pre- Planing	16 nudos	9.9 kN
Savitsky Planing	16 nudos	6.7 kN

Fuente: Max surf  
Elaboración propia

➤ **Velocidad a 20 nudos**

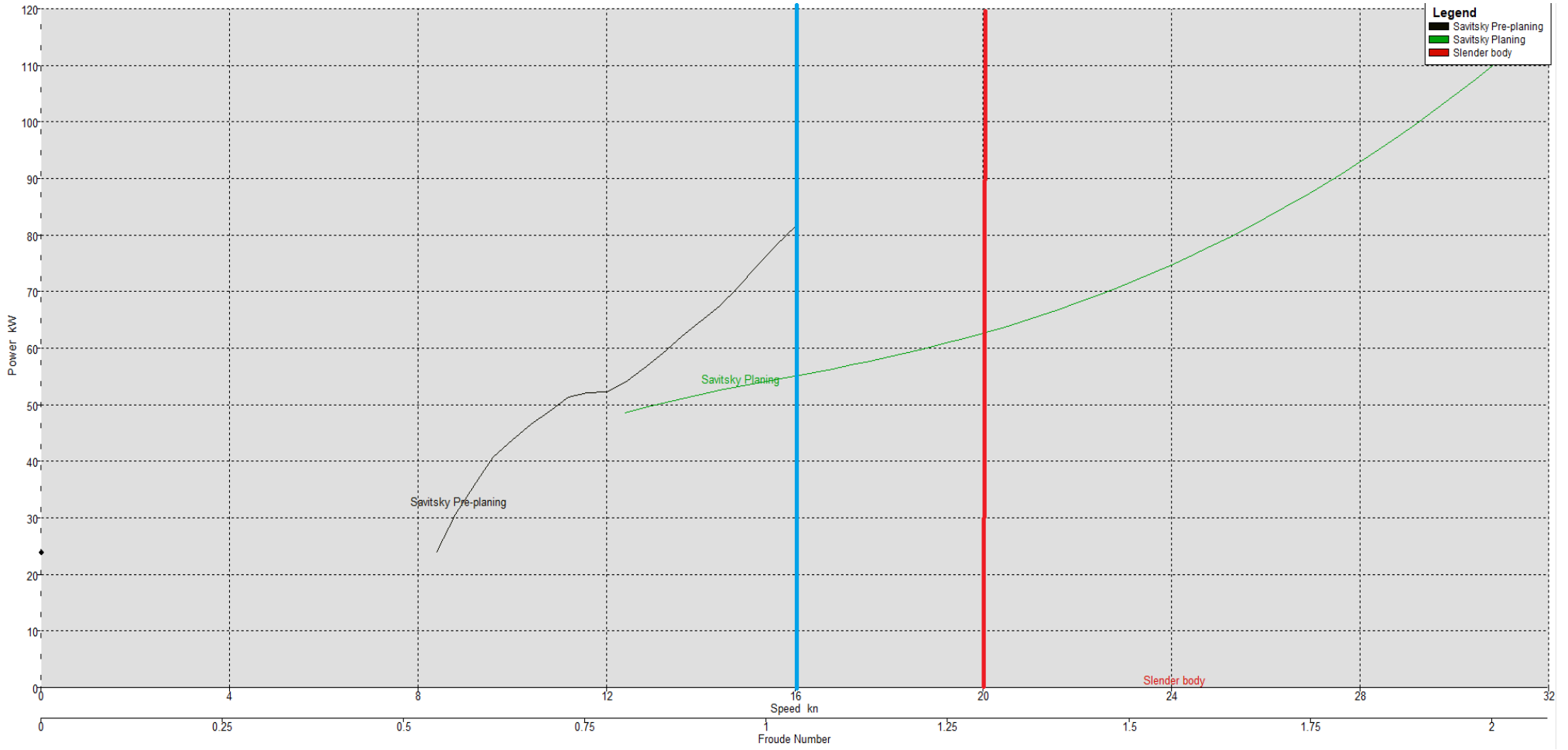
Tabla 27: Velocidad - Resistencia a 20 nudos

Método	Velocidad	Resistencia
Slender Body	20 nudos	- kN
Savitsky Pre- Planing	20 nudos	- kN
Savitsky Planing	20 nudos	6.1 kN

Fuente: Max surf  
Elaboración propia



Tabla 28: Curvas de Potencia – Velocidad



Fuente y elaboración: Max surf

Para el cálculo de la potencia - velocidad, vamos a utilizar los métodos Analítico para Catamaranes (Slender Body), Método de Savitsky Pre-Planing y el Método Savitsky Planing, observaremos los siguientes resultados:

➤ **Velocidad 16 nudos**

Tabla 29: Velocidad - Potencia a 16 nudos

Método	Velocidad	Potencia
Slender Body	16 nudos	- kW
Savitsky Pre- Planing	16 nudos	81.494 kW
Savitsky Planing	16 nudos	55.067 kW

Fuente: Max surf

Elaboración propia

➤ **Velocidad a 20 nudos**

Tabla 30: Velocidad - Potencia a 20 nudos

Método	Velocidad	Potencia
Slender Body	20 nudos	- kW
Savitsky Pre- Planing	20 nudos	- kW
Savitsky Planing	20 nudos	62.662 kW

Fuente: Max surf

Elaboración propia

Tabla 31: Resultados de los gráficos Potencia-Velocidad y Resistencia-Velocidad

Velocidad (kn)	Numero de Froude (LWL)	Numero de Froude (Vol.)	Savitsky Pre-Planing (kN)		Savitsky Planing		Slender Body	
			Resistencia (kN)	Power (kW)	Resistencia (kN)	Power (kW)	Resistencia (kN)	Power (kW)
0	0	0	--	--	--	--	--	--
0.8	0.052	0.099	--	--	--	--	--	--
1.6	0.104	0.198	--	--	--	--	--	--
2.4	0.156	0.297	--	--	--	--	--	--
3.2	0.208	0.396	--	--	--	--	--	--
4	0.26	0.496	--	--	--	--	--	--
4.8	0.312	0.595	--	--	--	--	--	--
5.6	0.364	0.694	--	--	--	--	--	--
6.4	0.416	0.793	--	--	--	--	--	--
7.2	0.468	0.892	--	--	--	--	--	--
8	0.52	0.991	--	--	--	--	--	--
8.8	0.572	1.09	6.8	30.622	--	--	--	--
9.6	0.624	1.189	8.2	40.686	--	--	--	--
10.4	0.676	1.288	8.7	46.499	--	--	--	--
11.2	0.728	1.388	8.9	51.323	--	--	--	--
12	0.78	1.487	8.5	52.235	--	--	--	--
12.8	0.832	1.586	8.6	56.423	7.5	49.479	--	--
13.6	0.883	1.685	8.9	61.978	7.3	51.096	--	--
14.4	0.935	1.784	9.1	67.484	7.1	52.504	--	--
15.2	0.987	1.883	9.5	74.597	6.9	53.801	--	--
16	1.039	1.982	9.9	81.494	6.7	55.067	--	--
16.8	1.091	2.081	--	--	6.5	56.363	--	--
17.6	1.143	2.18	--	--	6.4	57.737	--	--
18.4	1.195	2.279	--	--	6.3	59.227	--	--
19.2	1.247	2.379	--	--	6.2	60.86	--	--
20	1.299	2.478	--	--	6.1	62.662	--	--
20.8	1.351	2.577	--	--	6	64.65	--	--
21.6	1.403	2.676	--	--	6	66.84	--	--
22.4	1.455	2.775	--	--	6	69.247	--	--
23.2	1.507	2.874	--	--	6	71.88	--	--
24	1.559	2.973	--	--	6.1	74.751	--	--
24.8	1.611	3.072	--	--	6.1	77.869	--	--
25.6	1.663	3.171	--	--	6.2	81.241	--	--
26.4	1.715	3.271	--	--	6.2	84.875	--	--
27.2	1.767	3.37	--	--	6.3	88.779	--	--

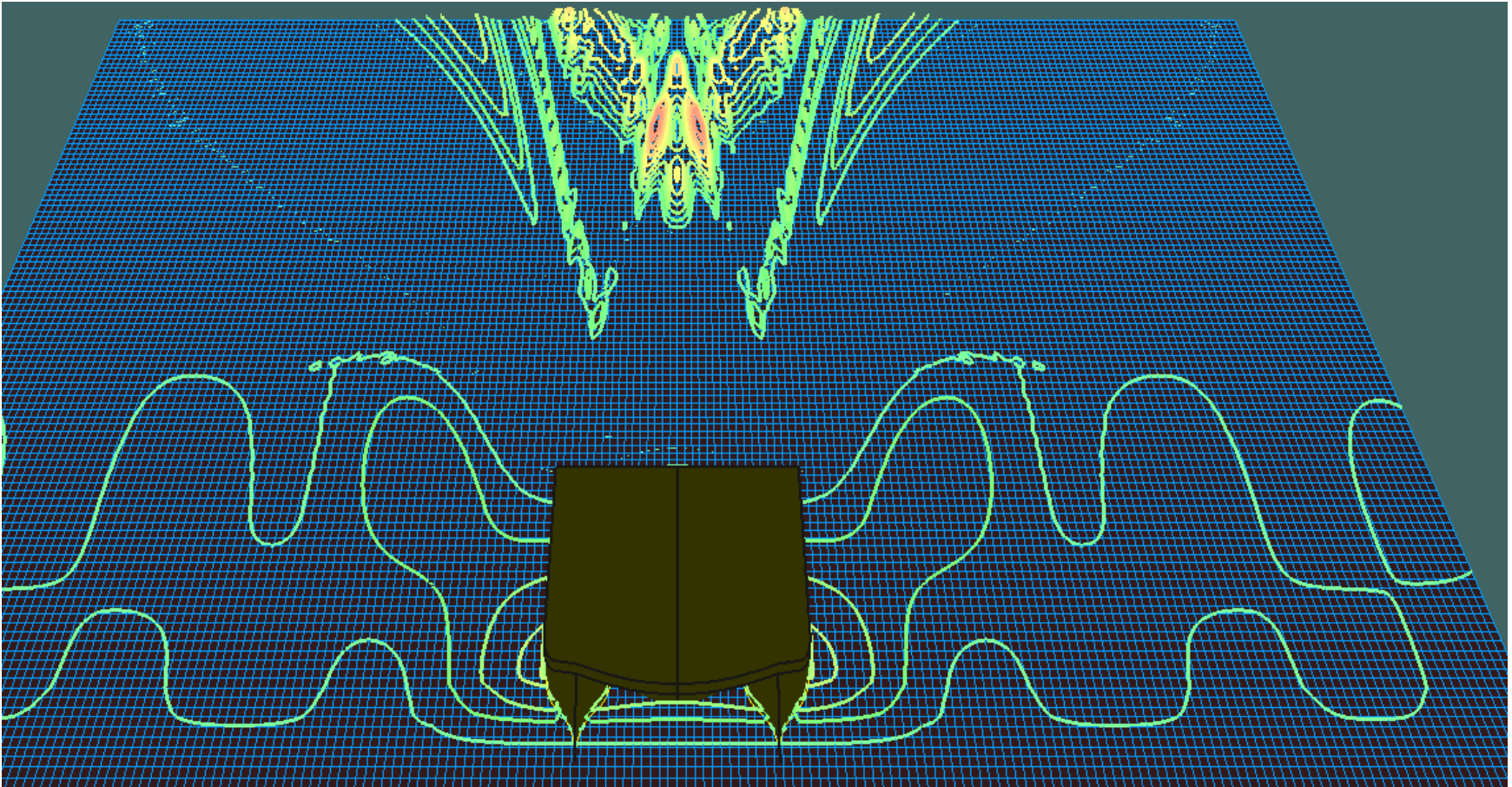
28	1.819	3.469	--	--	6.5	92.96	--	--
28.8	1.871	3.568	--	--	6.6	97.423	--	--
29.6	1.923	3.667	--	--	6.7	102.177	--	--
30.4	1.975	3.766	--	--	6.9	107.226	--	--
31.2	2.027	3.865	--	--	7	112.577	--	--
32	2.079	3.964	--	--	7.2	118.236	--	--

Fuente: Max surf  
Elaboración propia

Con los resultados obtenidos a través del software concluimos que la embarcación al ser de Régimen de Planeo, con el método de Savitsky Planing, a 20 nudos la resistencia al avance que presenta la embarcación es de 6.1 kN y su potencia será de 62.662 kW.

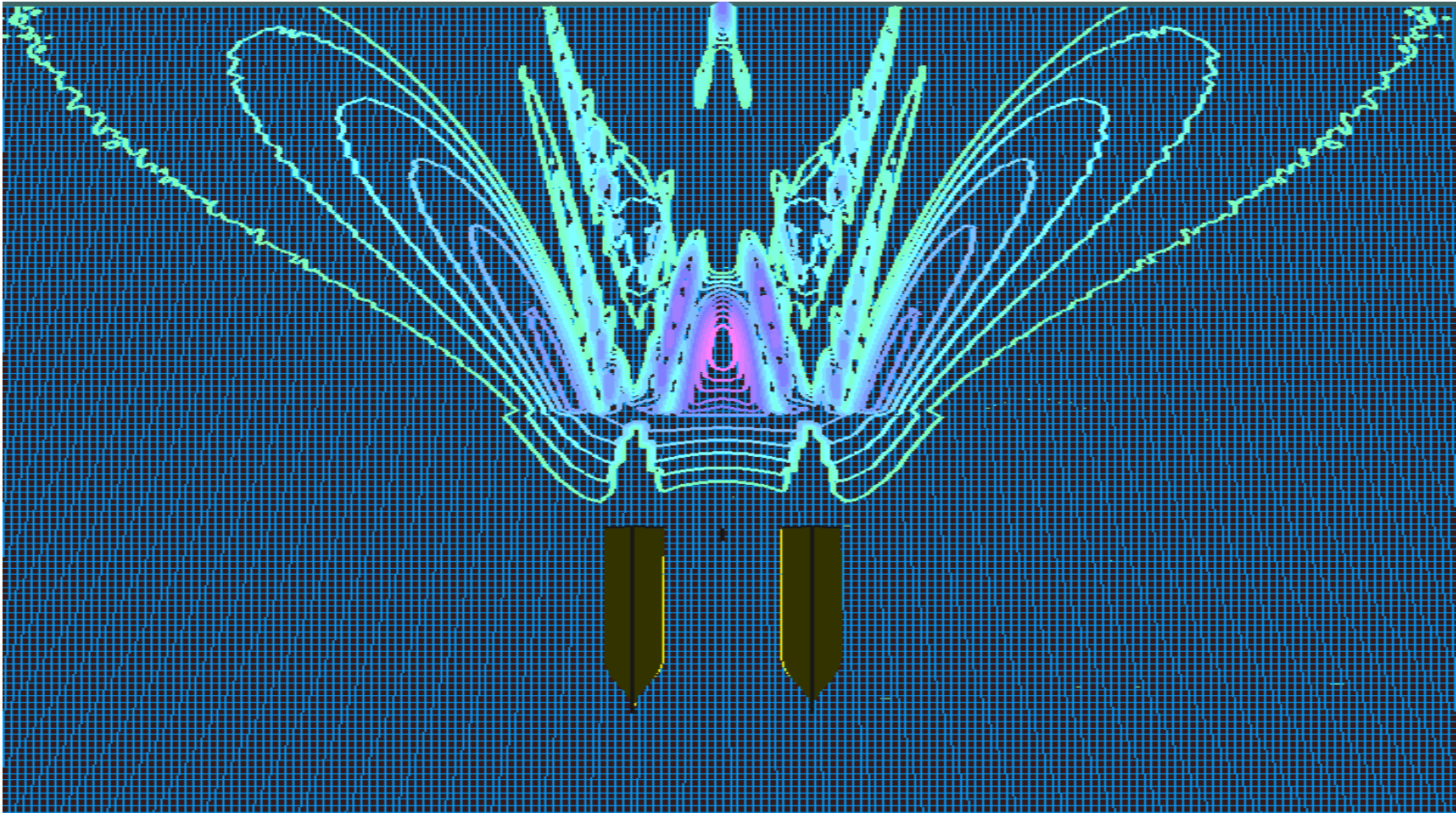
En las siguientes imágenes se mostrará la simulación de olas del catamarán en 3D en el programa Max Surf.

Figura 21: Simulación de olas del catamarán a una velocidad de 16 nudos.



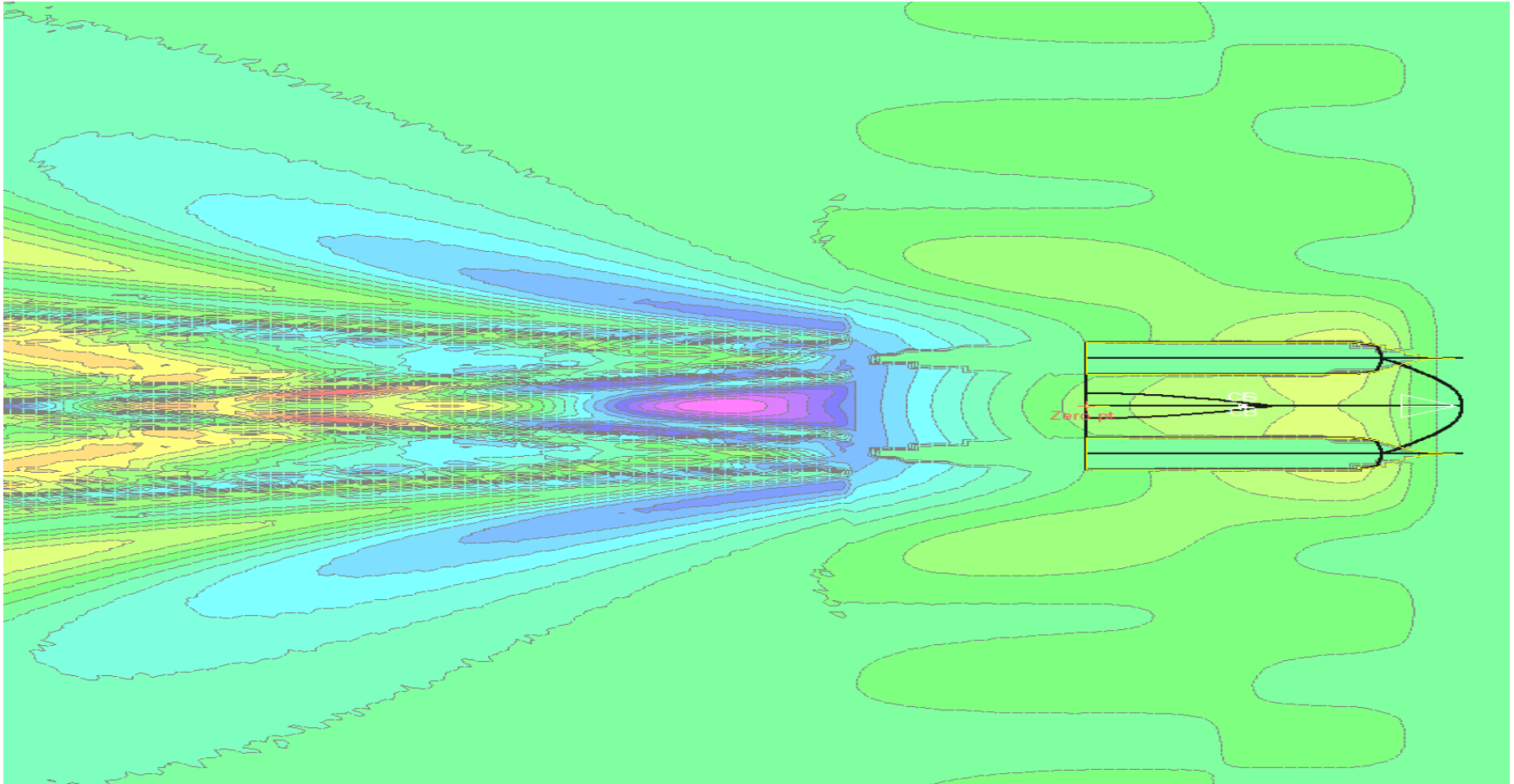
Fuente y elaboración: Max surf

Figura 22: Simulación de olas a una velocidad de 16 nudos – Vista bajo la Línea de Flotación



