

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL**



**DISEÑO DE UN CATAMARÁN DE SERVICIOS DE 10 METROS DE  
ESLORA PARA LA COSTA PERUANA**

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

**AUTOR  
CARLA ELIZABETH TANTALEAN CHUPILLON**

**ASESOR  
MANUEL ARCENIO URCIA LARIOS  
<https://orcid.org/0000-0003-2330-1300>**

**Chiclayo, 2022**

# **DISEÑO DE UN CATAMARÁN DE SERVICIO DE 10 METROS DE ESLORA PARA LA COSTA PERUANA**

PRESENTADA POR:

**CARLA ELIZABETH TANTALEAN CHUPILLON**

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

**INGENIERO NAVAL**

APROBADA POR:

Alexander Querevalu Morante  
PRESIDENTE

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta  
SECRETARIO

Manuel Arcenio Urcia Larios  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

A mí madre por ser mi motor y motivo de superación, por el constante apoyo y soporte en mi vida.  
A mis ángeles en el cielo, mi abuela y padre, quienes nunca dudaron de mi capacidad y a mi tía abuela por ser el único pilar de la casa, y por último, a mis primos que son como mis hijos por soportar todo este proceso.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarme constantemente, darme la oportunidad de recompensar todo el esfuerzo de mi familia. Al Doctor Manuel Urcia Larios por el apoyo constante y desinteresado en este proyecto de vida y a todos los profesores de la escuela de Ingeniería Naval por ser pilares en nuestra enseñanza.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
I. INTRODUCCIÓN .....	16
II. OBJETIVOS .....	18
2.1 Objetivo General .....	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
III. MARCO TEÓRICO .....	18
3.1 Antecedentes .....	18
3.2 Bases Teórico Científicas.....	20
3.2.1 Definiciones fundamentales de un buque .....	20
3.2.2 Catamarán .....	22
3.2.3 Ventajas de un catamarán .....	22
3.2.4 Características de rendimiento.....	23
3.2.4.1 Estabilidad .....	23
3.2.4.1.1. Estabilidad transversal de un catamarán.....	23
3.2.4.2 Resistencia .....	24
3.2.4.3 Potencia.....	26
3.2.5 Métodos aproximados para los cálculos de flotabilidad y estabilidad .....	27
3.2.5.1 Volumen sumergido, $\nabla$ .....	27
3.2.5.2 Superficies de Flotación, $S_F$ , $S$ .....	27
3.2.5.3 Superficie de la cuaderna maestra .....	28
3.2.5.4 Método de Simpson .....	28
3.2.6 Flotabilidad y coeficientes de afinamiento .....	30
3.2.6.1 Reserva de flotabilidad y coeficiente de flotabilidad.....	30
3.2.6.2 Coeficientes de afinamiento: [20].....	30
3.2.7 Evolución del Proyecto.....	31
3.2.8 Diseño de la carena, dimensiones principales .....	32
3.2.9 Registros de clasificación .....	32
3.2.10 Pesos y desplazamientos .....	33
3.2.11 Materiales .....	34
3.2.11.1 Aluminio 5083 .....	34
3.2.12 Seguridad para los buques pesqueros según la FAO/OIT/OMI.....	36

3.2.12.1	Protección de la tripulación.....	36
3.2.12.1.1.	Medidas generales de protección .....	36
3.2.12.2	Dispositivos de salvamento.....	36
3.2.12.2.1.	Equipos de salvamento.....	36
3.2.12.3	Radiocomunicaciones .....	40
3.2.12.3.1.	Generalidades .....	40
3.2.12.3.2.	Resumen del equipo en función de la categoría de proyecto y la zona por la que navega el buque .....	40
3.2.12.4	Equipo de señalización.....	41
3.2.12.5	Equipo náutico.....	41
3.2.12.6	Prevención de incendios y lucha contra incendios.....	42
IV.	MARCO METODOLÓGICO .....	42
4.1	Tipo y nivel de investigación .....	42
4.1.1	Enfoque.....	42
4.1.2	Tipo.....	43
4.2	Diseño de investigación .....	43
4.3	Población y muestra .....	43
4.3.1	Población .....	43
4.3.2	Muestra .....	43
4.4	Criterios de selección .....	43
4.5	Operación de variables.....	44
4.5.1	Variable dependiente .....	44
4.5.2	Variable independiente .....	44
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
4.6.1	Técnicas .....	44
4.6.2	Instrumentos .....	44
4.7	Procedimiento de recolección de datos .....	44
4.8	Procesamiento y análisis de datos .....	44
4.9	Matriz de consistencia.....	45
V.	RESULTADOS .....	46
5.1	Diagnóstico de las embarcaciones artesanales de la costa peruana .....	46
5.1.1	Reglamento de la Ley General de Pesca – Clasificación en el ámbito marítimo .....	46
5.1.1.1	Comercial.....	46