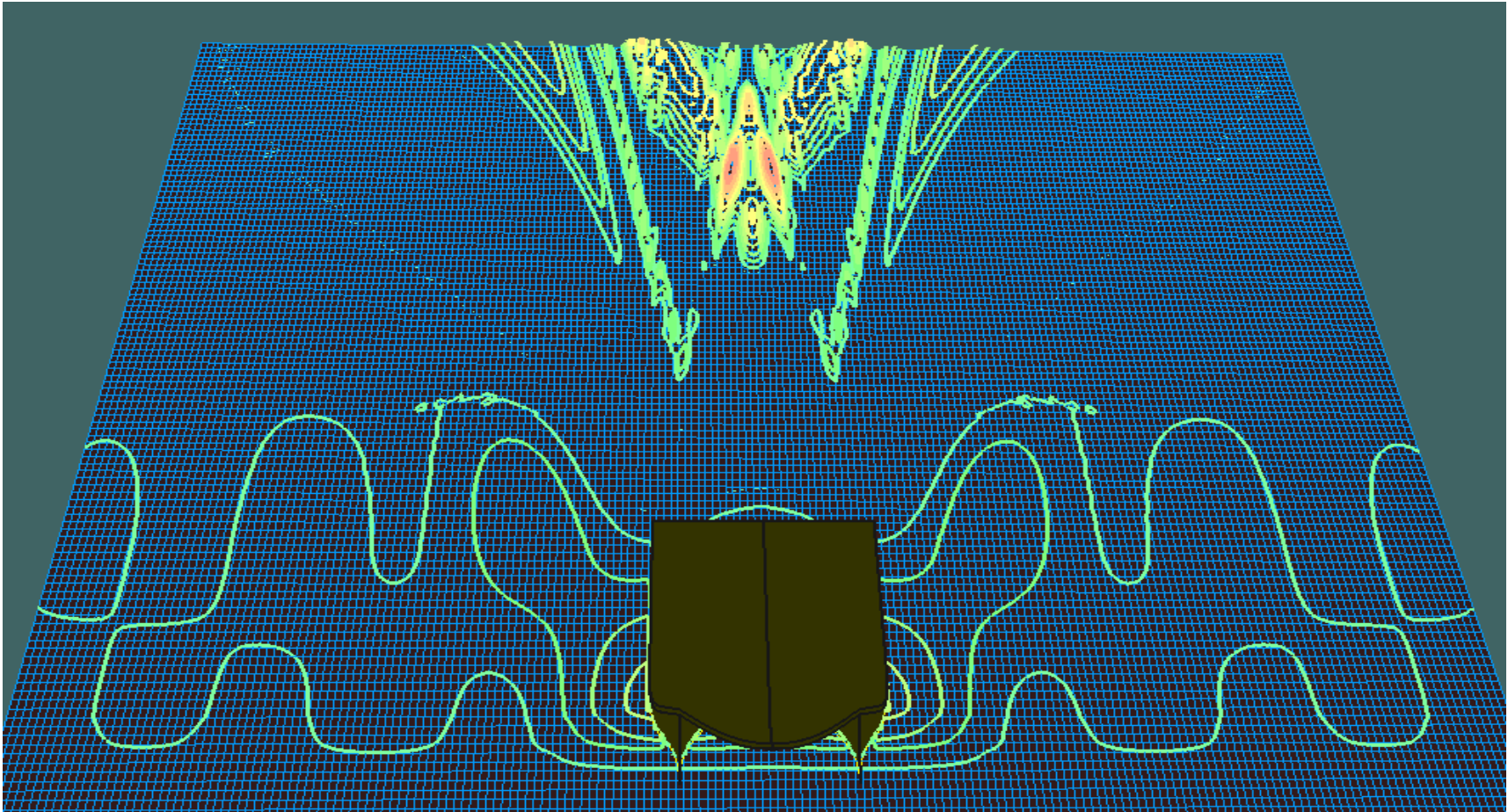
Fuente y elaboración: Max surf

Figura 23: Simulación de olas a una velocidad de 16 nudos – Vista en Planta



Fuente y elaboración: Max surf

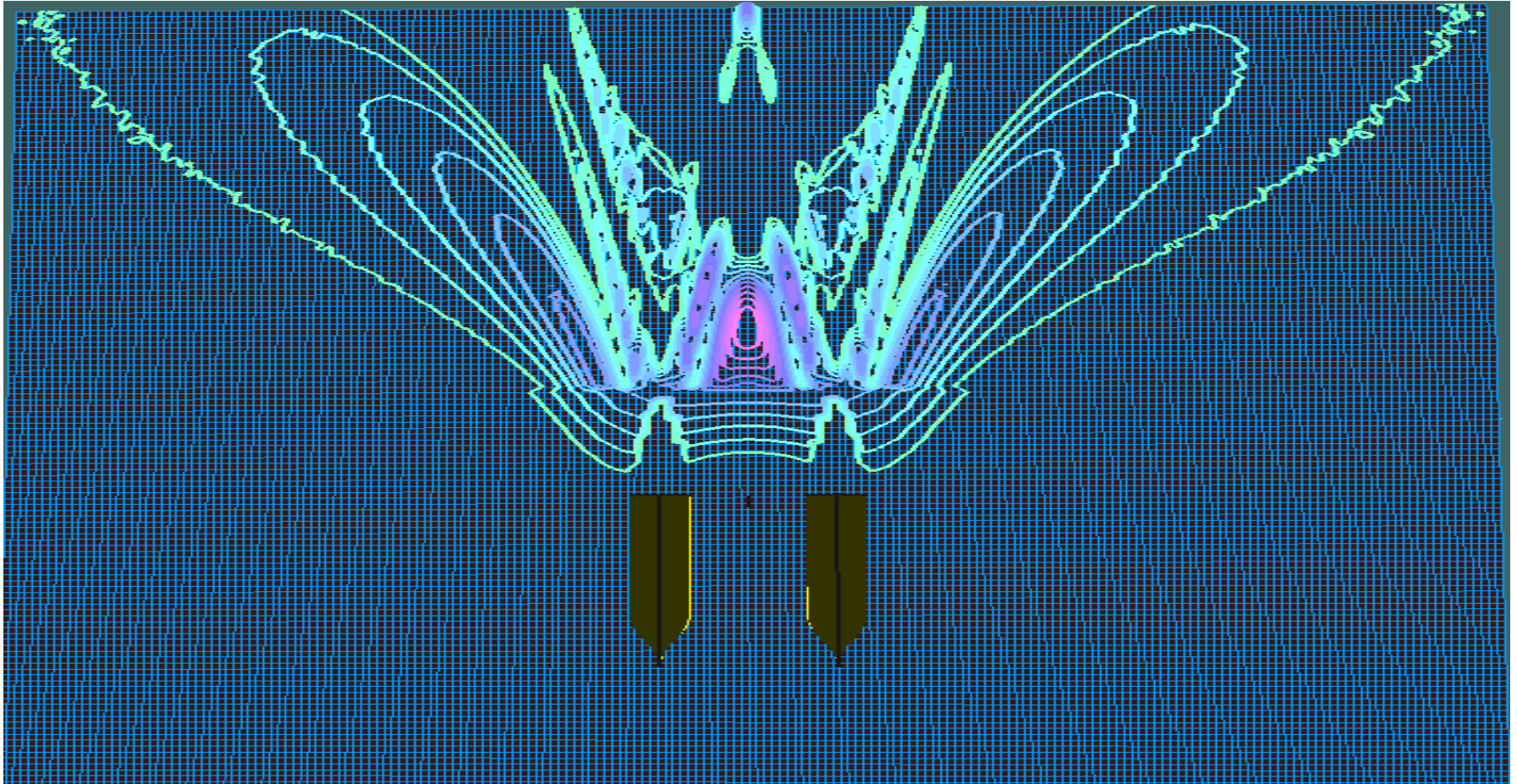
Figura 24: Simulación de olas del catamarán a una velocidad de 20 nudos.



Fuente y elaboración: Max surf

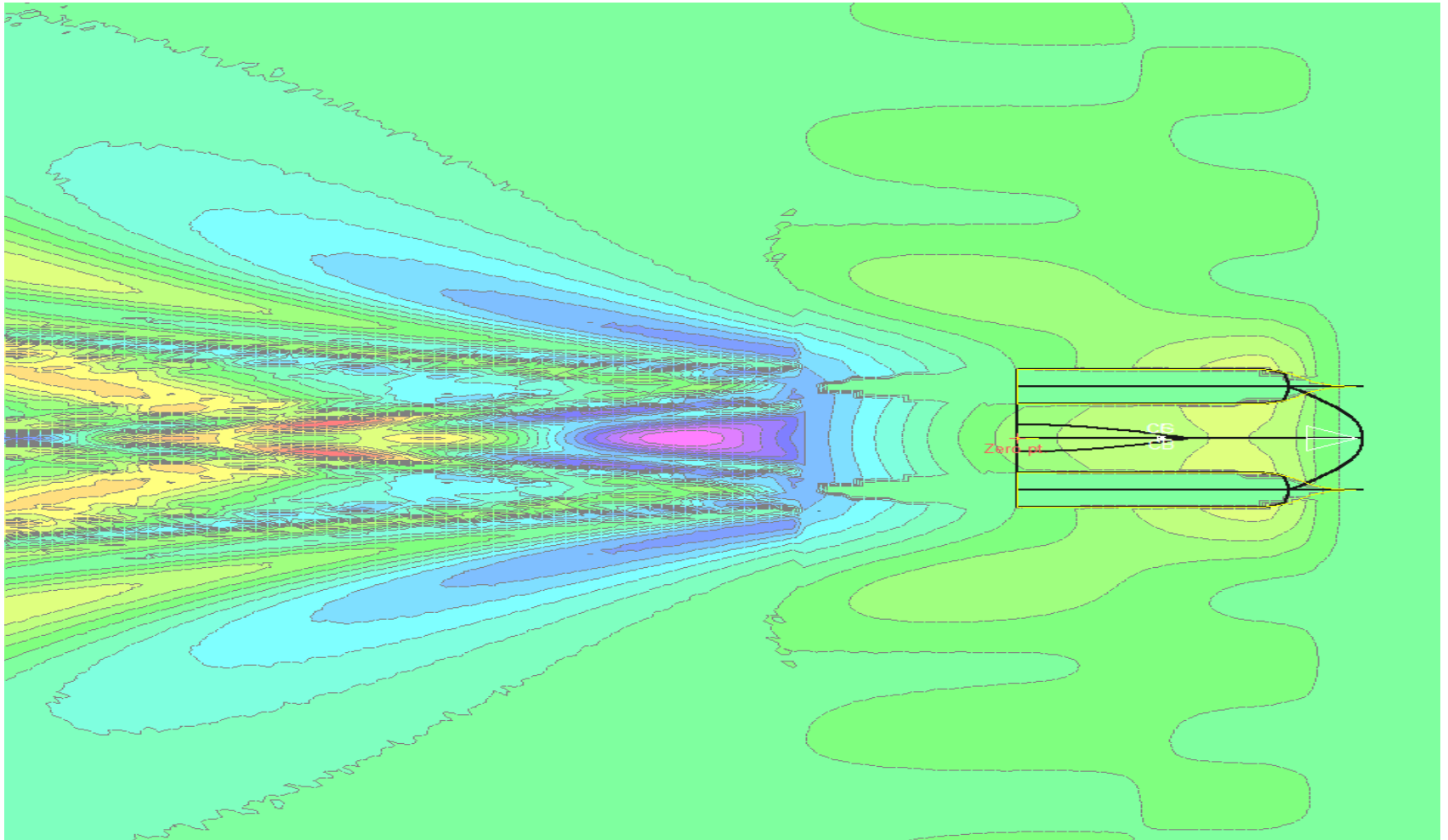


Figura 25: Simulación de olas a una velocidad de 20 nudos – Vista bajo la Línea de Flotación



Fuente y elaboración: Max surf

Figura 26: Simulación de olas a una velocidad de 20 nudos – Vista en Planta



Fuente y elaboración: Max surf

## 2.7 Selección del motor

Una vez obtenido la potencia en el programa, se procede a elegir el motor de acuerdo. Se determinó que para una velocidad de 20 nudos se requiere un motor de 62.662 kW o de 84.031 Hp, para este proyecto se elegirá un motor fuera de borda de 100 Hp.

La velocidad optada para este diseño no siempre es recomendable, se eligió 20 nudos para poder analizar si la proa invertida podría influir en la embarcación, la velocidad recomendable es menor a 16 nudos.

Tabla 32: Datos generales del motor

<b>Modelo: f100fetl</b>
Características:
Tipo: 4 Cilindros en línea, 4T, Refrigerado por agua, DOHC, 16 Válvulas
Cilindrada: 1596cc
Diámetro x carrera: 79 x 81,4mm
Relación de compresión: 8,9:1
Régimen Máximo: 6000 rpm
Régimen Mínimo: 850 rpm
Sistema de Lubricación: Carter húmedo, 4,3 Lt
Aceite: Yamalube 10W-30, 10W-40 API: SE, SF, SG, SH, SJ
Alimentación: Carburador
Alternador: 12V-25Amp (8Amp a 550rpm - 20 Amp a 1000rpm)
Encendido: CDI (Micro - computadora)
Avance de encendido: TDC ~ BTDC 25° (Microcomputadora)
Cebador: Electrónico
Arranque Eléctrico: LFR5A-11
Ángulo de giro: 30° En cada dirección
Trim: Eléctrico
Transmisión: F-N-R



Fuente y elaboración:  
<https://www.nautica.com.uy/motor-fuera-de-borda-yamaha-100hp-4-tiempos>

Fuente y elaboración: <https://www.nautica.com.uy/motor-fuera-de-borda-yamaha-100hp-4-tiempos>

## 2.8 Sistemas eléctricos

El sistema eléctrico estará compuesto por luces de iluminación, de emergencia e instrumentos para navegación.

Los sistemas eléctricos estarán alimentados por medio de baterías, el sistema de emergencia e instrumentos para navegación, estarán alimentados por baterías con la capacidad para alimentar los equipos las luces de emergencia por un tiempo máximo de 6 horas.

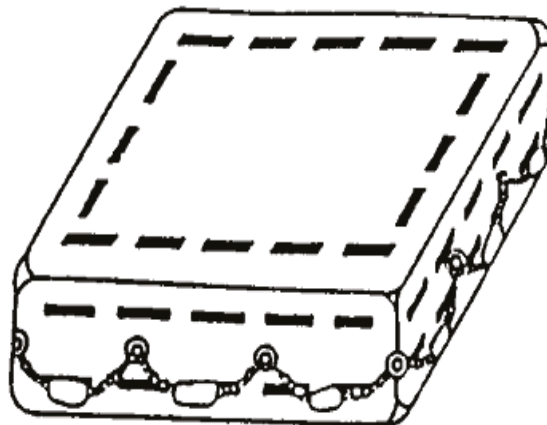
## 2.9 Dispositivos de salvamento

### 2.9.1 Definiciones

#### ➤ Aparato flotante

Son equipos de flotación (que no sean botes, chalecos salvavidas, aros y balsas), su función es sostener a las personas que se encuentran en el agua ante cualquier accidente, su construcción es de tal forma que no pierda sus propiedades ni forma. [20]

Figura 27. Aparato flotante



Fuente: [20]

➤ **Puesta a flote por zafa automática**

Es un método de supervivencia, el cual se suelta automáticamente de la embarcación cuando se está hundiendo. [20]

➤ **Dispositivo inflable**

Es un dispositivo de supervivencia, el cual flota a través de cámaras que no pueden ser dobladas, estas están llenas de gas, generalmente se guardan desinfladas, cuando se necesita ante una emergencia ahí se inflan. [20]

➤ **Dispositivo de puesta a flote**

Es un dispositivo el cual se traslada sin riesgos una embarcación de supervivencia desde su puesto de estiba al agua. [20]

➤ **Dispositivo de salvamento**

Es un sistema de salvamento innovador, este dispositivo cuenta con características renovadas a las mencionadas anteriormente, su grado de seguridad es igual hasta mayor. [20]

➤ **Dispositivo flotante individual**

Es un dispositivo de flotación la cual su función es para mantener a flote a una persona sin impedir que realice funciones. [20]

➤ **Realización de pruebas durante la fabricación**

La autoridad portuaria competente debería verificar que los medios de salvación y los dispositivos al momento de fabricarlas, estas ante una prueba realicen la función que la norma rige. [20]

➤ **Número y tipos de embarcaciones de supervivencia**

Todas las embarcaciones deberían contar con al menos de una balsa salvavidas, y deben contar con la capacidad de dar cavidad, al número de personas que se encuentren a bordo. [20]

La autoridad portuaria competente, conociendo la zona de navegación, las condiciones de operación y dimensiones de la embarcación, dispondrá si la embarcación necesita de otros dispositivos de supervivencia de las embarcaciones, las condiciones de operación y sus dimensiones, podrá permitir que lleven otros tipos de embarcaciones de supervivencia; además la autoridad portuaria competente debe considerar las condiciones meteorológicas y la zona de navegación de la embarcación, esto permitirá ver si se podrá llevar una balsa salvavidas o un dispositivo flotante. [20]

➤ **Disponibilidad y estiba de las embarcaciones de supervivencia**

Las embarcaciones de supervivencia deben contar con las siguientes condiciones. [20]

- a. Estar inmediatamente disponibles en caso de emergencia. [20]
- b. Poder ser puestas a flote con seguridad y rapidez. [20]
- c. Ir estibadas de modo que:

No impidan la concentración de personas en la cubierta de embarco. [20]

No se vea impedido su manejo inmediato. [20]

Se pueda efectuar el embarco rápida y ordenadamente. [20]

No se dificulte la utilización de ninguna otra embarcación de supervivencia. [20]

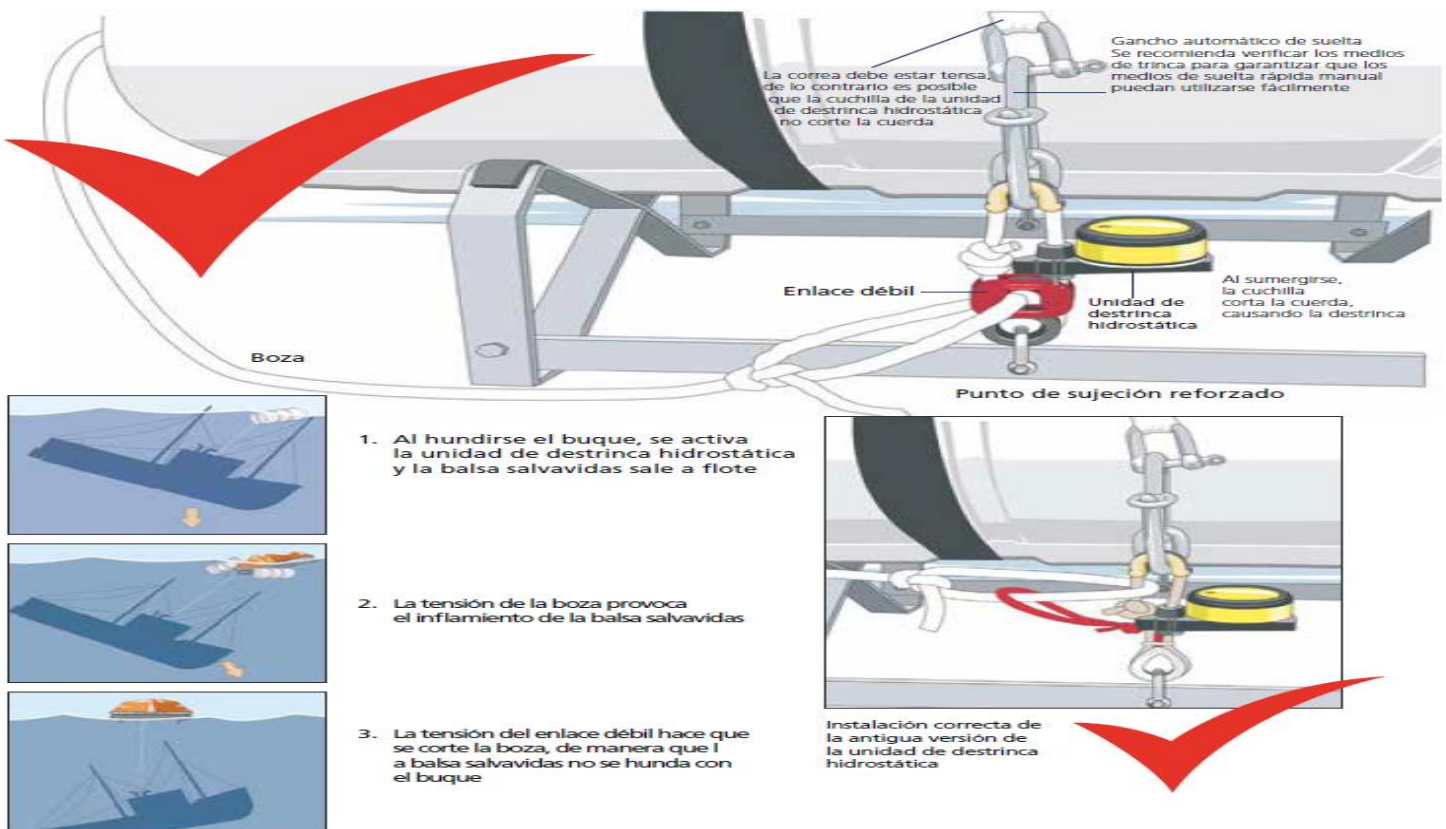
Los dispositivos de puesta a flote, de haberlos, deben mantenerse en muy buenas condiciones, deben estar disponibles para el empleo inmediato

antes de que la embarcación zarpe de puerto y en todo momento mientras este en el mar. [20]

### ➤ Las trincas

Si se utilizan, deberían estar provistas de un sistema de destrinca automática de un tipo aprobado, la instalación correcta será de la siguiente manera.

Figura 28: Forma de instalar una trinca



Fuente: [20]

### ➤ Chalecos salvavidas o dispositivos flotantes individuales

Se debe llevar un chaleco salvavidas aprobado y aceptado por la autoridad portuaria competente para cada persona que se encuentre a bordo. [20]

Los chalecos salvavidas deben cumplir las siguientes recomendaciones: [20]

**a. Prueba de ciclos de temperatura**

Se debería someter un chaleco salvavidas a los ciclos de temperaturas, en el cual el chaleco no debe presentar señales de haber sufrido daños como contracción, hinchazón, agrietamiento, descomposición y alteración de sus propiedades mecánicas. [20]

**b. Prueba de flotabilidad**

La flotabilidad del chaleco salvavidas debe medirse antes y después de haberlo sumergido por completo durante 24 h en el agua, justo debajo de la superficie. [20]

La diferencia entre la flotabilidad inicial y la final no debería ser superior a 5 % de la flotabilidad inicial. [20]

**c. Prueba de exposición al fuego**

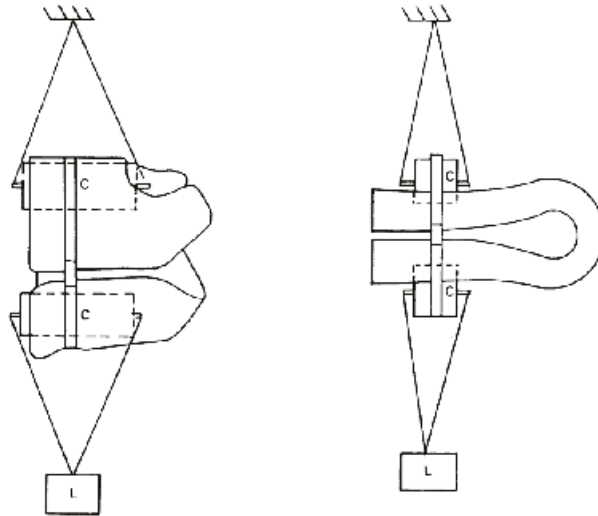
El chaleco salvavidas debe someterse a la prueba de exposición al fuego y no debe arder por más de 6 s ni fundirse al ser retirado de las llamas

**➤ Pruebas de resistencia****a. Pruebas de resistencia del cuerpo o del collar de izada del chaleco**

El chaleco debe sumergirse en agua durante 2 min. y debe sacarse y cerrar del mismo modo que cuando lo lleva puesto una persona. Se debe aplicar una fuerza de 3 200 N como mínimo (2 400 N en el caso de un chaleco para niño) durante 30 min, en la parte del chaleco que lo sujeta al cuerpo del usuario y de forma separada en el collar de izada del chaleco. El chaleco no debe sufrir daños como resultado al realizar la prueba. Se debe repetir la prueba para cada cierre envolvente. [20]



Figura 29. Pruebas de resistencia del cuerpo o del collar de izada del chaleco

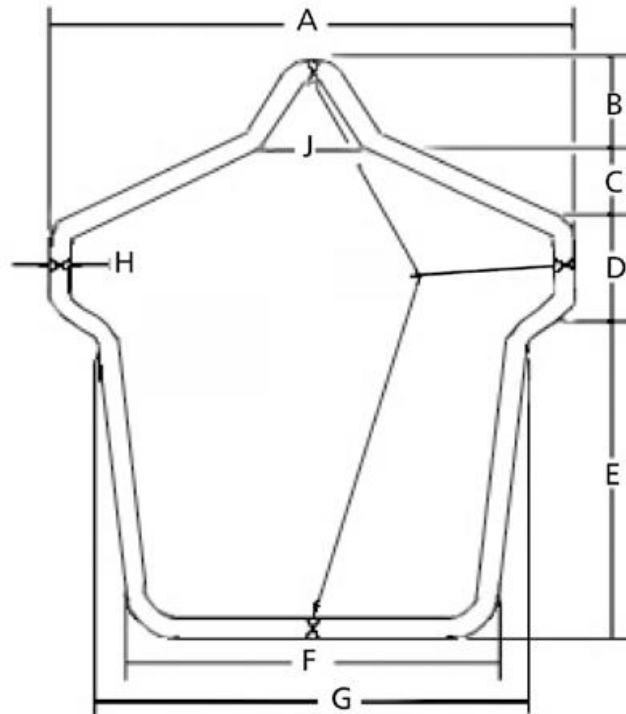


Fuente: [20]

#### b. Prueba de izado del hombro del chaleco

El chaleco debe sumergirse en agua durante 2 min. Y debe sacarse y cerrar colocado en una horma del mismo modo cuando lo lleva puesto una persona. Se debe aplicar una fuerza de 900 N como mínimo (700 N en el caso de un chaleco para niño) durante 30 min, a lo largo de la horma y en la sección del chaleco correspondiente a los hombros. Como resultado a esta prueba, el chaleco no debería sufrir ningún tipo de daño. El chaleco salvavidas debería permanecer sujeto a la horma durante la prueba. [20]

Figura 30: Prueba de izado del hombro del chaleco



Fuente: [20]

Los chalecos salvavidas deben ir emplazados para que sea más fácil llegar a ellos y su emplazamiento debería estar claramente indicado. [20]

La autoridad portuaria competente debe determinar si a bordo se llevaran chalecos salvavidas, dispositivos flotantes individuales o una combinación de ambos. [20]

### ➤ Aros salvavidas

Las embarcaciones con cubierta de 7 m de eslora igual o superior, como mínimo, debe contar con un aro de salvavidas provisto de una rabiza flotante con una longitud no inferior a 18 m. [20]

Todos los aros salvavidas deben estar emplazados para que sea fácil llegar a ellos y ser lanzados con rapidez en cualquier caso; además no deben estar fijados de manera permanente. [20]

Todos los aros salvavidas deben ser de un color el cual contraste nítidamente con el color del mar y llevar la misma matrícula o las mismas marcas de identificación que la embarcación. [20]

➤ **Señales de socorro**

Toda embarcación debe contar de medios para realizar señales de socorro eficaces de día como de noche. [20]

Al considerar el tipo cantidad y la cantidad de señales pirotécnicas llevadas a bordo, la autoridad portuaria competente debe tener en cuenta el área y la naturaleza de las operaciones de la embarcación. Como mínimo, debería llevar las señales pirotécnicas siguientes: [20]

- a. Cuatro cohetes con paracaídas en el caso de embarcaciones donde naveguen en condiciones de olas hasta a 4 m. de altura y vientos constantes a 19 m/s, puede sustituirse dos de los cohetes por bengalas de mano. [20]
- b. Dos bengalas de mano en el caso de embarcaciones, donde naveguen en condiciones de olas hasta 2 m. de altura y con vientos constantes de 12 m/s. [20]

Las señales de socorro deben estar aprobadas e ir correctamente estibadas y emplazadas en un lugar seco, el cual permita ser más accesible, y su posición debe estar indicada claramente. [20]

➤ **Cuestiones diversas**

Para facilitar las operaciones de salvamento aéreo, el techo de la caseta de gobierno u otras superficies horizontales debe estar pintadas de un color muy visible y permita mostrar la matrícula u otras marcas para identificar mejor la embarcación, que las letras o números sean de un color que contraste con el fondo. Asimismo, con marcas similares en los costados de la caseta de gobierno se facilitaría la búsqueda e identificación por las aeronaves. [20]

La autoridad portuaria competente debe asegurarse que la tripulación reciba la formación adecuada sobre el uso e inspección de los dispositivos de salvamento y que tengan la inspección adecuada. [20]

Todas las embarcaciones deben disponer del siguiente equipo de seguridad: [20]

- a. un silbato. [20]
- b. un espejo. [20]
- c. una linterna. [20]

El buque debe tener pasamanos o medios similares que permitan a las personas sujetarse al buque en caso de zozobra. [20]

Toda embarcación debe estar provisto de medios adecuados para recuperar a las personas del agua. [20]

El mantenimiento de los dispositivos de salvamento debe hacerse de modo satisfactorio a juicio de la autoridad competente. [20]

## IV. Resultados

### 3.1 Estabilidad del catamarán

#### 3.1.1 Criterios de estabilidad recomendados

El criterio con el que se va a trabajar para ver la estabilidad del catamarán será con el Reglamento OMI dado por el propio programa Max Surf.

#### 3.1.2 Estabilidad a diferentes condiciones de carga

Las condiciones de carga lo vamos a tomar según el servicio que se desea brindar.

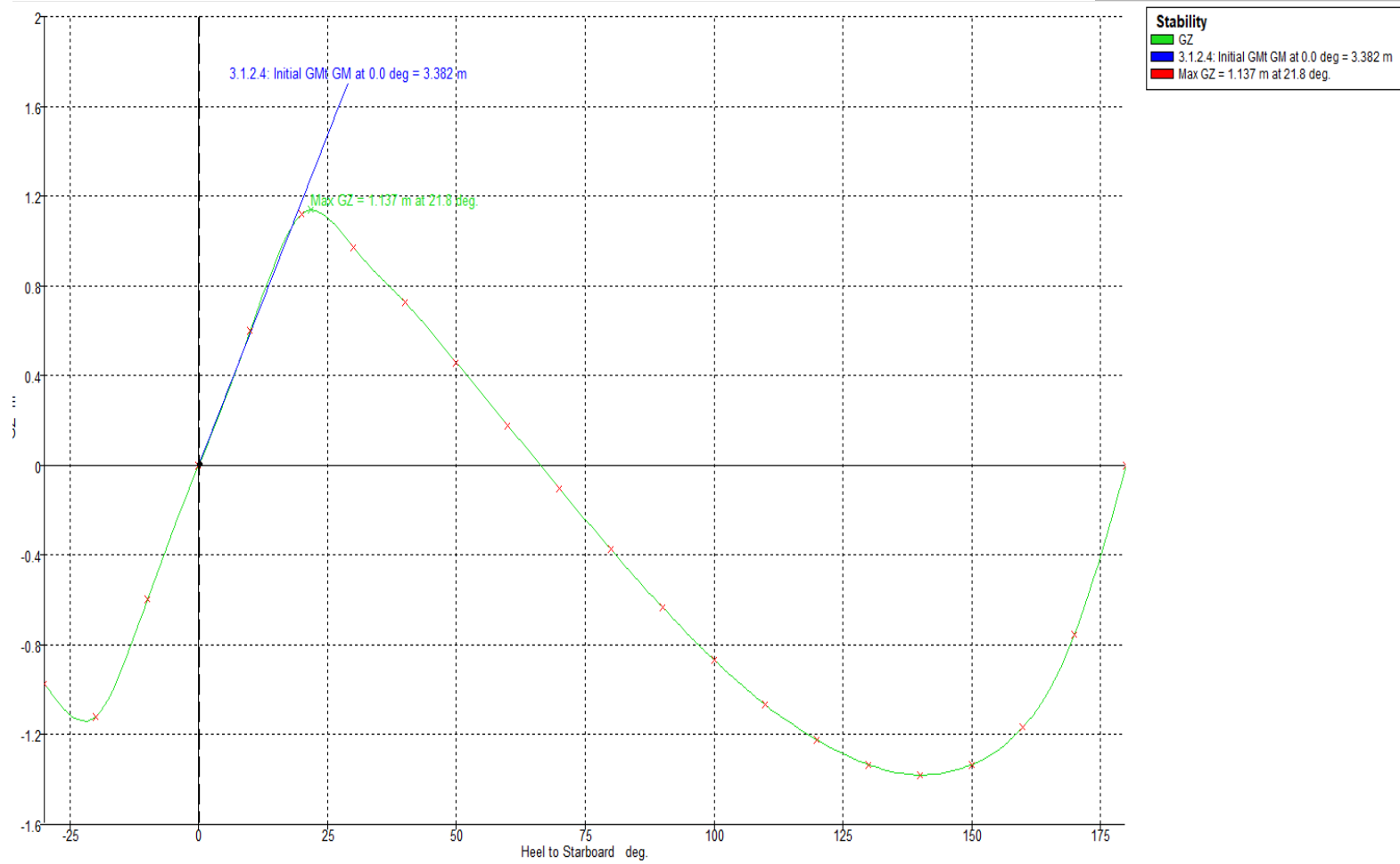
#### 3.1.3 Servicio de pesca

Tabla 33: Primera condición: Salida del Puerto

Ítem	Cantidad	Peso Unitario (Tn)	Peso Total (Tn)	X (m)	Y (m)	Z (m)
Casco y estructura	1	2.000	2.000	3.200	0.000	1.400
Superestructura	1	0.500	0.500	5.600	0.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.240	2.750	-1.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.240	2.750	1.000	1.400
Motor	1	0.175	0.175	0.000	0.000	1.200
Equipamiento	1	0.100	0.100	1.000	0.000	1.400
Equipos y sistemas	1	0.150	0.150	5.000	0.000	1.400
Provisiones	5	0.015	0.075	5.000	0.000	1.400
Cajas con hielo	70	0.022	1.575	1.850	0.000	1.400
Combustible	1	0.150	0.150	3.000	-0.500	1.400
Combustible	1	0.150	0.150	3.000	0.500	1.400
Tanque de combustible	100%	0.142	0.142	0.776	0.000	1.083
Tanques postizos BR	100%	0.168	0.168	0.250	-1.500	1.000
Tanques postizos ER	100%	0.168	0.168	0.250	1.500	1.000
Bodega de pesca BR	0%	1.768	0.000	0.809	-1.500	0.200
Bodega de pesca ER	0%	1.768	0.000	0.809	1.500	0.200
Bodega de pesca ER	0%	1.733	0.000	3.409	1.500	0.200
Bodega de pesca BR	0%	1.733	0.000	3.409	-1.500	0.200
Total Loadcase			5.833	2.701	0.000	1.363
FS correction						0.000
VCG fluid						1.363

Fuente: Max surf  
Elaboración propia

Gráfico 11: Curvas cruzadas para 1era condición de carga



Fuente y elaboración: Max surf

Tabla 34: Resultados de la primera condición de carga, salida de puerto

Heel To Starboard degrees	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.970	-1.117	-0.599	0.000	0.599	1.117	0.970	0.724	0.464	0.198	-0.074	-0.375	-0.633
Area under GZ curve from zero heel m.deg	22.7510	11.8871	2.9364	0.0000	2.9345	11.8949	22.7185	31.1547	37.1137	40.4211	41.0685	38.8211	33.7493
Displacement t	5.833	5.832	5.833	5.833	5.833	5.833	5.833	5.832	5.833	5.833	5.833	5.833	5.833
Draft at FP m	0.552	0.648	0.611	0.593	0.611	0.650	0.555	1.161	1.401	1.576	1.259	-5.487	n/a
Draft at AP m	0.160	0.566	0.638	0.646	0.638	0.565	0.158	-0.666	-1.441	-2.509	-4.217	-6.297	n/a
WL Length m	5.285	6.088	6.481	6.405	6.481	6.092	5.288	6.212	6.639	6.803	6.746	5.531	5.673
Beam max extents on WL m	2.182	3.830	4.062	4.000	4.062	3.831	2.181	2.106	1.969	1.766	1.679	1.274	1.292
Wetted Area m <sup>2</sup>	18.653	21.522	23.294	23.388	23.294	21.525	18.657	21.427	22.852	23.533	23.191	17.788	17.804
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	5.044	8.675	10.864	10.750	10.865	8.677	5.041	4.415	4.327	4.186	4.262	6.400	6.615
Prismatic coeff. (Cp)	0.926	0.846	0.814	0.811	0.814	0.845	0.924	0.691	0.629	0.607	0.617	0.924	0.913
Block coeff. (Cb)	2.620	0.905	0.680	0.703	0.680	0.903	2.614	2.838	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2.774	2.715	2.697	2.692	2.696	2.716	2.775	3.028	3.149	3.214	3.178	2.738	2.725
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.325	2.628	2.684	2.696	2.684	2.630	2.324	2.081	2.108	2.091	2.084	2.565	2.602
Max deck inclination deg	30.1370	20.0113	10.0027	0.4758	10.0028	20.0118	30.1402	41.5264	51.7935	61.5295	70.8238	80.0024	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-3.4792	-0.7291	0.2364	0.4758	0.2412	-0.7476	-3.5199	-15.8031	-23.7625	-32.3264	-40.3082	-7.1467	-90.0000

Fuente: Max surf

Elaboración propia

Tabla 35: Resultados de la segunda condición de carga

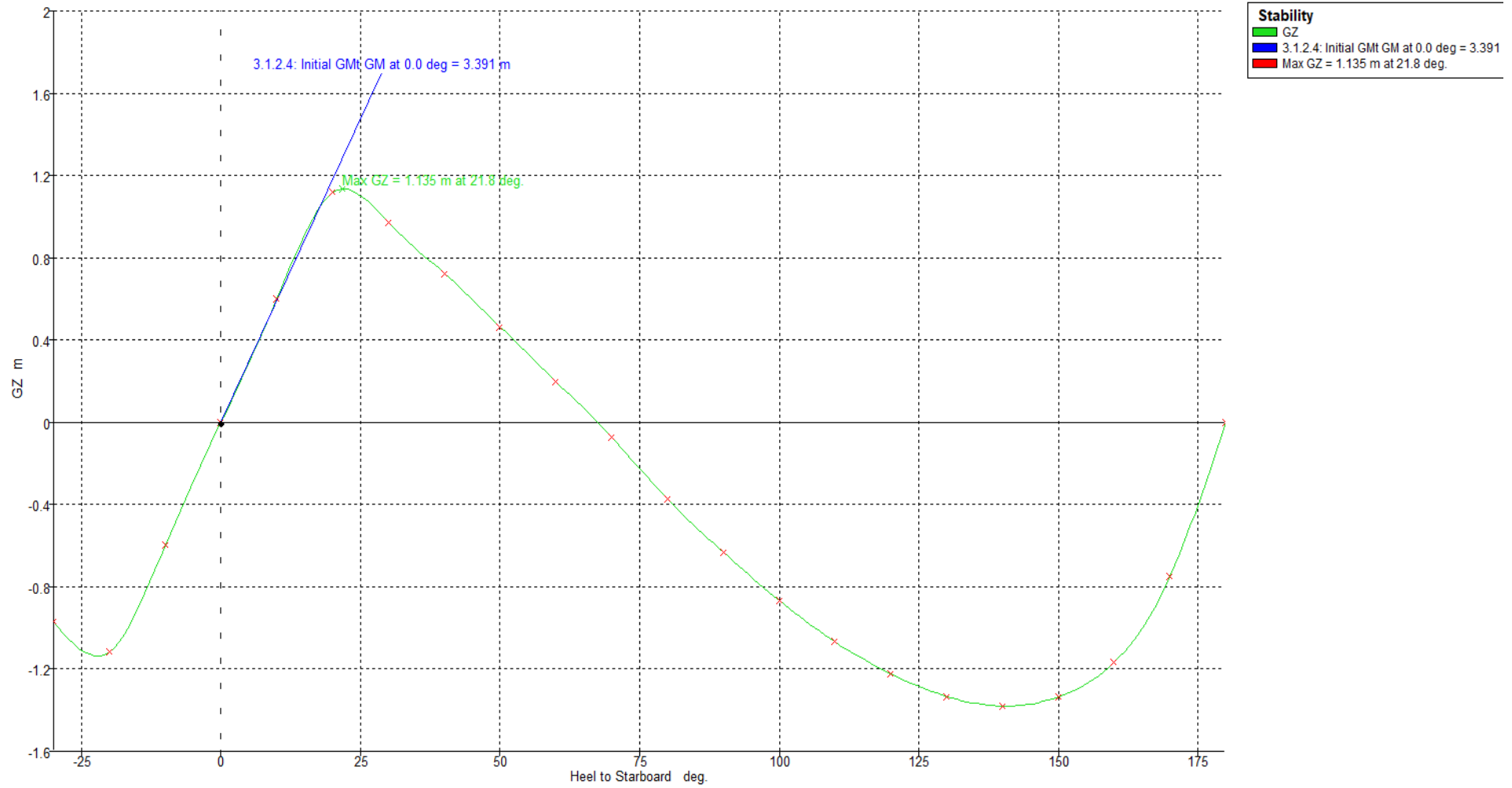
Ítem	Cantidad	Peso Unitario (Tn)	Peso Total (Tn)	X (m)	Y (m)	Z (m)
Casco y estructura	1	2.000	2.000	3.200	0.000	1.400
Superestructura	1	0.500	0.500	5.600	0.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.240	2.750	-1.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.240	2.750	1.000	1.400
Motor	1	0.175	0.175	0.000	0.000	1.200
Equipamiento	1	0.100	0.100	1.000	0.000	1.400
Equipos y sistemas	1	0.150	0.150	5.000	0.000	1.400
Provisiones	5	0.015	0.075	5.000	0.000	1.400
Cajas con hielo	70	0.022	1.575	1.850	0.000	1.400
Combustible	1	0.150	0.150	3.000	-0.500	1.400
Combustible	1	0.150	0.150	3.000	0.500	1.400
Tanque de combustible	100%	0.142	0.142	0.776	0.000	1.083
Tanques postizos BR	100%	0.168	0.168	0.250	-1.500	1.000
Tanques postizos ER	100%	0.168	0.168	0.250	1.500	1.000
Bodega de pesca BR	0%	1.768	0.000	1.600	-1.500	0.200
Bodega de pesca ER	0%	1.768	0.000	1.600	1.500	0.200
Bodega de pesca ER	0%	1.733	0.000	4.188	1.500	0.200
Bodega de pesca BR	0%	1.733	0.000	4.188	-1.500	0.200
Total Loadcase			5.833	2.701	0.000	1.363
FS correction						0.000
VCG fluid						1.363