5.1.1.2 No comercial.....	46
5.1.2 Embarcaciones artesanales .....	47
5.1.2.1 Aspectos técnicos.....	48
5.1.2.1.1. Tipos de embarcaciones .....	48
5.1.2.1.2. Capacidad de bodega.....	50
5.1.2.1.3. Eslora.....	52
5.1.2.1.4. Forma de propulsión.....	52
5.1.2.1.5. Artes de pesca.....	54
5.1.2.1.6. Sistema de conservación .....	55
5.1.2.1.7. Equipos a bordo.....	56
5.1.2.1.8. Forma de adquisición de la embarcación .....	58
5.1.3 Pescador artesanal.....	58
5.1.3.1 Grupos de edad .....	59
5.1.3.2 Nivel de estudios.....	60
5.1.3.3 Experiencia en la pesca artesanal.....	61
5.1.4 Necesidades de Asistencia.....	62
5.2 Análisis y diseño .....	63
5.2.1 Autonomía .....	63
5.2.2 Consideraciones iniciales.....	63
5.2.3 Dimensiones principales .....	63
5.2.3.1 Eslora .....	64
5.2.3.2 Manga .....	64
5.2.3.3 Calado .....	66
5.2.4 Generación de formas en Maxsurf.....	67
5.2.4.1 Datos de la carena en Maxsurf.....	67
5.2.4.1.1. Diseño de la geometría.....	68
5.2.4.1.2. Definición de referencias.....	68
5.2.4.1.3. Líneas de forma.....	69
5.2.4.1.4. Curva de áreas seccionales.....	70
5.2.4.1.5. Obtención de datos en Maxsurf Modeler .....	71
5.2.5 Cálculos principales.....	72
5.2.5.1 Número de Froude .....	72
5.2.5.2 Coeficiente de Bloque.....	72
5.2.5.3 Parámetros geométricos del catamarán.....	72

5.2.5.4 Superficie mojada .....	74
5.2.5.5 Desplazamiento.....	74
5.2.6 Francobordo.....	74
5.2.7 Compartimentación.....	75
5.2.7.1 Mamparo de colisión .....	75
5.2.7.2 Tanque de Combustible .....	75
5.2.7.3 Tanques de agua dulce.....	76
5.2.7.4 Tanques de agua grises y negras.....	76
5.2.7.5 Capacidad de provisiones .....	77
5.2.8 Curvas Hidrostáticas.....	79
5.2.9 Curvas cruzadas .....	84
5.2.10 Escantillonado y estructuras.....	87
5.2.10.1 Dimensiones principales .....	87
5.2.10.2 Cálculos.....	89
5.2.11 Resistencia y Potencia.....	110
5.2.11.1 Selección del motor.....	116
5.2.12 Estima de Pesos .....	117
5.2.12.1 Método de D.G.M. Watson y A.W. Gilfillan.....	117
5.2.12.2 Método de A. Osorio.....	119
5.2.12.3 Método alternativo para catamaranes.....	119
5.2.13 Estabilidad.....	121
5.2.13.1 Criterios de estabilidad.....	121
5.2.13.2 Estabilidad a diferentes condiciones de carga.....	123
5.2.13.3 Resultados de estabilidad .....	132
5.2.13.4 Planos de cargas .....	134
5.3 Sistema de seguridad y salud ocupacional a bordo .....	137
5.3.1 Protección de tripulación .....	137
5.3.2 Dispositivos de salvamento .....	137
5.3.2.1 Balsas salvavidas .....	137
5.3.2.2 Chalecos salvavidas .....	138
5.3.2.3 Aros salvavidas .....	138
5.3.2.4 Señales de socorro .....	138
5.3.2.5 Cuestiones diversas.....	139
5.3.3 Radiocomunicaciones .....	139