Fuente: Max surf

Elaboración propia



Gráfico 12: Curvas cruzadas para 2da condición de carga



Fuente: Max surf  
 Elaboración propia

Tabla 36: Resultados de la segunda condición de carga, llegada de puerto

Heel To Starboard degrees	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.970	-1.117	-0.599	0.000	0.599	1.117	0.970	0.724	0.464	0.198	-0.074	-0.375	-0.633
Area under GZ curve from zero heel m.deg	22.7510	11.8871	2.9364	0.0000	2.9345	11.8949	22.7185	31.1547	37.1137	40.4211	41.0685	38.8211	33.7493
Displacement t	5.833	5.832	5.833	5.833	5.833	5.833	5.833	5.832	5.833	5.833	5.833	5.833	5.833
Draft at FP m	0.552	0.648	0.611	0.593	0.611	0.650	0.555	1.161	1.401	1.576	1.259	-5.487	n/a
Draft at AP m	0.160	0.566	0.638	0.646	0.638	0.565	0.158	-0.666	-1.441	-2.509	-4.217	-6.297	n/a
WL Length m	5.285	6.088	6.481	6.405	6.481	6.092	5.288	6.212	6.639	6.803	6.746	5.531	5.673
Beam max extents on WL m	2.182	3.830	4.062	4.000	4.062	3.831	2.181	2.106	1.969	1.766	1.679	1.274	1.292
Wetted Area m <sup>2</sup>	18.653	21.522	23.294	23.388	23.294	21.525	18.657	21.427	22.852	23.533	23.191	17.788	17.804
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	5.044	8.675	10.864	10.750	10.865	8.677	5.041	4.415	4.327	4.186	4.262	6.400	6.615
Prismatic coeff. (Cp)	0.926	0.846	0.814	0.811	0.814	0.845	0.924	0.691	0.629	0.607	0.617	0.924	0.913
Block coeff. (Cb)	2.620	0.905	0.680	0.703	0.680	0.903	2.614	2.838	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2.774	2.715	2.697	2.692	2.696	2.716	2.775	3.028	3.149	3.214	3.178	2.738	2.725
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.325	2.628	2.684	2.696	2.684	2.630	2.324	2.081	2.108	2.091	2.084	2.565	2.602
Max deck inclination deg	30.1370	20.0113	10.0027	0.4758	10.0028	20.0118	30.1402	41.5264	51.7935	61.5295	70.8238	80.0024	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-3.4792	-0.7291	0.2364	0.4758	0.2412	-0.7476	-3.5199	-15.8031	-23.7625	-32.3264	-40.3082	-7.1467	-90.0000

Fuente: Max surf

Elaboración propia

### 3.1.4 Servicio de Turismo

Tabla 37: Primera condición salida de puerto

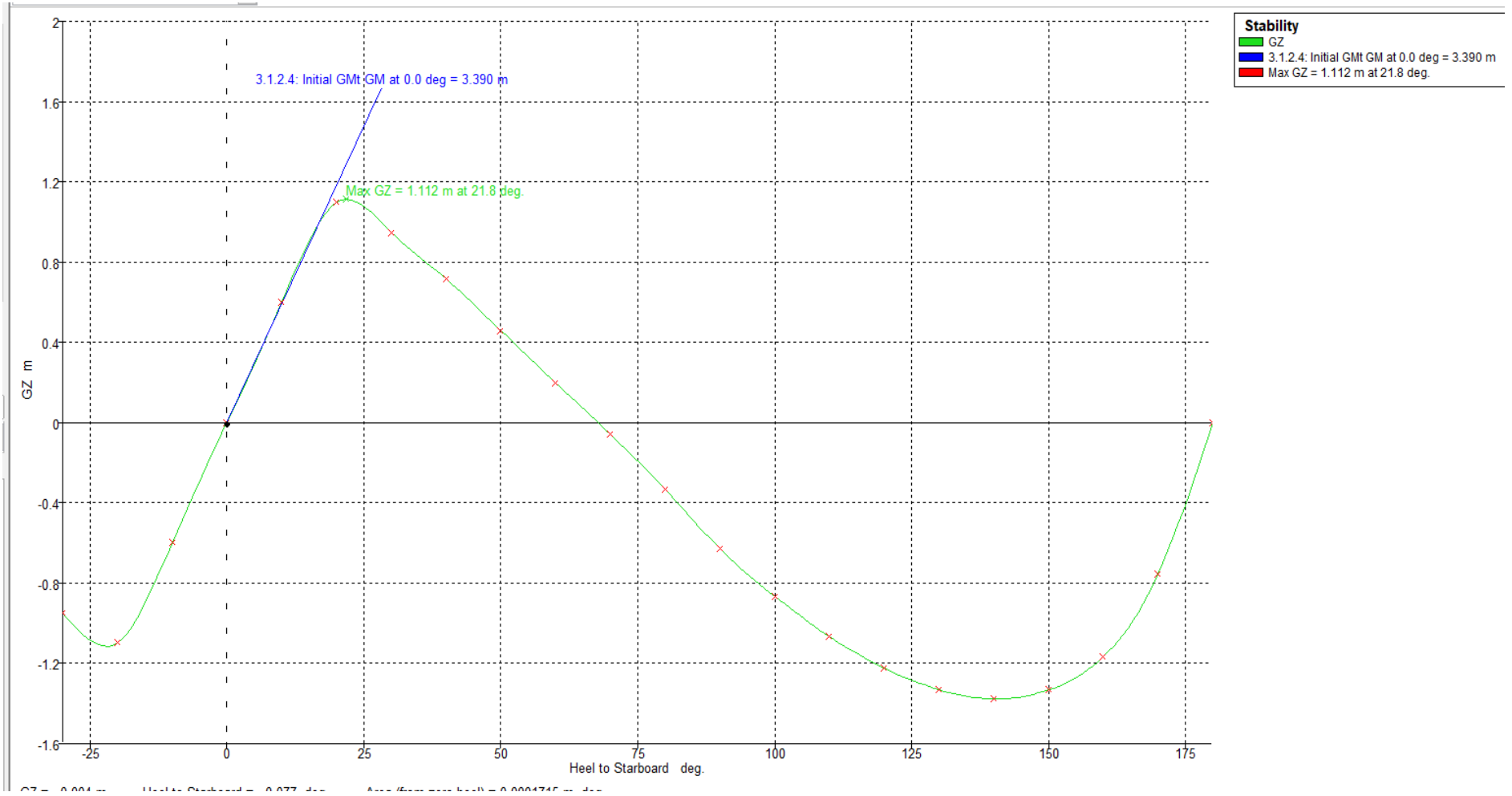
Ítem	Cantidad	Peso Unitario (Tn)	Peso Total (Tn)	X (m)	Y (m)	Z (m)
Casco y estructura	1	2.000	2.000	3.200	0.000	1.400
Superestructura	1	0.500	0.500	5.600	0.000	1.400
Personas	6	0.080	0.480	1.575	-1.000	1.400
Personas	6	0.080	0.480	1.575	1.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.240	5.000	0.000	1.400
Barra	1	0.100	0.100	5.000	0.000	1.400
Sillas	6	0.065	0.390	1.575	-1.000	1.400
Sillas	6	0.065	0.390	1.575	1.000	1.400
Motor	1	0.175	0.175	0.000	0.000	1.200
Equipos y sistemas	1	0.500	0.500	3.500	0.000	1.400
Agua	2	0.020	0.040	5.500	-1.000	1.400
Agua	2	0.020	0.040	5.500	1.000	1.400
Tanque de combustible	100%	0.142	0.142	0.776	0.000	1.083
Tanques postizos BR	100%	0.168	0.168	0.250	-1.500	1.000
Tanques postizos ER	100%	0.168	0.168	0.250	1.500	1.000
Bodega de pesca y carga BR	0%	1.768	0.000	1.600	-1.500	0.200

Bodega de pesca y carga ER	0%	1.768	0.000	1.600	1.500	0.200
Bodega de pesca y carga ER	0%	1.733	0.000	4.188	1.500	0.200
Bodega de pesca y carga BR	0%	1.733	0.000	4.188	-1.500	0.200
Total Loadcase			5.813	2.757	0.000	1.363
FS correction						0.000
VCG fluid						1.363

Fuente: Max surf

Elaboración propia

Gráfico 13: Curvas cruzadas para 1era condición de carga



Fuente: Max surf

Elaboración propia

Tabla 38: Resultados de la primera condición de carga, salida de puerto

Heel To Starboard degrees	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.948	-1.097	-0.599	0.000	0.599	1.097	0.948	0.715	0.458	0.198	-0.059	-0.332	-0.629
Area under GZ curve from zero heel m.deg	22.4387	11.8019	2.9518	0.0000	2.9494	11.8116	22.4016	30.6845	36.5774	39.8534	40.5544	38.6329	33.8103
Displacement t	5.813	5.813	5.813	5.813	5.813	5.813	5.813	5.813	5.813	5.812	5.812	5.813	5.813
Draft at FP m	1.214	0.759	0.669	0.648	0.668	0.759	1.214	1.567	1.956	2.676	3.513	2.260	n/a
Draft at AP m	-0.196	0.477	0.594	0.603	0.594	0.477	-0.196	-0.876	-1.715	-3.018	-5.206	-9.936	n/a
WL Length m	6.599	6.359	6.495	6.325	6.495	6.359	6.599	6.733	6.921	7.068	7.038	6.841	5.987
Beam max extents on WL m	3.117	3.894	4.062	4.000	4.062	3.894	3.117	2.806	1.948	1.767	1.514	1.653	1.357
Wetted Area m <sup>2</sup>	21.508	20.735	23.355	23.479	23.355	20.735	21.512	23.177	24.386	25.472	25.798	24.000	18.645
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	5.099	7.793	10.825	10.710	10.825	7.793	5.101	4.488	4.116	3.682	3.440	4.126	6.097
Prismatic coeff. (Cp)	0.655	0.756	0.802	0.840	0.802	0.756	0.655	0.612	0.580	0.553	0.552	0.595	0.756
Block coeff. (Cb)	1.463	0.817	0.673	0.707	0.673	0.817	1.463	1.869	4.442	0.000	0.000	0.000	0.000
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3.016	2.807	2.769	2.764	2.769	2.807	3.016	3.184	3.316	3.436	3.468	3.276	2.881
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.541	2.911	2.675	2.687	2.675	2.911	2.542	2.259	2.176	2.199	2.263	2.183	2.445
Max deck inclination deg	31.6856	20.1319	10.0212	0.4030	10.0209	20.1321	31.6871	42.6291	52.8635	62.7746	71.9108	80.5030	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-12.3179	-2.5001	-0.6644	-0.4030	-0.6602	-2.5022	-12.3235	-20.7278	-29.6267	-41.4111	-53.4820	-62.1077	-90.0000

Fuente: Max surf

Elaboración propia

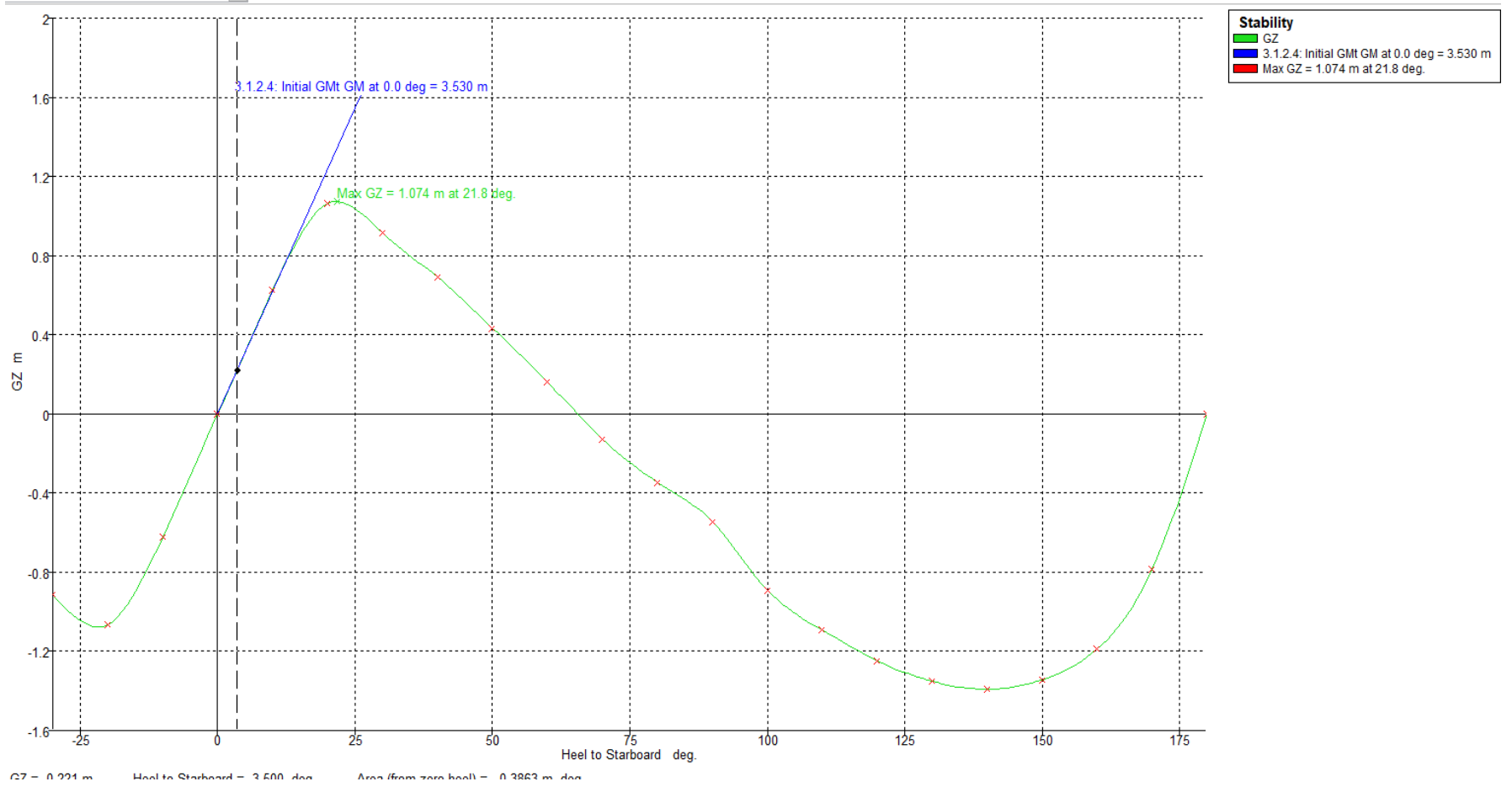
Tabla 39: Segunda Condición Llegada a Puerto

Ítem	Cantidad	Peso Unitario (Tn)	Peso Total (Tn)	X (m)	Y (m)	Z (m)
Casco y estructura	1	2.000	2.000	3.200	0.000	1.400
Superestructura	1	0.500	0.500	5.600	0.000	1.400
Personas	6	0.080	0.480	1.575	-1.000	1.400
Personas	6	0.080	0.480	1.575	1.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.240	5.000	0.000	1.400
Barra	1	0.100	0.100	5.000	0.000	1.400
Sillas	6	0.065	0.390	1.575	-1.000	1.400
Sillas	6	0.065	0.390	1.575	1.000	1.400
Motor	1	0.175	0.175	0.000	0.000	1.200
Equipos y sistemas	1	0.500	0.500	3.500	0.000	1.400
Agua	1	0.020	0.020	5.500	-1.000	1.400
Agua	1	0.020	0.020	5.500	1.000	1.400
Tanque de combustible	80%	0.142	0.114	0.797	0.000	1.057
Tanques postizos BR	50%	0.168	0.084	0.253	-1.500	0.900
Tanques postizos ER	50%	0.168	0.084	0.253	1.500	0.900
Bodega de pesca y carga BR	0%	1.768	0.000	2.391	-1.500	0.200
Bodega de pesca y carga ER	0%	1.768	0.000	2.391	1.500	0.200
Bodega de pesca y carga BR	0%	1.733	0.000	4.991	-1.500	0.200
Bodega de pesca y carga ER	0%	1.733	0.000	4.991	1.500	0.200
Total Loadcase			5.576	2.823	0.000	1.372
FS correction						0.020
VCG fluid						1.391

Fuente: Max surf

Elaboración propia

Gráfico 14: Curvas cruzadas para 2a condición de carga



Fuente: Max surf  
 Elaboración propia



Tabla 40: Resultados de la segunda condición de carga, llegada de puerto

Heel To Starboard degrees	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.914	-1.064	-0.623	0.000	0.623	1.064	0.914	0.690	0.433	0.160	-0.127	-0.345	-0.545
Area under GZ curve from zero heel m.deg	22.2132	11.9588	3.1373	0.0000	3.1354	11.9663	22.1780	30.1770	35.8239	38.8071	38.9525	36.5167	32.1599
Displacement t	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.576	5.577	5.577
Draft at FP m	1.310	0.869	0.710	0.688	0.710	0.870	1.309	1.668	2.128	3.636	7.221	14.656	n/a
Draft at AP m	-0.347	0.324	0.528	0.538	0.528	0.323	-0.347	-1.038	-1.934	-3.727	-7.846	-17.594	n/a
WL Length m	6.658	6.493	6.502	6.266	6.502	6.493	6.658	6.825	7.012	6.652	5.726	5.615	5.891
Beam max extents on WL m	3.019	3.894	4.062	4.000	4.062	3.894	3.019	2.682	2.358	1.744	1.489	1.413	1.396
Wetted Area m <sup>2</sup>	21.552	19.975	22.907	23.052	22.907	19.977	21.550	23.057	24.045	26.763	29.503	30.024	29.338
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	5.457	7.281	10.782	10.687	10.783	7.281	5.456	4.674	4.048	3.193	2.578	2.254	1.933
Prismatic coeff. (Cp)	0.617	0.680	0.760	0.805	0.760	0.680	0.617	0.577	0.545	0.544	0.596	0.598	0.576
Block coeff. (Cb)	1.470	0.796	0.666	0.704	0.666	0.796	1.470	1.936	5.300	0.000	0.000	0.000	0.000
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3.131	2.920	2.852	2.846	2.852	2.921	3.130	3.299	3.442	3.664	3.885	3.917	3.808
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.655	2.977	2.674	2.682	2.674	2.977	2.654	2.419	2.274	2.646	3.272	3.362	3.117
Max deck inclination deg	32.2848	20.4880	10.1247	1.3368	10.1241	20.4903	32.2836	43.1672	53.4238	64.2563	74.4963	82.4627	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-14.3913	-4.8288	-1.6166	-1.3368	-1.6129	-4.8405	-14.3875	-22.7433	-32.1798	-48.7545	-66.8067	-78.6803	-90.0000

Fuente: Max surf

Elaboración propia

### 3.1.5 Servicio de Carga

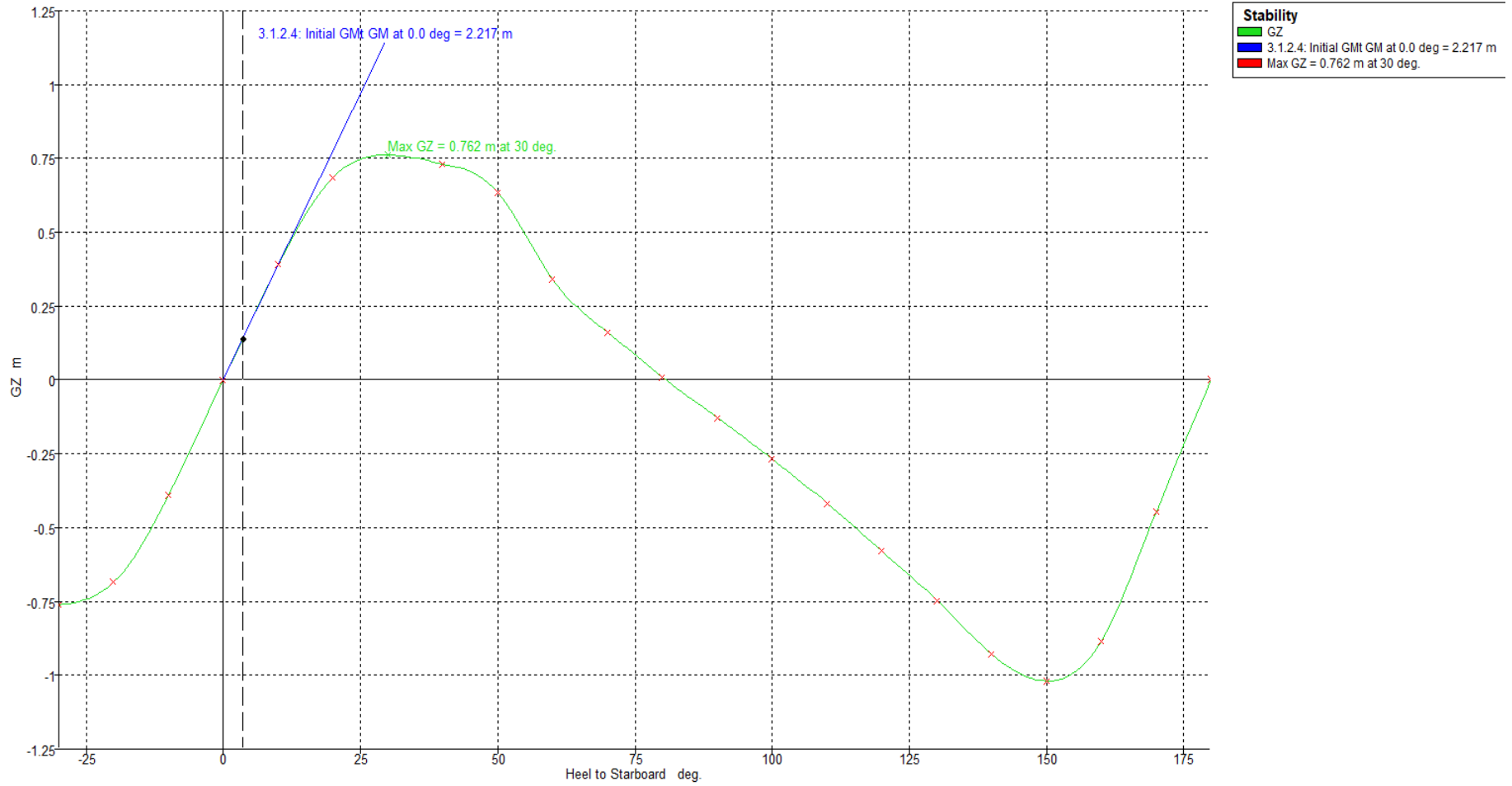
Tabla 41: Primera Condición Salida de Puerto

Ítem	Cantidad	Peso Unitario (Tn)	Peso Total (Tn)	X (m)	Y (m)	Z (m)
Casco y estructura	1	2.000	2.000	3.200	0.000	1.400
Superestructura	1	0.500	0.400	5.600	0.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.320	2.750	-1.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.800	2.750	1.000	1.400
Motor	1	0.175	0.200	0.000	0.000	1.200
Equipamiento	1	0.100	1.750	1.000	0.000	1.400
Equipos y sistemas	1	0.150	0.142	5.000	0.000	1.400
Provisiones	10	0.015	2.500	5.000	0.000	1.400
Tanque de combustible	100%	0.142	2.545	0.776	0.000	1.083
Tanques postizos BR	100%	0.168	2.500	0.250	-1.500	1.000
Tanques postizos ER	100%	0.168	2.545	0.250	1.500	1.000
Bodega de carga BR	100%	1.768	0.000	1.600	-1.500	0.700
Bodega de carga ER	100%	1.768	0.000	1.600	1.500	0.700
Bodega de carga BR	50%	1.733	0.000	4.191	-1.500	0.450
Bodega de carga ER	50%	1.733	0.000	4.191	1.500	0.450
Total Loadcase			15.701	2.713	0.000	0.934
FS correction						0.030
VCG fluid						0.964

Fuente: Max surf

Elaboración propia

Gráfico 15: Curvas cruzadas para lera condición de carga



Fuente: Max surf  
 Elaboración propia

Tabla 42: Resultados de la primera condición de carga, llegada de puerto

Heel To Starboard degrees	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.762	-0.686	-0.390	0.000	0.390	0.686	0.762	0.731	0.634	0.342	0.161	0.010	-0.128
Area under GZ curve from zero heel m.deg	14.8805	7.5150	1.9793	0.0000	1.9807	7.5094	14.9028	22.4006	29.3735	34.2976	36.7155	37.5718	36.9754
Displacement t	9.302	9.303	9.302	9.302	9.302	9.302	9.302	9.301	9.302	9.302	9.303	9.303	9.302
Draft at FP m	1.320	1.112	0.997	0.969	0.997	1.112	1.321	1.596	2.003	5.541	9.363	19.367	n/a
Draft at AP m	1.063	0.936	0.913	0.924	0.913	0.936	1.062	1.249	1.507	-1.749	-4.076	-9.905	n/a
WL Length m	6.504	6.440	6.184	5.690	6.184	6.441	6.504	6.484	6.508	5.925	6.193	6.254	6.176
Beam max extents on WL m	2.852	3.486	4.062	4.000	4.062	3.486	2.852	2.681	2.322	1.689	1.527	1.418	1.391
Wetted Area m <sup>2</sup>	43.563	37.711	31.785	31.944	31.785	37.709	43.566	46.180	47.667	45.156	45.494	45.797	45.846
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	8.294	9.194	10.659	10.539	10.659	9.194	8.295	6.624	5.059	3.659	3.476	3.125	2.736
Prismatic coeff. (Cp)	0.795	0.795	0.844	0.933	0.844	0.795	0.795	0.809	0.812	0.625	0.546	0.521	0.526
Block coeff. (Cb)	0.713	0.725	0.687	0.761	0.687	0.725	0.713	0.818	0.724	0.526	0.374	0.216	0.000
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2.736	2.727	2.718	2.715	2.719	2.727	2.737	2.747	2.760	3.227	3.340	3.389	3.393
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.775	2.672	2.563	2.567	2.563	2.672	2.776	2.963	3.228	2.819	2.486	2.413	2.391
Max deck inclination deg	30.0589	20.0518	10.0266	0.3999	10.0267	20.0515	30.0598	40.0576	50.0584	64.1900	73.8226	82.1586	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-2.2793	-1.5645	-0.7455	-0.3999	-0.7467	-1.5608	-2.2984	-3.0718	-4.3917	-48.4749	-64.3422	-77.5634	-90.0000

Fuente: Max surf

Elaboración propia

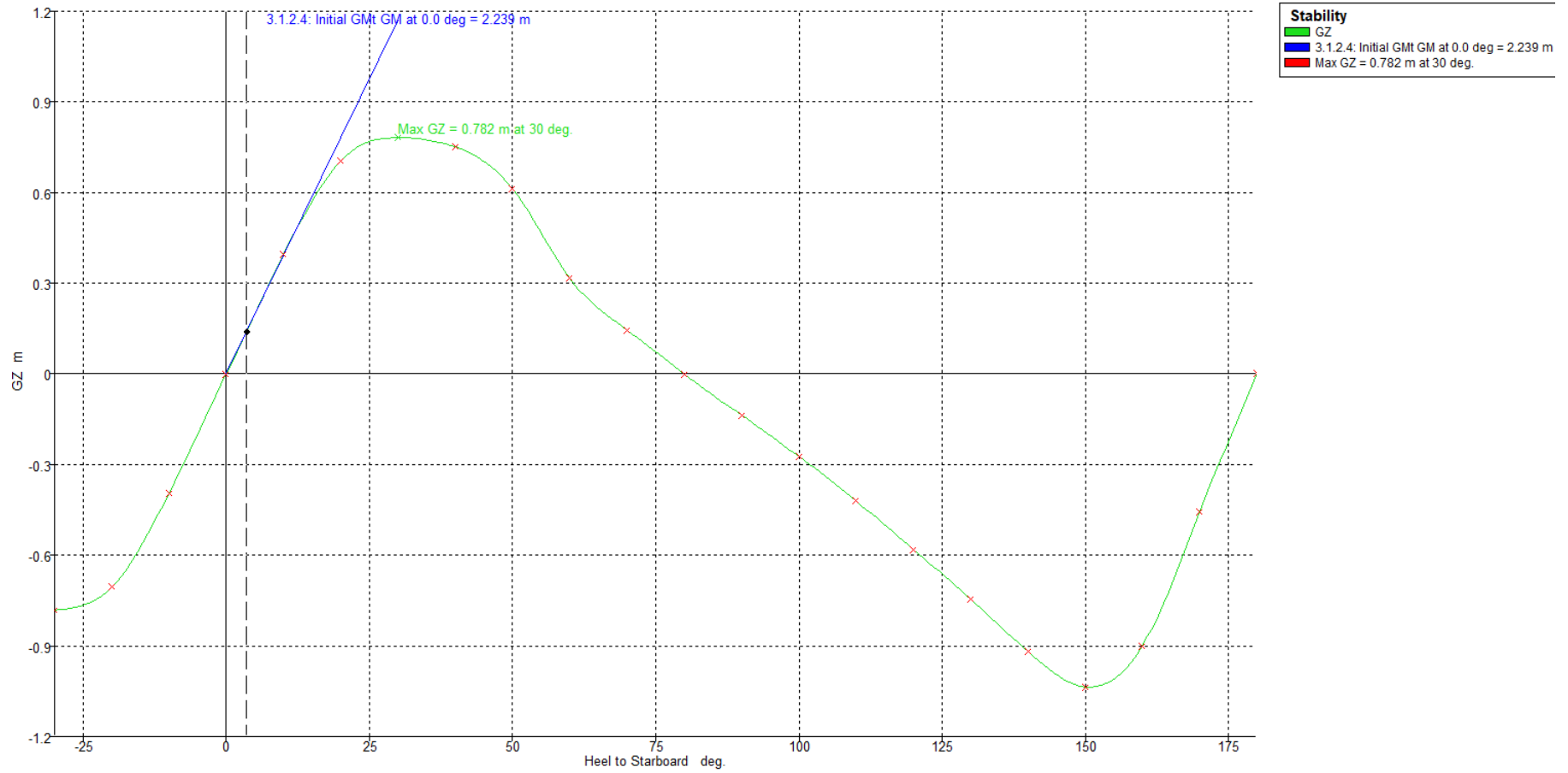
Tabla 43: Segunda Condición Llegada a Puerto

Ítem	Cantidad	Peso Unitario (Tn)	Peso Total (Tn)	X (m)	Y (m)	Z (m)
Casco y estructura	1	2.000	2.000	3.200	0.000	1.400
Superestructura	1	0.500	0.500	5.600	0.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.240	2.750	-1.000	1.400
Tripulación	3	0.080	0.240	2.750	1.000	1.400
Motor	1	0.175	0.175	0.000	0.000	1.200
Equipamiento	1	0.100	0.100	1.000	0.000	1.400
Equipos y sistemas	1	0.150	0.150	5.000	0.000	1.400
Provisiones	10	0.015	0.150	5.000	0.000	1.400
Tanque de combustible	80%	0.142	0.114	0.800	0.000	1.058
Tanques postizos BR	60%	0.168	0.101	0.252	-1.500	0.920
Tanques postizos ER	60%	0.168	0.101	0.252	1.500	0.920
Bodega de carga BR	100%	1.768	1.768	1.600	-1.500	0.700
Bodega de carga ER	100%	1.768	1.768	1.600	1.500	0.700
Bodega de carga BR	50%	1.733	0.867	4.198	-1.500	0.450
Bodega de carga ER	50%	1.733	0.867	4.198	1.500	0.450
Total Loadcase			9.139	2.757	0.000	0.930
FS correction						0.043
VCG fluid						0.973

Fuente: Max surf

Elaboración propia

Gráfico 16: Curvas cruzadas para 2da condición de carga



Fuente: Max surf  
 Elaboración propia

Tabla 44: Resultados de la segunda condición de carga, llegada de puerto

Heel To Starboard degrees	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.782	-0.706	-0.394	0.000	0.394	0.706	0.782	0.751	0.612	0.317	0.145	-0.001	-0.137
Area under GZ curve from zero heel m.deg	15.2255	7.6466	1.9890	0.0000	1.9899	7.6429	15.2401	22.9595	29.9193	34.5707	36.7852	37.5058	36.8066
Displacement t	9.139	9.140	9.139	9.139	9.139	9.140	9.140	9.139	9.139	9.139	9.140	9.139	9.140
Draft at FP m	1.391	1.175	1.050	1.022	1.050	1.174	1.392	1.734	2.638	5.853	9.673	19.884	n/a
Draft at AP m	0.970	0.859	0.853	0.865	0.852	0.859	0.970	1.065	0.661	-2.139	-4.481	-10.626	n/a
WL Length m	6.487	6.368	6.099	5.606	6.098	6.368	6.487	6.519	6.551	6.013	6.276	6.313	6.203
Beam max extents on WL m	2.843	3.614	4.062	4.000	4.062	3.615	2.843	2.557	1.819	1.779	1.513	1.411	1.392
Wetted Area m <sup>2</sup>	43.124	36.951	31.418	31.564	31.419	36.949	43.123	45.403	46.099	44.500	44.840	45.117	45.287
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	8.243	9.087	10.604	10.443	10.604	9.087	8.239	6.211	4.215	3.868	3.544	3.090	2.643
Prismatic coeff. (Cp)	0.773	0.778	0.825	0.913	0.825	0.778	0.773	0.776	0.730	0.585	0.521	0.501	0.509
Block coeff. (Cb)	0.711	0.799	0.703	0.781	0.703	0.799	0.711	0.783	0.632	0.524	0.371	0.216	0.000
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2.795	2.781	2.769	2.765	2.769	2.781	2.795	2.823	2.944	3.306	3.403	3.446	3.446
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.815	2.730	2.573	2.567	2.573	2.730	2.817	3.124	3.442	2.597	2.429	2.387	2.412
Max deck inclination deg	30.1572	20.1654	10.1464	1.3962	10.1471	20.1653	30.1582	40.2134	50.8988	64.8405	74.1199	82.2858	90.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	-3.7273	-2.8007	-1.7526	-1.3962	-1.7572	-2.8001	-3.7388	-5.9133	-17.0218	-51.0706	-65.4836	-78.0529	-90.0000

Fuente: Max sur

Elaboración propia

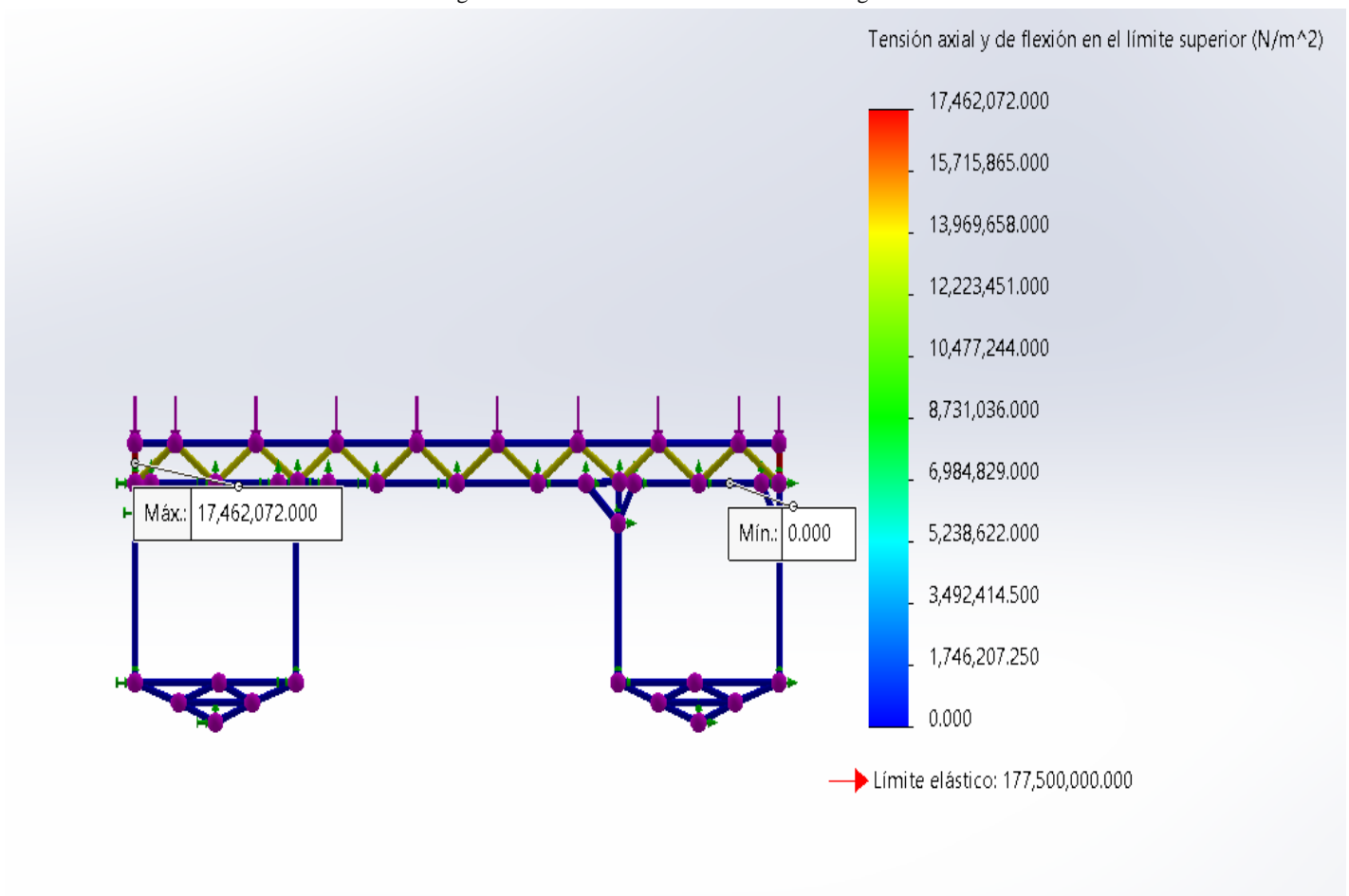
### 3.2 Análisis estructural de la cuaderna maestra

Para el análisis estructural de la cuaderna maestra, se tomará pesos de 10 000, 30 000 y 50 000 N, para ser sometidas a diferentes estudios. El material utilizado es fibra de vidrio tipo E.

#### 3.2.1 Aplicando carga de 10 000 N

Con la carga de 10 000 N, el esfuerzo máximo sometido es de 17 462 072 N/m<sup>2</sup>, siendo un valor aceptable ante posibles fallas pues no supera el límite elástico 177 500 000 N/m<sup>2</sup>.

Figura 31: Resultado de tensiones con una carga de 10 000 N

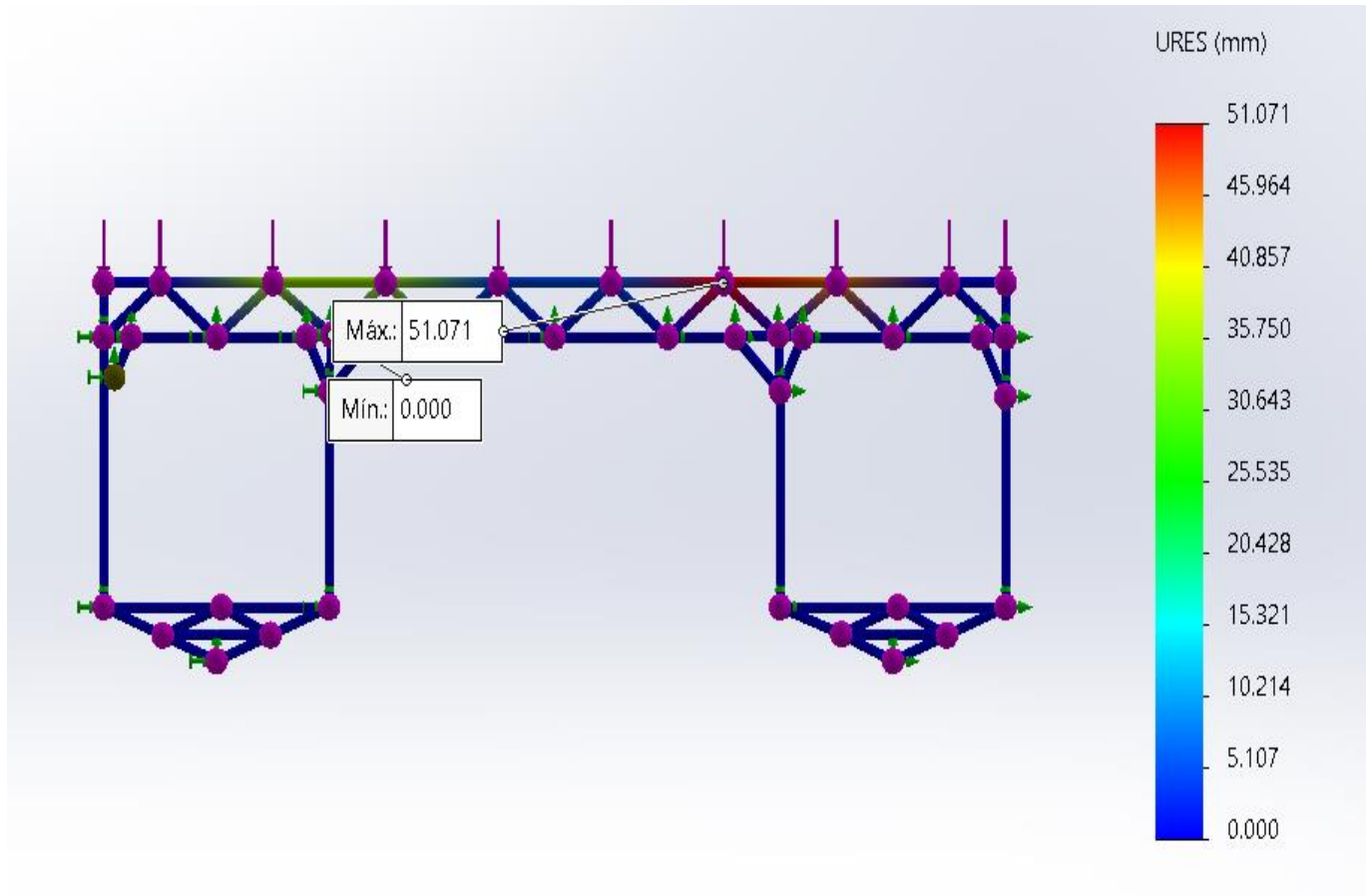


Fuente y Elaboración SolidWorks



En la Fig. 30 muestra los desplazamientos de la cadena maestra cuando es sometida a fuerzas, obteniendo como desplazamiento máximo de 51.071 mm.