5.3.4 Equipo de señalización .....	140
5.3.5 Equipo náutico .....	140
5.4 Evaluación económica del proyecto.....	140
5.4.1 Aspectos financieros .....	141
5.4.2 Cálculo de la demanda.....	141
5.4.3 Cálculo del flujo de servicios .....	141
5.4.4 Estimación de ingresos .....	143
5.4.5 Estimación de costos.....	143
5.4.6 Retorno de la inversión.....	145
5.4.7 Periodo de recuperación de la inversión.....	146
VI. CONCLUSIONES .....	147
VII. RECOMENDACIONES .....	148
VIII. LISTA DE REFERENCIAS .....	149
IX. ANEXOS.....	152
Anexo N° 01 – Plano de Líneas de Formas .....	152
Anexo N° 02 – Plano de Estructuras.....	153
Anexo N° 03 – Plano de Distribución General .....	154
Anexo N° 04 – Plano de Tanques .....	155
Anexo N° 05 – Datos de Maxsurf Resistance.....	156
Anexo N° 06 – Curva de áreas para las diferentes condiciones de carga .....	157
Anexo N° 07 – Código de estabilidad: Primera condición .....	160
Anexo N° 08 – Código de estabilidad: Segunda condición .....	164
Anexo N° 09 – Código de estabilidad: Tercera condición.....	168
Anexo N° 10 – Estimación de costos .....	172

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 – Tabla para el cálculo de Área con el Método de Simpson .....	29
Tabla N° 2 – Tabla para el cálculo de Volumen con el Método de Simpson .....	29
Tabla N° 3 – Propiedades de la aleación de aluminio 5083 H111 .....	35
Tabla N° 4 – Equipo prescrito.....	40
Tabla N° 5 – Matriz de consistencia .....	45
Tabla N° 6 – Embarcaciones pesqueras artesanales, según regiones del litoral, Enepa III ....	47
Tabla N° 7 – Tipos de embarcaciones pesqueras artesanales y sus características, Enepa III	48
Tabla N° 8 – Artes de pesca más utilizados por los pescadores artesanales embarcados, según regiones del litoral, Enepa III.....	55
Tabla N° 9 – Sistema de conservación de la embarcación pesquera artesanal, según regiones del litoral, Enepa III.....	56
Tabla N° 10 – Equipos de emergencia, según regiones del litoral, Enepa III.....	57
Tabla N° 11 – Equipos de navegación, comunicación y detección de cardúmenes, según regiones del litoral, Enepa III.....	57
Tabla N° 12 – Forma de adquisición de la embarcación pesquera artesanal, según regiones del litoral, ENEPA III.....	58
Tabla N° 13 – Población de pescadores artesanales, según regiones del litoral, Enepa III ....	58
Tabla N° 14 – Grupos de edad del pescador artesanal embarcado, según regiones del litoral, Enepa III.....	59
Tabla N° 15 – Nivel de estudios del pescador artesanal embarcado, según regiones del litoral, ENEPA III.....	60
Tabla N° 16 – Pescador artesanal embarcado por nivel de estudios y ganancia neta promedio mensual, según regiones del litoral, ENEPA III .....	61
Tabla N° 17 – Rangos de años de experiencia en el sector del pescador artesanal embarcado, según regiones del litoral, Enepa III.....	61
Tabla N° 18 – Distribución porcentual del pescador artesanal embarcado por rangos de años de experiencia en el sector y ganancias netas, promedio mensual, en el litoral, Enepa III.....	62
Tabla N° 19 – Dimensiones Iniciales.....	63
Tabla N° 20 – Base de datos .....	64
Tabla N° 21 – Resumen de datos .....	65
Tabla N° 22 – Dimensiones obtenidas .....	67
Tabla N° 23 – Obtención de datos hidrostáticos de la embarcación.....	71