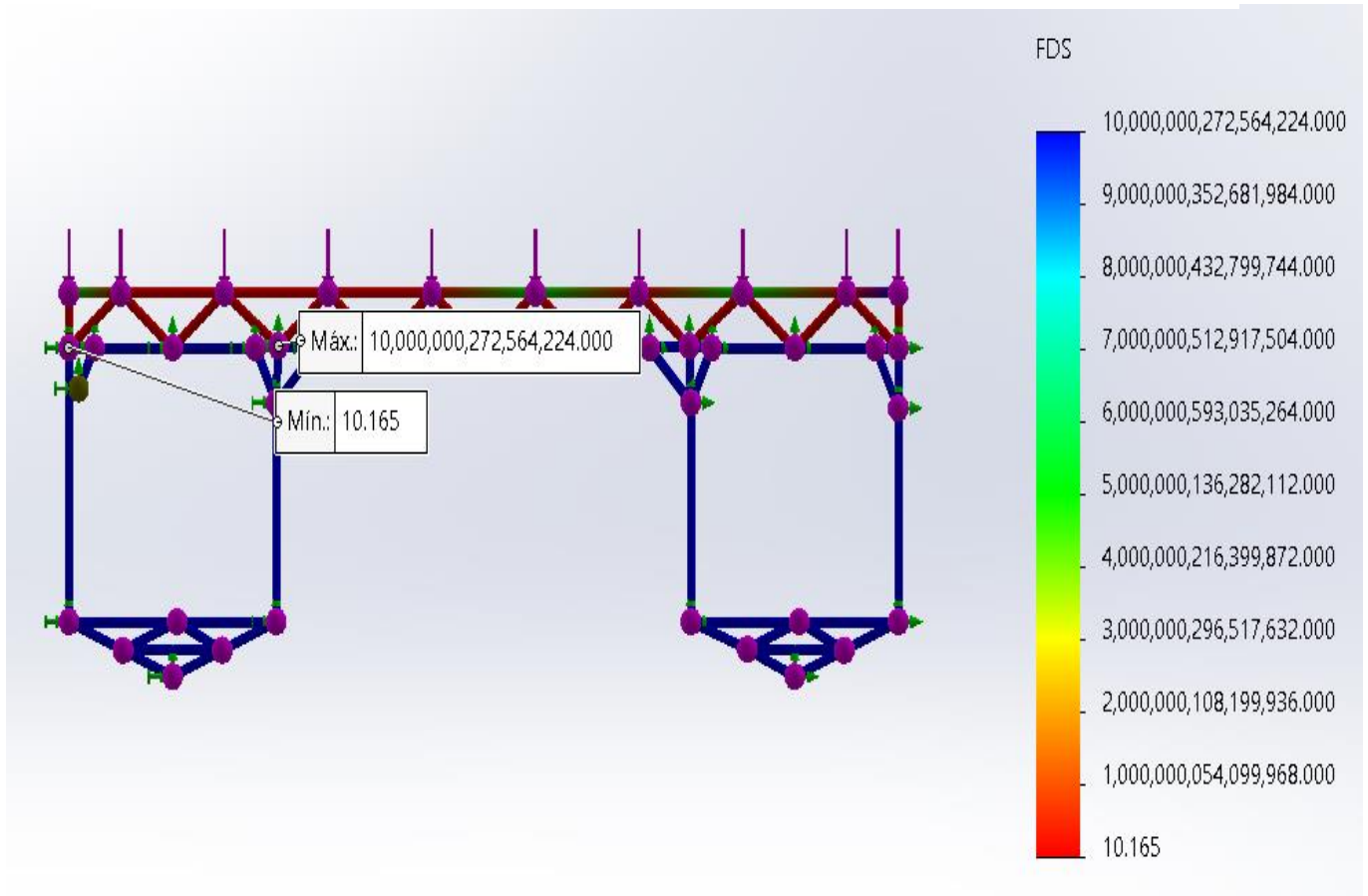
Figura 32: Resultado de desplazamientos con una carga de 10 000 N



Fuente y Elaboración SolidWorks

En la fig. 31 se puede notar que el factor mínimo de seguridad es de 1.016 el cual es aceptable porque va por encima del valor 1, sin embargo esto no garantiza que el material no fallará.

Figura 33: Factor de seguridad con una carga de 10 000 N

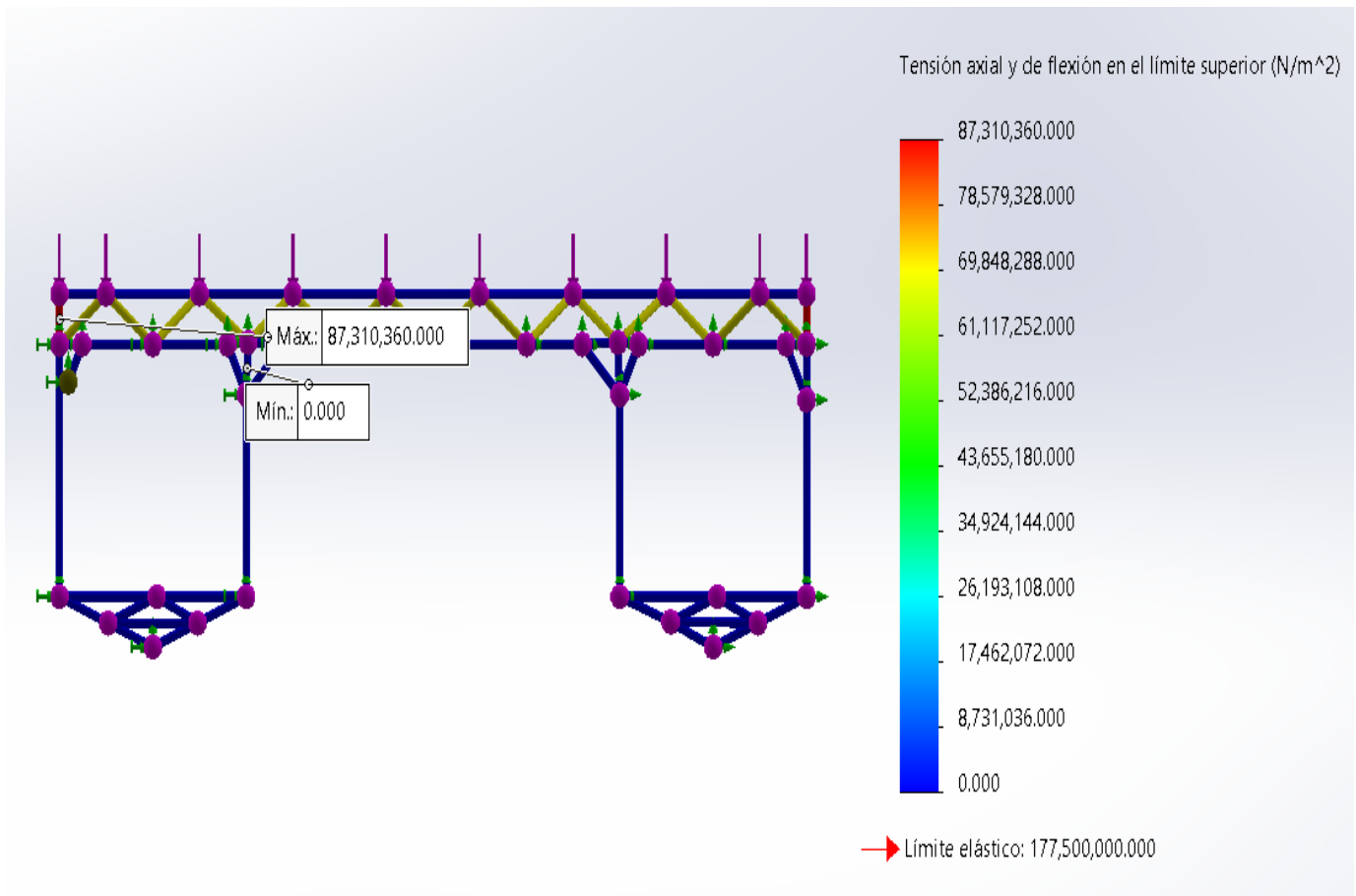


Fuente y Elaboración SolidWorks

### 3.2.2 Aplicando carga de 50 000 N

Con la carga de 50 000 N, el esfuerzo máximo sometido es de 87 310 360 N/m<sup>2</sup>, siendo un valor aceptable ante posibles fallas pues no supera el límite elástico 177 500 000 N/m<sup>2</sup>.

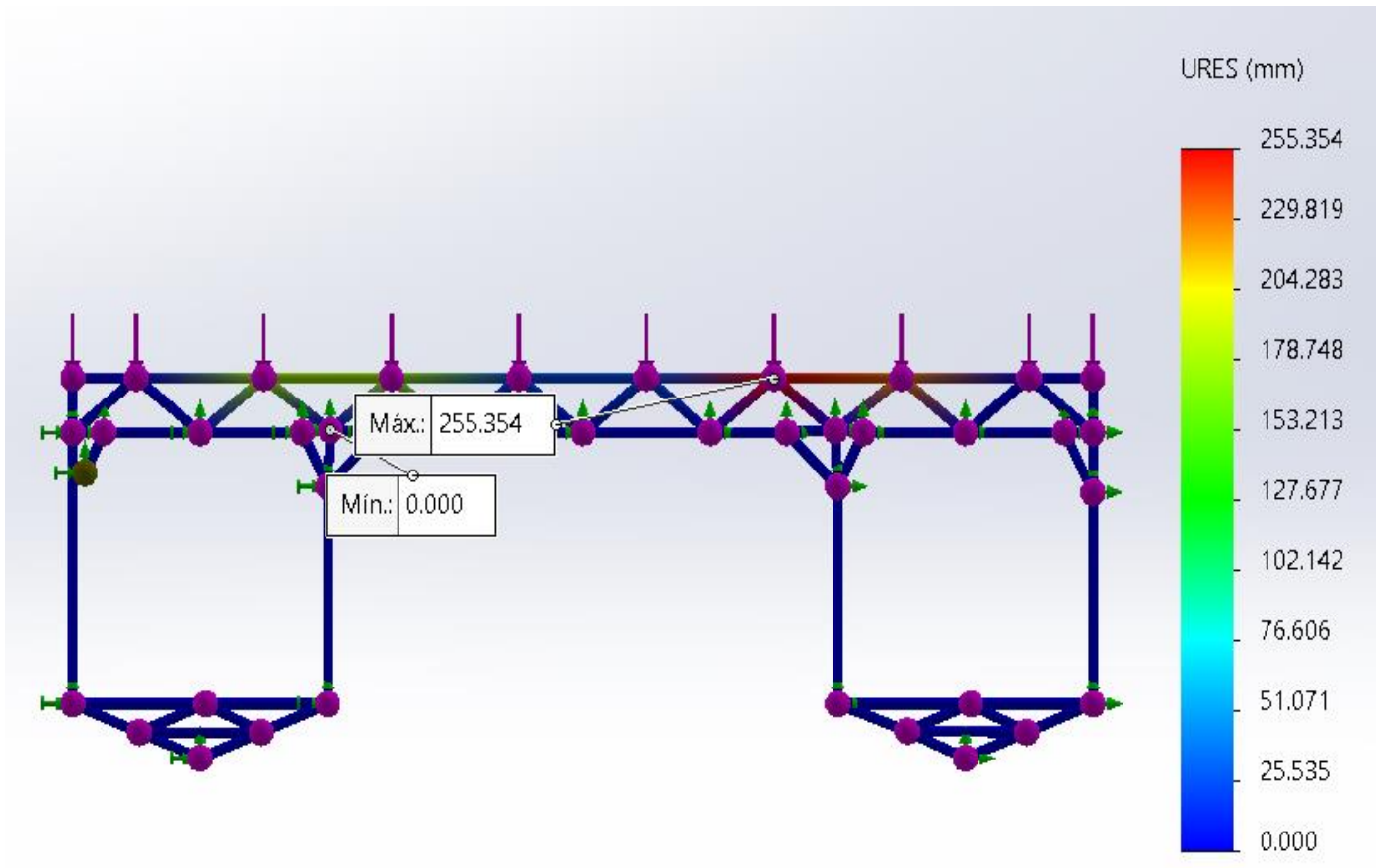
Figura 32: Tensiones con una carga de 50 000 N



Fuente y Elaboración SolidWorks

En la Fig. 33 muestra los desplazamientos de la cuaderna maestra cuando es sometida a fuerzas, obteniendo como desplazamiento máximo de 255.354 mm.

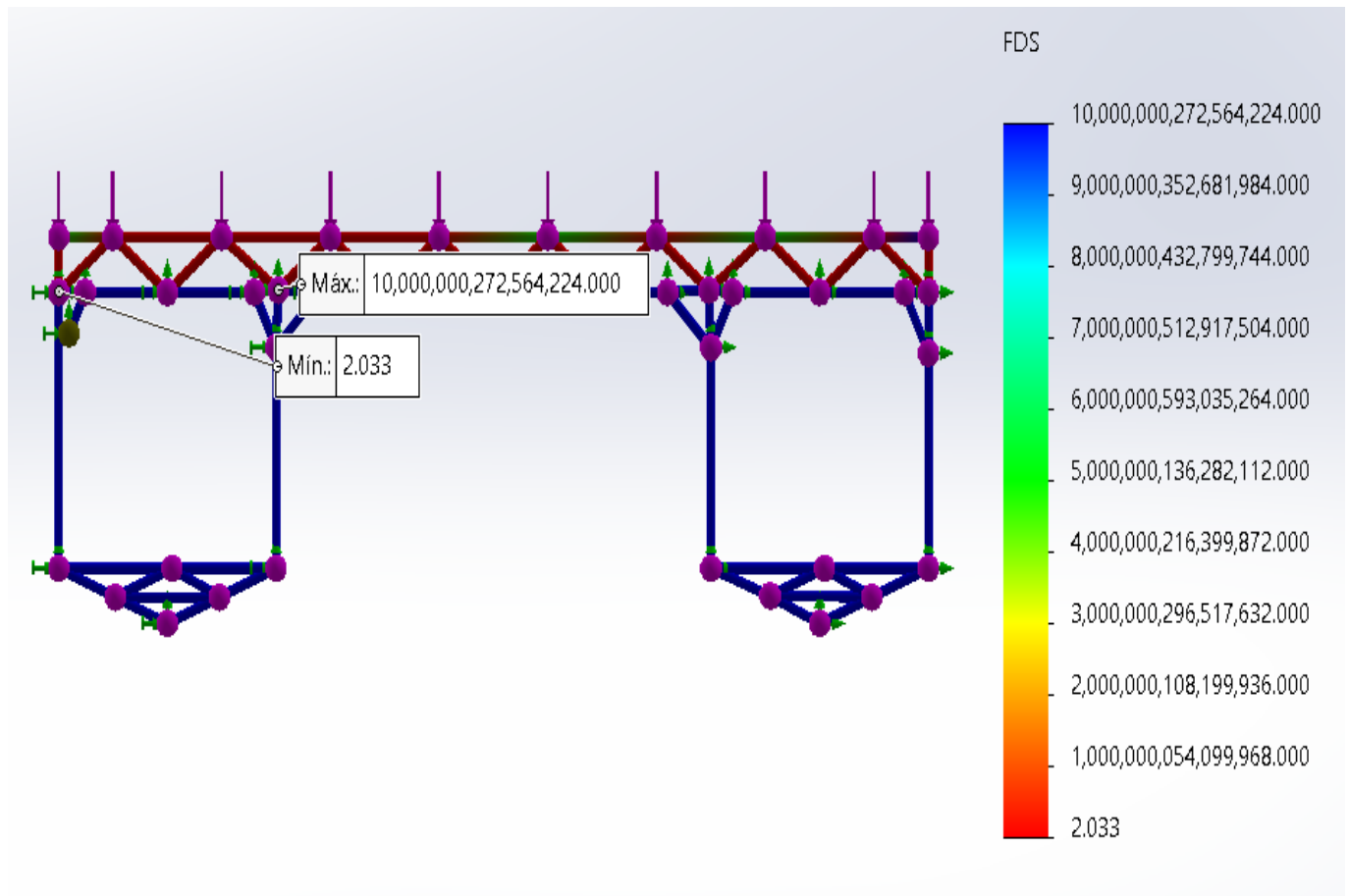
Figura 343: Desplazamientos con una carga de 50 000 N



Fuente y Elaboración SolidWorks

En la fig. 34 se puede notar que el factor mínimo de seguridad es de 1.016 el cual es aceptable porque va por encima del valor 1, sin embargo esto no garantiza que el material no fallará.

Figura 35: Factor de seguridad con una carga de 50 000 N

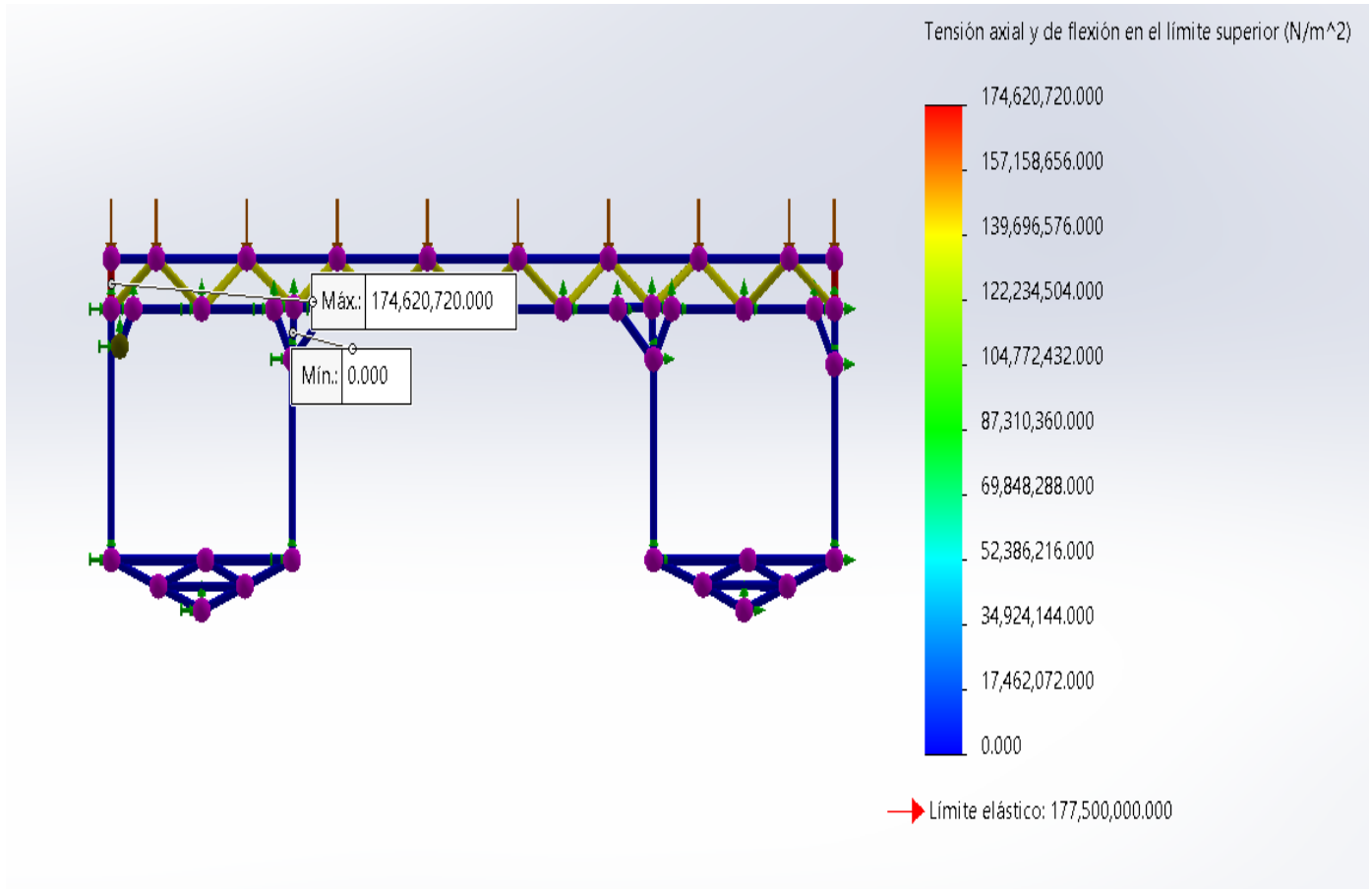


Fuente y Elaboración SolidWorks

### 3.2.3 Aplicando carga de 100 000 N

Con la carga de 100 000 N, el esfuerzo máximo sometido es de 174 620 720 N/m<sup>2</sup>, siendo un valor aceptable ante posibles fallas pues no supera el límite elástico 177 500 000 N/m<sup>2</sup>, pero se debe tener en cuenta que sería más razonable el elegir una carga menor.