Tabla N° 24 – Parámetros geométricos [Insel y Molland (1992)] .....	72
Tabla N° 25 – Datos Hidrostáticos I .....	79
Tabla N° 26 – Datos Hidrostáticos II .....	80
Tabla N° 27 – Características Hidrostáticas a distintos ángulos de escora a Máxima Carga I	84
Tabla N° 28 – Características Hidrostáticas a distintos ángulos de escora a Máxima Carga II .....	85
Tabla N° 29 – Aleaciones de aluminio forjado serie 5000 .....	95
Tabla N° 30 – Coeficiente para el conjunto soldado.....	95
Tabla N° 31 – Espesores mínimos .....	98
Tabla N° 32 – Coeficiente $k_1$ y altura de escantillonado.....	106
Tabla N° 33 – Coeficiente $c$ .....	107
Tabla N° 34– Altura de escantillonado .....	108
Tabla N° 35 – Espesores de planchas.....	109
Tabla N° 36 – Tipo de perfiles .....	110
Tabla N° 37 – Parámetros para catamaranes.....	110
Tabla N° 38 – Resistencia total del catamarán por Método Sah .....	112
Tabla N° 39 – Resultados de Resistencia y Potencia .....	112
Tabla N° 40 – Especificaciones técnicas del Yamaha 150AET.....	117
Tabla N° 41 – Coeficiente $K$ .....	118
Tabla N° 42 – Plano de cargas .....	121
Tabla N° 43 – Primera condición de carga .....	123
Tabla N° 44 – Características en la primera condición de carga .....	124
Tabla N° 45 – Segunda condición de carga .....	126
Tabla N° 46 – Características en la segunda condición de carga.....	127
Tabla N° 47 – Tercera condición de carga.....	129
Tabla N° 48 – Características en la segunda condición de carga.....	130
Tabla N° 49 – Conclusión de la primera condición de carga.....	132
Tabla N° 50 – Conclusión de la segunda condición de carga .....	132
Tabla N° 51 – Conclusión de la tercera condición de carga .....	133
Tabla N° 52 – Estimación de ingresos a diez años .....	143
Tabla N° 53 – Tabla de resumen de estimación de costos .....	144
Tabla N° 54 – Tabla de retorno de inversión .....	146
Tabla N° 55 – Tabla de ingreso bruto .....	146

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 – Estabilidad transversal de un Catamarán.....	24
Figura N° 2 – Distribución de Curva para el cálculo de Área con el Método de Simpson.....	28
Figura N° 3 – Espiral de Proyecto.....	32
Figura N° 4 – Luces de navegación .....	41
Figura N° 5 – Número de embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios	48
Figura N° 6 – Tipo de embarcación pesquera artesanal en el litoral, según estudios .....	50
Figura N° 7 – Distribución geográfica de las embarcaciones pesqueras artesanales, según tipo, ENEPA III. Octubre 2015 .....	50
Figura N° 8 – Capacidad de bodega (t) de las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios.....	51
Figura N° 9 – Distribución de la Capacidad de bodega (t) de las embarcaciones pesqueras artesanales, por región, Enepa III.....	51
Figura N° 10 – Eslora (m) de las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios.....	52
Figura N° 11 – Propulsión de las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios.....	53
Figura N° 12 – Ubicación del motor en las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios .....	53
Figura N° 13 – Potencia del motor en las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, Enepa III.....	54
Figura N° 14 – Caja en una embarcación.....	55
Figura N° 15 – Perfil base de la embarcación .....	68
Figura N° 16 – Definición de referencias en Maxsurf Modeler.....	69
Figura N° 17 – Secciones de la embarcación en Maxsurf Modeler .....	70
Figura N° 18 – Líneas de agua de la embarcación en Maxsurf Modeler .....	70
Figura N° 19 – Curva de áreas de la embarcación .....	70
Figura N° 20 – Ubicación de los tanques y compartimentación .....	78
Figura N° 21 – Coeficiente $KV$ .....	90
Figura N° 22 – Relación S/s.....	97
Figura N° 23 – Yamaha 150AET .....	116
Figura N° 24 - Curvas de momentos adrizantes y momentos escorantes .....	122

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 – Relación L/B.....	64
Gráfico N° 2 – Relación L/T.....	66
Gráfico N° 3 – Relación B/T.....	66
Gráfico N° 4 – Curvas Hidrostáticas.....	81
Gráfico N° 5 – Curva de los Coeficientes.....	82
Gráfico N° 6 – Curva de Bonjean.....	83
Gráfico N° 7 – Curvas Cruzadas KN.....	86
Gráfico N° 8 – Curva de Potencia – Velocidad.....	114
Gráfico N° 9 – Curva de Resistencia – Velocidad.....	115
Gráfico N° 10 – Curva de estabilidad GZ.....	125
Gráfico N° 11 – Curva de estabilidad GZ.....	128
Gráfico N° 12 – Curva de estabilidad GZ.....	131
Gráfico N° 13 – Plano de cargas de la primera condición.....	134
Gráfico N° 14 – Plano de cargas de la segunda condición.....	135
Gráfico N° 15 – Plano de cargas de la tercera condición.....	136