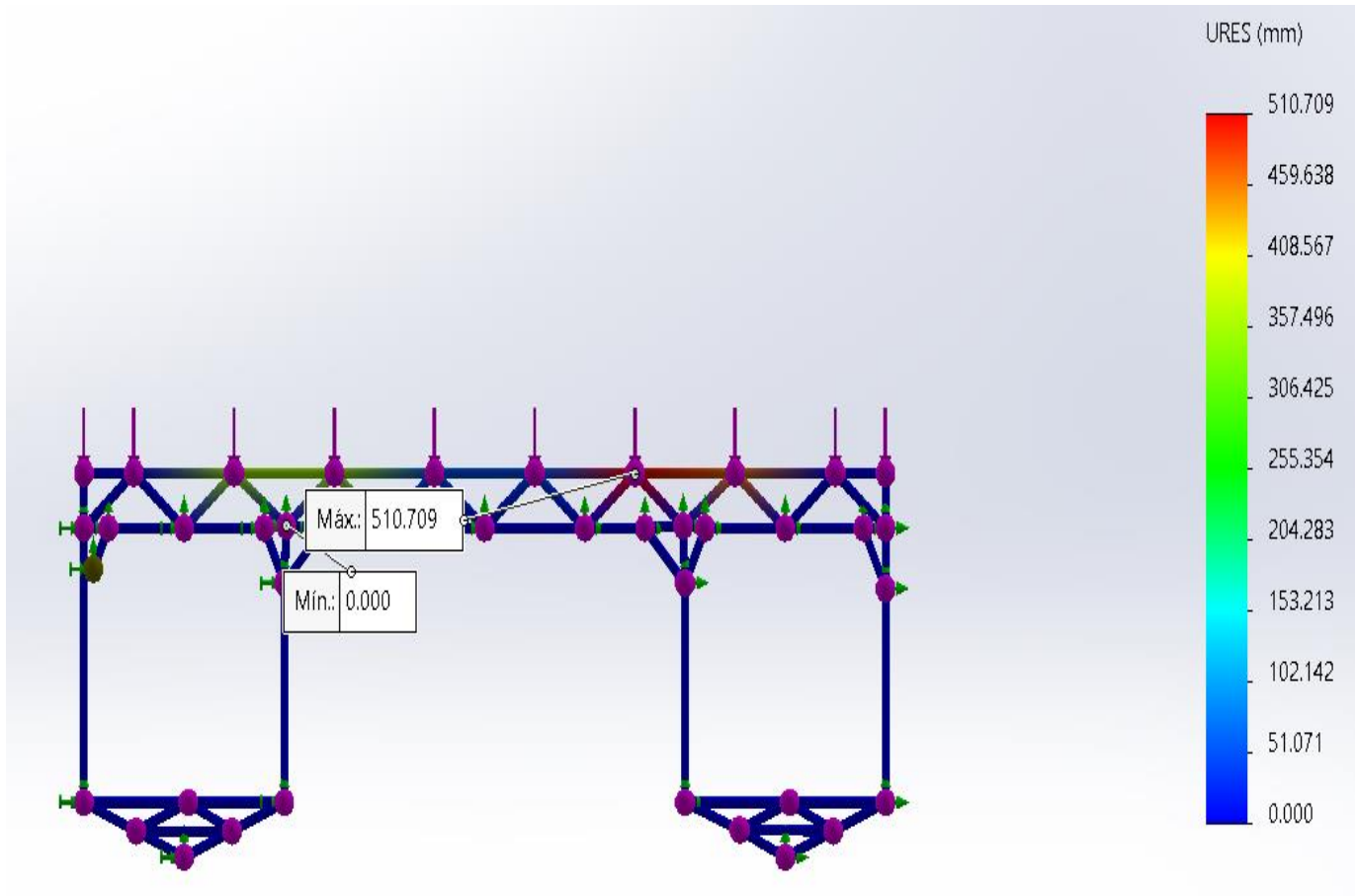
Figura 36: Tensiones con una carga de 100 000 N



Fuente y Elaboración SolidWorks

En la Fig. 36 muestra los desplazamientos de la cuaderna maestra cuando es sometida a fuerzas, obteniendo como desplazamiento máximo de 510.709 mm

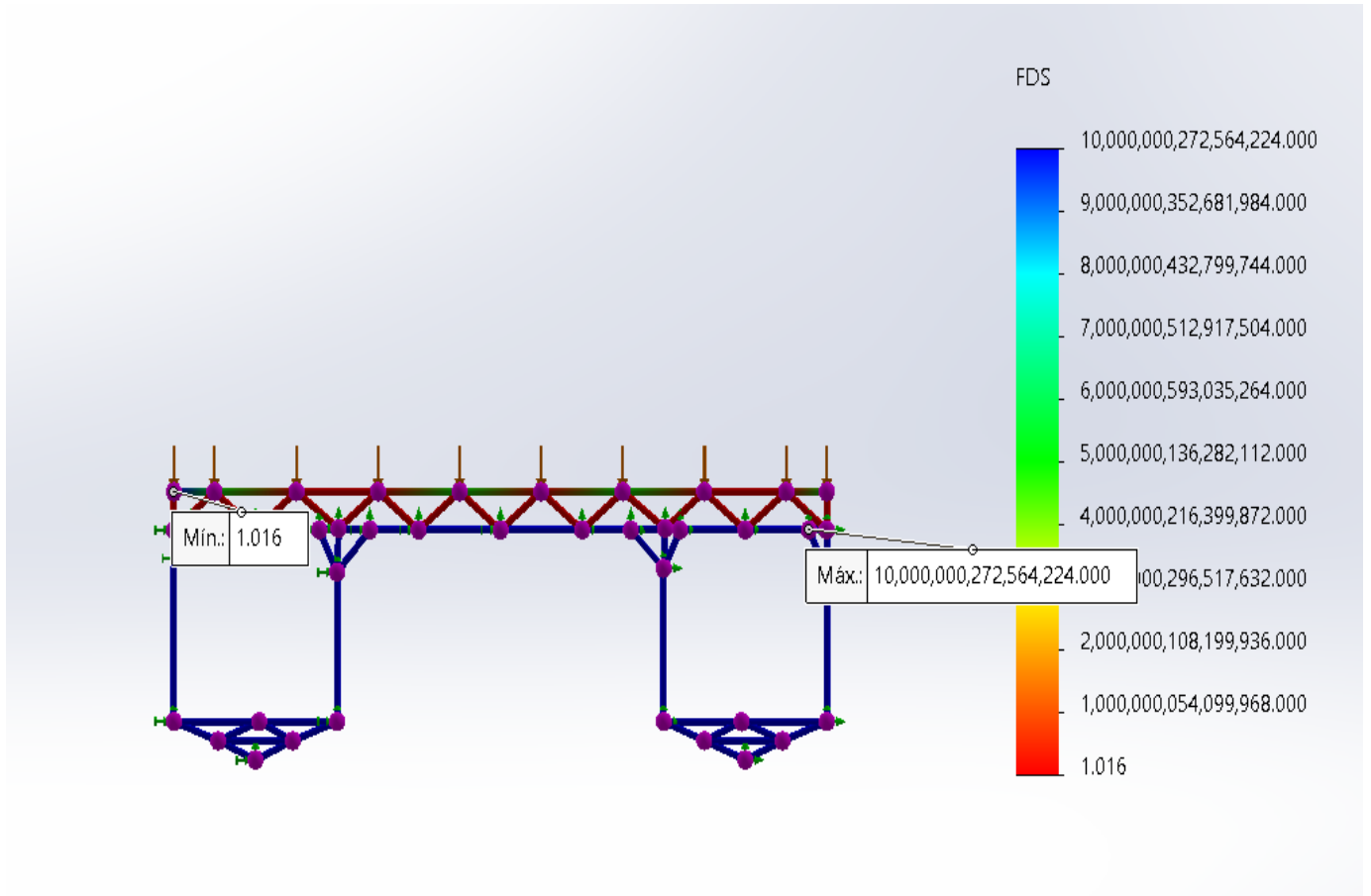
Figura 36: Desplazamientos con una carga de 100 000 N



Fuente y Elaboración SolidWorks

En la fig. 37 se puede notar que el factor mínimo de seguridad es de 1.016 el cual es aceptable porque va por encima del valor 1, sin embargo esto no garantiza que el material no fallará.

Figura 37: Factor de seguridad con una carga de 100 000 N



Fuente y Elaboración SolidWorks



### 3.3 Análisis económico

#### 3.3.1 Estimación de costo de la embarcación

En este capítulo se estimará el costo de la embarcación, teniendo en cuenta los componentes de la embarcación y sus costos, para tener un costo total de la embarcación.

Tabla 45: Estimación costo de materiales

<b>Estimación costo de materiales</b>				
Ítem	Cantidad	Unidad	Valor Unitario S/	Valor total S/
Costo de fibra de vidrio	1500	Ton	25	37 500
Espuma PVC	0.236	Ton	3.24	0.76
Mat + Roving	1.152	Kg	641.78	739.33
Costo total				38 240.09

Fuente: [21]

Elaboración propia

Tabla 46: Estimación costo de materiales

<b>Estimación costo de materiales</b>			
Ítem	S/m2	Area (m2)	Total
Obra viva	46	27.82	1 279.72
Obra muerta	46	11.91	547.86
Cubiertas	46	1.48	68.08
Superestructura	46	0.69	31.74
Costo total			1 927.4

Fuente: [21]

Elaboración propia

Tabla 47: Estimación costo de pintura

<b>Estimación costo de pintura</b>			
Ítem	S/m2	Area (m2)	Total
Obra viva			
1° mano anticorrosiva	3.2	27.82	89.02
2° mano brea epóxica	3.2	27.82	89.02
3° mano sellante	3.2	27.82	89.02
4° mano antifouling	3.2	27.82	89.02
Obra muerta, superestructura			
1° mano anticorrosiva	3.2	12.6	40.32
2° mano esmalte	3.2	1.48	4.74
3° mano esmalte	3.2	0.69	2.21
Cubiertas			
1° mano anticorrosiva	3.2	1.48	4.74
2° mano esmalte alto trafico	3.2	0.69	2.21
3° mano esmalte alto trafico	3.2	0	0
Costo total			410.3

Fuente: [21]

Elaboración propia

Tabla 48: Estimación costo de equipamientos generales

<b>Estimación costo de equipamientos generales</b>				
Ítem	Cantidad	Unidad	S/ Unitario	Total S/
Motor	1	u.	42 544.9	42 544.9
Batería	4	u.	745	2 980
Generadores	1	u.	10 848	10 848
Costo total				56 372.9

Fuente: [21]

Elaboración propia

Tabla 49: Estimación costo de equipamientos de acomodaciones

<b>Estimación costo de equipamientos de acomodaciones</b>				
Ítem	Cantidad	Unidad	S/ Unitario	Total S/
Barra	1	1	500	500
Sillas para pasajeros	12	u.	190	2 280
Sillas para capitán	1	u.	875	875
Vasos y utensilios	36	u.	25	900
Microondas	1	u.	135	135
Frio bar	1	u.	549	549
Costo total				5 239

Fuente: [21]

Elaboración propia

Tabla 50: Estimación costo de equipos de navegación

<b>Estimación costo de equipos de navegación</b>			
Ítem	Cantidad	S/ Unitario	Total S/
Motor	1	42 544.9	42 544.9
Balsas salvavidas (25pax)	4	1 990	7960
Aros salvavidas con luces	8	49.7	397.6
Chalecos salvavidas para niños	10	44	440
Chalecos salvavidas para adultos	10	48	480
Compas magnético magistral	1	840	840
Costo total			52 662.5

Fuente: [21]

Elaboración propia

Tabla 51: Estimación costo de instrumentos electrónicos

<b>Estimación costo de instrumentos electrónicos</b>			
Ítem	Cantidad	S/ Unitario	Total S/
Compas magnéticos	1	1 049	1 049
Radar principal y ecosonda	1	5 749	5 749
Radio VHF	1	578	578
Radio HF	1	3 200	3 200
GPS	1	1 100	1 100
Radar auxiliar	1	1 990	1 990
Costo total			13 666

Fuente: [21]

Elaboración propia

Tabla 52: Estimación costos de construcción

<b>Estimación costos de construcción</b>				
Ítem	N° de personas	N° de horas	Costo unitario	Costo total S/
Ingeniero	1	960	7.5	7 200
Capataz	1	960	4	3 840
Soldadores	2	960	3.5	3 360
Carpintero	1	560	2.87	1 607.2
Arenador	1	120	1.9	228
Electricista	1	240	3.8	912
Pintor	1	240	2.3	552
Guardian	1	960	2	1 920
Costo total				19 619.2

Fuente: [21]

Elaboración propia

Tabla 53: Resultado de estimación de costos

<b>Resultado de estimación de costos</b>	
Ítem	Valor total S/
Costo de materiales	38 240.09
Costo de arenado	1 927.4
Costo de pintura	410.3
Costo de equipamientos general	56 372.9
Costo de equipamientos de acomodaciones	5 239
Costo de equipos de navegación	52 662.5
Costo de instrumentos electrónicos	1 3666
Costo de construcción	19 619.2
<b>Costo total</b>	<b>188 137.39</b>

Fuente: [21]

Elaboración propia



### 3.4 Inversión inicial servicio turismo

#### 3.4.1 Costo inicial

##### ➤ Gastos servicio turismo

##### a. Combustible y lubricantes

Los viajes a realizar serán 8 con un promedio de una hora y media, lo cual sería 8 horas al día, al multiplicarlo por 30 días al mes sería un valor de 240 horas, con un consumo de litros por hora

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo} \left( \frac{\text{lt}}{\text{hr}} \right) * \frac{\text{horas}}{\text{días}} * \frac{\text{días}}{\text{mes}} * \text{precio (lt)} \quad [21]$$

$$\text{Costo mensual} = 8 * 12 * 8 * 90 * 2.874$$

$$\text{Costo mensual} = 198\ 650.88 \text{ soles}$$

El lubricante se estimará en 1% del costo mensual del combustible

$$\text{Costo de lubricante mensual} = 200\ 637.88 \text{ soles} \quad [21]$$

Ahora hallaremos el costo total

$$198\ 650.88 + 200\ 637.88 = 399\ 288.76 \text{ soles}$$

##### b. Mantenimiento (Chequeo de equipos y limpieza)

1 200 soles

##### c. Mano de obra

El personal se contratará en un sueldo aproximado al mes:

Jefe	1 000 soles
Motorista	850 soles
2 tripulantes	600 soles
1 barman	400 soles
1 guardián	300 soles
Total	3 750 soles

Fuente: [21]

Elaboración Propia

#### d. Resultado total

$$399\,288.76 + 3\,750 = 403\,038.6 \text{ soles}$$

Por lo tanto tenemos el costo total de la embarcación el cual es de:

*estimacion del costo del catamaran + inversion inicial*

$$188\,137.39 + 403\,038.6 = 591\,175.99 \text{ soles}$$

### 3.4.2 Servicio turístico

#### a. Flujo de personas

La embarcación presenta en el proyecto tiene capacidad para 12 personas por viaje, por ello se calculará según a temporadas, dando un aproximado máximo de pasajeros.

Temporada alta:

$$X = 8 * 12 \quad [21]$$

$$X = 96 \text{ pasajeros}$$

Temporada baja:

$$X = 5 * 12 \quad [21]$$

$$X = 60 \text{ pasajeros}$$

Al ser recorridos cortos se estima que en temporada de alta se tendrá 96 pasajeros al día y en temporadas bajas 60 pasajeros.

Al año hay 365 días de los cuales para este servicio en temporadas altas se tomará 90 días y temporadas bajas se tomará 60 días, se toma estos días teniendo en cuenta que la embarcación se podrá utilizar para otros servicios.

Por lo tanto

Temporada alta:

$$Q_1 = M * N \quad [21]$$

Donde:

$Q_1$  = Flujo de pasajeros en temporadas altas

$M$  = Promedio de pasajeros

$N$  = Numero de días operacionales

$$Q_1 = 96 * 90$$

$$Q_1 = 8\,640 \text{ pasajeros}$$

Temporada baja:

$$Q_2 = M * N \quad [21]$$

Donde:

$Q_2$  = Flujo de pasajeros en temporadas bajas

$M$  = Promedio de pasajeros

$N$  = Numero de días operacionales

$$Q_2 = 60 * 60$$

$$Q_2 = 3\,600 \text{ pasajeros}$$

$$Total = Q_1 + Q_2 \quad [21]$$

$$Total = 8\,640 + 3\,600$$

$$Total = 12\,240$$

En total tenemos 12240 pasajeros en 90 días de operación.

Para tener un estimado de cuantos pasajeros diarios promedio tendríamos el siguiente calculo:

$$N^\circ \text{ de pasajeros diarios promedio} = \frac{Q_1 + Q_2}{90} \quad [21]$$

$$N^\circ \text{ de pasajeros diarios promedio} = \frac{8\,640 + 3\,600}{90}$$

$$N^\circ \text{ de pasajeros diarios promedio} = \frac{8\,640 + 3\,600}{90}$$

$$N^\circ \text{ de pasajeros diarios promedio} = 6\,120$$

#### **b. Estimación de ingresos**

El costo por pasaje de cada persona es en promedio de 25 soles, y un promedio mínimo de 25 soles por servicio de bebidas u otros servicios brindados en la embarcación, por ello se estimará lo siguiente

$$12\,240 * 50 = 612\,000 \text{ soles}$$

**c. Resultado total de la inversión del servicio de turismo**

*Ingreso de servicio de turismo*

– *costo de inversion servvicio turismo*

$$612\,000 - 403\,038.6 = 208\,961.4 \text{ soles}$$

**3.4.3 Servicio Pesca**

➤ **Ingresos por captura de peces**

Para la evaluación consideraremos los meses marzo-noviembre

Ingreso por captura	
Días de navegación	275
Captura Sardina	10 580 ton
Precio promedio	25*10 580=264 500
Captura Jurel	1 500 ton
Precio promedio	1 500*29=43 500
Total de ingreso	308 000 soles

➤ **Costo inicial**

**Gastos servicio pesca**

**a. Combustible y lubricantes**

Los viajes a realizar serán 1 con un promedio de 10, lo cual sería 10 horas al día, al multiplicarlo por 30 días al mes sería un valor de 30 horas, con un consumo de litros por hora:

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo} \left( \frac{\text{lt}}{\text{hr}} \right) * \frac{\text{horas}}{\text{días}} * \frac{\text{días}}{\text{mes}} * \text{precio (lt)} \quad [21]$$

$$\text{Costo mensual} = 1 * 15 * 10 * 240 * 2.874$$

$$\text{Costo mensual} = 103\,464 \text{ soles}$$

El lubricante se estimará en 1% del costo mensual del combustible

$$\text{Costo de lubricante mensual} = 1034.64 \text{ soles} \quad [21]$$

Ahora hallaremos el costo total

$$103\,464 + 1\,034.64 = 188\,097.55 \text{ soles}$$

#### **b. Mano de obras**

El personal se contratará en un sueldo aproximado al mes:

Jefe	2 000 soles
Motorista	850 soles
6 tripulantes	1 200 soles
Total	10 050 soles

Fuente: [21]

Elaboración Propia

#### **c. Comidas y bebidas**

El promedio de costo de la comida y bebida será de una manera aproximada según la tripulación de 150 soles

$$\text{Gasto mensual} = 150 * 240$$

$$\text{Gasto mensual} = 36\,000 \text{ soles}$$

#### **d. Total de gastos**

$$188\,097.55 + 10\,050 + 36\,000 = 234\,147.55 \text{ soles}$$

#### **e. Resultado total de la inversión del servicio de pesca**

$$308\,000 - 234\,147.55 = 73\,852.45 \text{ soles}$$

#### **3.4.4 Servicio Carga**

Para el servicio de carga el análisis económico no se realizará por motivo que no hay una data o una fuente que brinde información sobre gasto en esta actividad.

Para el análisis económico se realizó primero el cálculo de costo de la construcción de la embarcación, en el cual se obtuvo un promedio total de 188 136.964 soles, una vez realizado el cálculo se estimó para cada servicio cuanto de ganancia se obtendría, para el servicio de turismo en 3 meses con temporadas altas y bajas se obtendría una ganancia de 168 116.3 *soles* y para el servicio de pesca y carga para 9 meses se obtendría una ganancia de 73 852.448 *soles*.

## V. Conclusiones

Al realizar el análisis de las chalanas podemos concluir que las embarcaciones en su mayoría son construidas de madera, no siguen un reglamento de construcción y lo hacen de una manera empírica donde no brindan seguridad al navegar pues carecen de estabilidad, su resistencia al avance es muy alto y suelen ser lentas. Estas embarcaciones se dedican en su mayoría de forma legal a la pesca y se tiene conocimiento que se dedican al transporte de personas y carga pero no hay una fuente confiable que corroboré esta información. El sistema de propulsión utilizada es motor (99.99)% los cuales son fijos o fuera de borda, dejando de lado el uso del remo, la potencia de su motor más utilizado es de 25 – 45 hp lo cual es una energía que no brinda una buena velocidad, la capacidad de bodega en su mayoría es de 2 a 5 toneladas con un sistema de conservación de pescado utilizado como la caja isotérmica, el tipo de aparejo utilizado para la pesca en un 88.27% es de cortina y el año de construcción (54.32%) de las embarcaciones es entre 2001 y 2010.

Al proponer el diseño de un catamarán con proa invertida, se concluyó que dicha embarcación brinda una buena estabilidad, su proa invertida ayuda a tener una menor resistencia al avance conforme se aumenta la velocidad y ayuda en lo económico pues se consume menos combustible, esta embarcación al ser catamarán brinda un mayor área y es aprovechado para los servicios a brindar, el cálculo de escantillonado nos muestra que la embarcación al ser construida en fibra de vidrio es totalmente liviana a diferencia de una embarcación monocasco construida de madera y de las mismas medidas.

Se realizó un análisis económico del proyecto tomando en cuenta cada temporada por meses y se concluyó que la construcción de la embarcación es totalmente factible, el cual se obtiene ganancia por servicio de turismo por 3 meses de 168 116.3 soles, servicio de pesca por 9 meses de 73 852.448 soles y el servicio de carga no se tiene datos de una fuente confiable para poder realizar su análisis.



## **VI. Recomendaciones**

Realizar un estudio normativo para tener una base de construcción, que respete las condiciones que necesita una embarcación para navegar.

Realizar un estudio de salud ocupacional a bordo, para salvaguardar la vida de los tripulantes y pasajeros.

Realizar un estudio de materiales para la construcción de las embarcaciones, para regirse que material cumple con los requisitos para su construcción

Realizar un análisis de sistema de propulsión, para determinar el sistema propulsivo adecuado para una embarcación.

## VII. Bibliografía

- [1] H. B. G. Lindao, Estudio de la eficiencia hidrodinámica de un casco con proa tipo X-Bow por modelamiento de dinámica computacional de fluidos, para la embarcación pesquera típica peruana, Universidad Nacional de Ingeniería Perú, 2019.
- [2] J. G. Peña, Design of a wing sail catamaran for passenger's transport (structural analysis), Facultat de Nàutica de Barcelona, 2019.
- [3] I. N. d. Estadística, «III Censo nacional de la pesca artesanal ámbito marítimo 2015,» 2015.
- [4] M. M. Martínez, Estimación y análisis paramétrico de la resistencia al avance de embarcaciones catamaranes con pantoque redondeado mediante métodos numéricos, Universidad Politécnica de Cartagena, 2016.
- [5] W. Marín Soto y G. Domalain, Atlas de la pesca artesanal, Atlas, 2016.
- [6] J. A. Castro, Mejoras en el comportamiento de los Buques del < 24 metros, en condiciones Meteorológicas y estados de la mar Adversos, a través de la investigación Factual de los siniestros marítimos, Universidade da Coruña, 2017.
- [7] C. Diaz, M. R. Mejía Concha y L. Victoria del Pilar, Análisis de la oferta y demanda turística y diseño de un circuito turístico, provincia Ilo, Moquegua - 2015, Universidad Católica de Santa María, 2015.
- [8] K. A. Olsson, Programa para el cálculo dimensional de un buque, Universidad Politécnica de Cartagena, 2016.
- [9] D. C. Chiew, Diseño y cálculo de una embarcación sin licencia de 5 m de eslora, Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica, 2016.

- [10] J. -. F. Boudesseul, Análisis hidrodinámico y de estabilidad de un buque petrolero, Escuela de Ingeniería de Bilbao, Portugalete, 2017.
- [11] Ted Clements, «Vessel Stability, » 2009. [En línea]. Available: <https://catamaranconcepts.com/2009/06/15/stability/>. [Último acceso: 27 Mayo 2020].
- [12] M. V. Peteghem, Resistance Prediction for Cruising Motor Catamarans, Ship Hydromrchanics, 2009.
- [13] M. R. B. Rodríguez, Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero, 2008.
- [14] J. K. Elsa Galarza, Pesca artesanal: oportunidades para el desarrollo regional, Lima, 2015.
- [15] J. F. A. M. (. R. G. C. Gladis Castillo, «Tercera encuesta estructural de la pesquería artesanal en el litoral peruano. Resultados generales,» Callao, 2018.
- [16] FAO, «Seguridad de los pescadores en pequeña escala en el mar,» Roma, 2020.
- [17] J. G. S. Reyes, Estudio técnico para industrializar lanchas de fibra de vidrio en el taller "Zambrano océano fibra, ubicado en la parroquia Anconcito, Provincia de Santa Elena", Universidad Estatal Península Elena, 2018.
- [18] L. M. S. Piracés, Materiales compuestos: Modelaje y estudio de una motora de 5,8 metros de eslora., Facultat de Nàutica de Barcelona, 2019.
- [19] ABS, «American Bureaun of Shipping, » July 2013. [En línea]. [Último acceso: 26 mayo 2020].

- [20] OMI/FAO/OIT, «Recomendaciones de seguridad para los buques pesqueros con cubierta de eslora inferior a 12 metros y los buques pesqueros sin cubierta,» E-ISBN 978-92-5-307969-8 (PDF), Roma, 2014.
  
- [21] O. E. A. G. B. Valdivia, Anteproyecto de una embarcación de turismo, Chile, 2010.
  
- [22] F. D. Y. Folgueral, Diseño y cálculo de una embarcación sin licencia de 5 m de eslora, Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica, 2016.
  
- [23] V. Dubrovsky y A. Lyakhovitsky, Multi-hull Ships, Backbone Publishing Company, 2001.
  
- [24] J. Olivella Puig, Teoría del Buque: Flotabilidad y Estabilidad, Barcelona: Edición de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL, 1994.
  
- [25] IMO, Recomendaciones de seguridad para los buques pesqueros con cubierta de eslora de inferior a 12 metros y los buques pesqueros sin cubierta, Roma, 2014.

## VIII. Anexos

Anexo 1: Lista de variables de embarcaciones artesanales, ENEPA III 2015

Variable	Descripción
ID	Identificador
REGION	Región
LUGAR	Lugar
S4_4	4. ¿Cuál es el tipo de embarcación?
S4_5	5. ¿Cuál es el material del casco de la embarcación?
S4_6_4r	Rango de capacidad de bodega (t)
S4_6_1r	Rango de eslora (m)
S4_8	8. ¿Cuál es el sistema de propulsión de la embarcación?
S4_9r	9. ¿Cuál es la ubicación del motor?
S4_10_3r	Rango de potencia
S4_7r	7. ¿Cuál es el sistema de conservación ...
S6_1_1r	¿Su embarcación tiene Chalecos salvavidas
S6_1_2r	¿Su embarcación tiene Aro salvavidas
S6_1_3r	¿Su embarcación tiene Linterna de mano
S6_1_4r	¿Su embarcación tiene Radiobaliza
S6_1_5r	¿Su embarcación tiene Espejo de señales
S6_1_6r	¿Su embarcación tiene Silbato
S6_1_7r	¿Su embarcación tiene Botiquín
S6_1_8r	¿Su embarcación tiene Extintor
S6_1_9r	¿Su embarcación tiene GPS
S6_1_10r	¿Su embarcación tiene Compas magnético
S6_1_11r	¿Su embarcación tiene Radar
S6_1_12r	¿Su embarcación tiene Radio VHF UHF
S6_1_13r	¿Su embarcación tiene Ecosonda
S6_1_14r	¿Su embarcación tiene Sonar
S6_1_15r	¿Su embarcación tiene Ninguno
S5_1	1. ¿Cómo adquirió su embarcación?
S5_2	2. ¿La compra fue:
S4_3r	Año de construcción de la embarcación
S4_11	11. ¿Inscribió esta embarcación en los registros públicos?
S4_11_1r	¿Por qué No Inscribió su embarcación en los registros públicos?
S7_1r	1. En los últimos 12 meses, ¿Cuál es el aparejo o arte de pesca ...
Num_artes	Número de artes o aparejos de pesca

Fuente y elaboración: IMARP

## Anexo 2: Factor de forma

$$(1+k)_{ship} = 1.72 - f \cdot \left( \frac{L}{\nabla^{1/3}} \right)^g \cdot \left( \frac{B}{T} \right)^{-0.1}$$

$$1 \cdot 10^9 < Re < 2 \cdot 10^9$$

$$f = 2.25 \cdot Fn^2 - 4.47 \cdot Fn + 1.61$$

$$f = 0.61$$

$$g = 0.76 - 1.09 \cdot f$$

valid for  $0.6 < Fn < 1.0$ valid for  $Fn > 1.0$ 

Fuente: [12]

$$g = 0.76 - 1.09(0.61) \quad [12]$$

$$g = 0.0951$$

Donde:

$$(1+k) = 1.72 - 0.61(3.697)^{0.0951} * (2)^{-0.1}$$

$$(1+k) = 1.075$$

## Anexo 3: Factor de popa con espejo de popa sumergida

		With tunnel	Without tunnel
	s / Lwl (-)		
Mono	1.0	1.045	1.038
Cata	0.5	1.060	1.087
Cata	0.3	1.080	1.101

Fuente: [12]

En el anexo 2 el valor de (1+k) nos dio un resultado de 1.075, pero debido al factor de forma para catamaranes con túnel con la relación  $\frac{s}{Lwl} = 0.469$  tomaremos el valor que más se acerque a este resultado:

Entonces el valor a tomar será 1.060

Anexo 4: Constante de regresión de resistencia de ola para catamarán

$F_n$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$R^2$
0.5	1.501	-2.632	-0.201	-1.554	-0.132	1.070	-1.460	0.99
0.6	1.122	-2.817	-0.305	-1.265	-0.090	0.971	-1.259	0.99
0.7	0.613	-2.734	-0.278	-1.290	-0.064	0.988	-1.317	0.99
0.8	0.282	-2.652	-0.195	-1.472	-0.052	0.996	-1.395	0.99
0.9	0.209	-2.668	-0.111	-1.645	-0.048	1.002	-1.422	0.99
1.0	0.356	-2.820	-0.056	-1.756	-0.052	0.964	-1.339	0.99
1.1	0.878	-3.129	0.000	-1.640	-0.068	0.974	-1.171	0.99
1.2	1.455	-3.476	0.000	-1.365	-0.092	1.051	-0.962	0.99
1.3	1.594	-3.615	0.000	-1.105	-0.069	1.179	-0.873	0.99
1.4	2.337	-4.056	-0.032	-0.658	-0.072	1.338	-0.614	0.99

Fuente: [12]

Anexo 5: Constante de regresión de resistencia de ola para Monocasco

$F_n$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$R^2$
0.5	0.30	-1.2168	-2.2795	-2.5075	1.4337	0.96
0.6	0.41	-1.4599	-1.9655	-2.4304	1.5754	0.98
0.7	0.68	-2.1421	-1.6111	-1.6934	1.1637	0.99
0.8	0.78	-2.4272	-1.5211	-1.4089	1.0263	0.99
0.9	0.87	-2.6947	-1.5148	-1.1202	0.8731	0.98
1.0	0.93	-2.9213	-1.5536	-0.8650	0.7080	0.98
1.1	1.00	-3.1409	-1.5821	-0.6142	0.5526	0.98
1.2	1.16	-3.3948	-1.5593	-0.3228	0.4110	0.97
1.3	1.38	-3.6728	-1.5278	0	0.2509	0.97
1.4	1.65	-3.9787	-1.5547	0.35234	0	0.97

Fuente: [12]

Anexo 6: Coeficiente de resistencia de olas para un solo casco

$$C_{Wmon} = C_1 \left( \frac{LWL}{\sqrt{3}} \right)^{C_2} * \left( \frac{LCB}{LCF} \right)^{C_3} * \left( \frac{B}{T} \right)^{C_4} * C_B^{C_5}$$

[12]

 $C_{Wmon}$  = Coeficiente de ola de monocasco. [12] $C_B$  = Coeficiente de bloque. [12] $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$ ; son constantes de regresión. [12] (Anexo 5)

$$C_{Wmon} = C_1 \left(\frac{LWL}{\nabla^3}\right)^{C_2} * \left(\frac{LCB}{LCF}\right)^{C_3} * \left(\frac{B}{T}\right)^{C_4} * C_B^{C_5} \quad [12]$$

$$C_{Wmon} = 1.16(3.637)^{-3.3948} * (1.013)^{-1.5593} * (2)^{-0.3228} * 0.354^{0.4110}$$

$$C_{Wmon} = 0.007406$$

#### Anexo 7: Número de Reynolds

$$Re = \frac{V * L}{\nu} \quad [12]$$

V= velocidad del catamarán. [12]

$\nu$  = Viscosidad cinemática del agua de mar en  $\frac{m^2}{seg} = 1.19 * 10^{-06}$ . [12]

L = Eslora del catamarán en m. [12]

$$Re = \frac{10.2889 * 6.3948}{1.19 * 10^{-06}}$$

$$Re = 5.529 * 10^{07}$$

#### Anexo 8: Coeficiente de fricción de la ITT57 (Hughes)

$$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log_{10} * Re - 2)^2}$$

[12]

$$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log_{10} * 5.529 * 10^{07} - 2)^2}$$

$$C_{F0} = 0.00227$$



## Anexo 9: Resistencia por formación de olas del semicasco

$$R_{Wmon} = C_{Wmon} * \frac{1}{2} * \rho * v^2 * S_C$$

[12]

$S_C$  = superficie mojada de un casco en  $m^2$ . [12]

$$R_{Wmon} = C_{Wmon} * \frac{1}{2} * \rho * v^2 * S_C \quad [12]$$

$$R_{Wmon} = 0.007406 * \frac{1}{2} * 1.026 * 10.2889^2 * 11.8155$$

$$R_{Wmon} = 4.752 \text{ kN}$$

## Anexo 10: Resistencia de fricción superficial

$$R_{F0} = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * S_C * C_{F0} \quad [12]$$

$$R_{F0} = \frac{1}{2} * 1.025 * 10.2889^2 * 11.8155 * 0.00227$$

$$R_{F0} = 1.455 \text{ kN}$$

## Anexo 11: Resistencia de casco liso utilizando el factor de forma de Hughes

$$R_{BHmon} = R_{Wmon} + (1 + k) * R_{F0} \quad [12]$$

$$R_{BHmon} = 5.321 + (1.060) * 1.634$$

$$R_{BHmon} = 7.054 \text{ kN (un solo casco)}$$

## Anexo 12: Coeficiente de resistencia de olas del catamarán

$$C_{Wcat} = C_1 \left(\frac{L_{WL}}{\frac{1}{\nabla^3}}\right)^{C_2} * \left(\frac{s}{L_{WL}}\right)^{C_3} * \left(\frac{LCB}{LCF}\right)^{C_4} * i_E^{C_5} * C_B^{C_6} * \left(\frac{B}{T}\right)^{C_7} \quad [12]$$

$$C_{Wcat} = 1.455(3.637)^{-3.476} * (0.469)^0 * (1.013)^{-1.365} * 20.6^{-0.092} \\ * 0.354^{1.051} * 2^{-0.962}$$

$$C_{Wcat} = 0.002097$$

## Anexo 13: Resistencia por formación de olas para el catamarán

$$R_{Wcat} = C_{Wcat} * \frac{1}{2} * \rho * v^2 * S \quad [12]$$

$$R_{Wcat} = 0.002097 * \frac{1}{2} * 1.025 * 10.2889^2 * 23.631$$

$$R_{Wcat} = 2.623 \text{ kN}$$

## Anexo 14: Resistencia de casco liso del catamarán utilizando el factor de forma

$$R_{BHcat} = R_{Wcat} + (1 + k) * R_{F0} \quad [12]$$

$$R_{BHcat} = 2.623 + 1.060 * 1.634$$

$$R_{BHcat} = 4.669 \text{ kN (catamaran)}$$

## Anexo 15: Resistencia residual

Primero se halla la resistencia residual de un casco:

$$R_{Rmon} = R_{BHmon} - R_{F0} \quad [12]$$

$$R_{Rmon} = 7.054 - 1.634$$

$$R_{Rmon} = 6.266 \text{ kN}$$

Ahora se halla la resistencia residual del catamarán

$$R_{Rcat} = R_{BHcat} - R_{F0} \quad [12]$$

$$R_{Rcat} = 4.699 - 1.459$$

$$R_{Rcat} = 3.2104 \text{ kN}$$

Anexo 16: Resistencia a las interferencias entre los cascos del catamarán  $R_{Icat}$

$$R_{Icat} = R_{Rcat} - 2 * R_{Rmon} \quad [12]$$

$$R_{Icat} = 3.2104 - 2 * 6.266$$

$$R_{Icat} = -9.321 \text{ kN}$$

Donde:

$R_{Rcat}$ = Resistencia residual del catamarán.

$R_{Rmon}$ = Resistencia residual del monocasco

#### Anexo 17: Resistencia Area

La resistencia area es muy importante en el cálculo de la resistencia al avance, pues podremos ver cómo va a influir el aire en la embarcación. Para hacer el cálculo se aplica la siguiente formula. [12]

$$R_{AA} = \frac{1}{2} * \rho_A * V_R^2 * A_V * C_{AA} \quad [12]$$

Donde:

$\rho_A$ = Densidad del aire (1.266 kg/m<sup>3</sup>). [12]

$A_V$ = Area expuesta al viento m<sup>2</sup>. [12]

$C_{AA}$ = Coeficiente de resistencia del aire. [12] (Anexo)

$V_R$ = Es la velocidad del casco más la componente de velocidad del viento en la dirección de la navegación. [12]

$$V_R = 13.89 - 9.44 \quad [12]$$

$$V_R = 4.023 \text{ m/s}$$

$$R_{AA} = \frac{1}{2} * 1.266 * 4.048^2 * 20.213 * 0.45 \quad [12]$$

$$R_{AA} = 0.093 \text{ kN}$$

### Anexo 18: Resistencia por apéndices

La resistencia por apéndices es la resistencia de la superficie de la embarcación al avance. Para hallar esta resistencia se hace a través de la siguiente ecuación. [12]

$$R_{Ap} = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * S_{AP} (1 + k_2)_{eq} * C_{F0} \quad [12]$$

$$R_{Ap} = \frac{1}{2} * 1.025 * 10.2889^2 * 0 * 2 * 0.00227$$

$$R_{Ap} = 0 \text{ kN}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad del aire (1.266 kg/m<sup>3</sup>). [12]

$v^2$  = velocidad en m/s. [12]

$S_{AP}$  = Area de la superficie mojada de apéndices. [12]

$(1 + k_2)_{eq}$  = factor de forma de apéndice. [12]

$C_{F0}$  = coeficiente de resistencia friccional. [12]

Entonces con todo nuestro resultado podremos hallar la resistencia total de la embarcación a 12 nudos.

$$R_{Tcat} = 2 * R_{BHmon} + R_{Icat} + R_{Ap} + R_{AA} + R_W \quad [12]$$

$$R_{Tcat} = 2 * 7.0535 - 9.321 + 0 + 0.114016 + 2.623$$

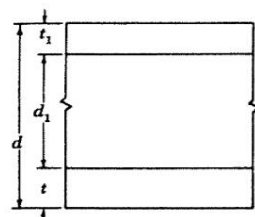
$$R_{Tcat} = 7.522 \text{ kN}$$

## Anexo 19: Coeficiente según el radio

<b><i>k</i></b>	<b><i>aspect ratio</i></b>
<b>0.028</b>	<b>&gt; 2.0 : 1</b>
<b>0.028</b>	<b>2.0 : 1</b>
<b>0.027</b>	<b>1.9 : 1</b>
<b>0.027</b>	<b>1.8 : 1</b>
<b>0.026</b>	<b>1.7 : 1</b>
<b>0.025</b>	<b>1.6 : 1</b>
<b>0.024</b>	<b>1.5 : 1</b>
<b>0.023</b>	<b>1.4 : 1</b>
<b>0.021</b>	<b>1.3 : 1</b>
<b>0.019</b>	<b>1.2 : 1</b>
<b>0.016</b>	<b>1.1 : 1</b>
<b>0.014</b>	<b>1.0 : 1</b>

Fuente: [12]

## Anexo 20: Constante k2 para el material de espuma



$k_2$	$\frac{d_1}{0.5(t + t_1)}$
0.86	2
0.79	4
0.76	6
0.74	8
0.72	10
0.71	12
0.71	14
0.70	16
0.70	18
0.70	20

Fuente: [12]