## RESUMEN

En el Perú, la flota artesanal representa el 96% compuesta por chalanas, botes y lanchas; siendo un sector muy importante para la economía nacional, sin embargo la inseguridad y carencia de infraestructuras portuales a lo largo de nuestra costa lambayecana son problemas reales y cotidianos, contando con inconvenientes al brindar los diferentes servicios a escasas millas del mar; donde los principales factores es el crecimiento desordenado, alto grado de informalidad e ilegalidad y nula incorporación tecnológica respecto al diseño y construcción de las embarcaciones, es por ello que, en este estudio se busca proponer una solución a los diferentes problemas de seguridad que tienen las embarcaciones artesanales.

En primer lugar, se llevó a cabo un análisis de las embarcaciones actuales de la costa peruana, para conocer las diferentes características de la flota peruana en relación con sus principales dimensiones. A continuación, mediante una base de datos se diseñó y calculó un modelo adecuado tipo catamarán de 10 metros de eslora, basado en normativa internacional naval, donde se analizará las distintas situaciones de carga, relacionados con la flotabilidad y estabilidad siendo componentes principales en la seguridad de una embarcación que conducen al hundimiento y a la volcadura, además, se implementó un sistema de seguridad y salud ocupacional para las personas que trabajen a bordo y, por último, se realizó una evaluación económica de la embarcación proyectada utilizando datos aproximados.

Los resultados de la propuesta de diseño se realizaron en un software Naval, alcanzando como respuesta un buque semidesplazante, logrando los parámetros establecidos en base al análisis de pesos, estabilidad, y estructuras regulado por los registros y normas de clasificación. Esto significa una mayor estabilidad durante la navegación y fondeo, brindando seguridad a la vida humana y al entorno natural marino.

**PALABRAS CLAVE:** Catamarán, estabilidad, normas navales, seguridad y chalanas.

## ABSTRACT

In Peru, the artisanal fleet represents 96% made up of barges, boats and launches; being a very important sector for the national economy, however, the insecurity and lack of port infrastructures along our Lambayecan coast are real and daily problems, with inconveniences when providing different services a few miles from the sea; where the main factors are disorderly growth, a high degree of informality and illegality and no technological incorporation regarding the design and construction of vessels, which is why this study seeks to propose a solution to the different safety problems faced by the companies. artisan boats.

In the first place, an analysis of the current vessels of the Peruvian coast was carried out, to know the different characteristics of the Peruvian fleet in relation to their main dimensions. Next, using a database, a suitable 10-meter-long catamaran-type model was designed and calculated, based on international naval regulations, where the different loading situations related to buoyancy and stability will be analyzed, being the main components in safety. of a vessel leading to sinking and capsizing, in addition, an occupational health and safety system was implemented for the people working on board and, finally, an economic evaluation of the projected vessel was carried out using approximate data.

The results of the design proposal were carried out in a Naval software, reaching a semi-displaced ship in response, achieving the parameters established based on the analysis of weights, stability, and structures regulated by the registers and classification standards. This means greater stability during navigation and anchoring, providing security to human life and the natural marine environment.

**KEYWORDS:** Catamaran, stability, naval standards, safety and barges.

## I. INTRODUCCIÓN

La pesca artesanal en nuestro mar peruano se realiza desde épocas ancestrales, en sus inicios como una manera de poder sobrevivir y en la época actual es una de las actividades económicas con gran importancia en el Perú, por la cantidad de empleos generados, así como por contribuir en la producción alimentaria para consumo humano directo. Las embarcaciones pesqueras representan un 90% de la pesca artesanal y se proyecta como una importante proveedora de alimentos y de empleos en el sector, sin embargo, Comex Perú ratifica que esta actividad crece desordenadamente, sin valor agregado, con nula incorporación tecnológica y en consecuencia la informalidad e ilegalidad se eleva en un alto grado. [1]

Para Produce, el 70% con respecto al sector pesquero artesanal es informal. Siendo así que el sector pesquero y agropecuario poseen un alto nivel de informalidad en nuestro país. Las embarcaciones artesanales, pasan por la informalidad desde su construcción hasta su operación en la zona costera del país; sin ningún tipo de conocimiento en diseño de embarcaciones, ni rigiéndose a las normativas por las cuáles deben ser evaluadas cualquier embarcación en construcción; esta situación conlleva a problemas en relación con la estabilidad, el rendimiento, la inmersión baja y muchos más. Actualmente, las diferentes autoridades tratan de verificar su documentación y constatar sus características, para poder determinar si se les otorga o no la respectiva autorización. [2]

En un esfuerzo para optimizar la vida de los pescadores, Produce dictó una serie de medidas para simplificar trámites en el sector y hoy los 36 trámites necesarios para formalizar una embarcación se redujeron a siete y se eliminó el costo que antes era de S/ 1.558. El Sistema de Formalización de la Pesca Artesanal (Siforpa) logró inscribir un promedio de 10 mil embarcaciones y se registró que el 2018, alcanzó más de ocho mil embarcaciones, superando la meta trazada. [3]

Siendo uno de los importantes motores económicos del país, la pesca artesanal se encuentra vigente en 10 regiones del litoral peruano, se proyecta que se desarrolla en un 70% de informalidad, según el director del Ordenamiento Pesquero y Acuícola del Ministerio de

Producción, revelando que la causa principal es el crecimiento de la población pescadora y embarcaciones, y el incumplimiento de las leyes vigentes. [4]

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, se buscó utilizar una alternativa diferente a un monocasco, tomando como diseño un catamarán. Siendo un debate siempre abierto, puesto que cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes. Sin embargo, en los últimos años los catamaranes se han favorecido de los métodos de construcción más modernos contando con una solidez y capacidades para desafiar cualquier cambio de la mar. Por este motivo se planteó el diseño de un catamarán de servicios, semi desplazante para transportar mercancías en zonas poco profundas, utilizando materiales compuestos para su construcción, basándose en normativas navales.

Probablemente el beneficio más significativo de un catamarán es su estabilidad, los catamaranes son más seguros que los monocascos, sin embargo, existe una idea equivocada de que dos cascos deberían producir más fricciones y efectos hidrodinámicos perjudiciales, sin embargo, es posible diseñar las carenas de forma más afilada y permitir que naveguen en torno a un 20% más rápido que los monocascos de una misma eslora. Las características que ofrece un catamarán respecto a un monocasco en cuanto a espacio y estabilidad hacen de él una opción muy interesante para múltiples utilidades en el ámbito marítimo, entre sus ventajas en la pesca, sobresale su mayor seguridad durante el fondeo o el atraque y por supuesto navegando, esto nos permite una mejor extracción, caracterizado por una gran eficiencia. [5]

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- Diseñar un catamarán de servicios de 10 metros de eslora para la costa peruana.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un análisis de las embarcaciones actuales de la costa peruana.
- Diseñar y calcular un modelo adecuado tipo catamarán de 10 metros de eslora, basado en normativa naval.
- Implementar un sistema de seguridad y salud ocupacional para las personas que trabajen a bordo.
- Realizar una evaluación económica de la embarcación proyectada.

## **III. MARCO TEÓRICO**

### **3.1 Antecedentes**

En base al I Censo Nacional de Pesca Artesanal, se registró una población ascendente de aproximadamente de 16 mil embarcaciones con 47 mil pescadores, y el 50% de esto es representado por regiones del norte como Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad y Áncash, siendo un promedio de 24,508 pescadores artesanales. Sin embargo, especialistas afirman que los últimos 17 años, las regiones mencionadas tienen un aumento de pescadores artesanales y de sus embarcaciones en un 35%. Además, hubo un aumento del 34% en comparación de la encuesta inicial que fue de 28%, en base a la II Encuesta Estructural de la Pesquería Artesanal en el Litoral Peruano del 2004 al 2005. Sin embargo, la cifra aumentó en un 41% en el Censo Pesquero Artesanal 2012. [6]

La cooperación entre la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en función a la seguridad de las embarcaciones pesqueras inferiores a 12 metros de eslora con cubierta y sin cubierta, no tienen la intención de proporcionar reglas para optimizar la seguridad, sino que se trata de lograr un mejor panorama y brindar orientaciones sobre una gran diversidad de temas que

deben abordarse con un enfoque integrado y de manera eficaz. Por tanto, la coordinación y colaboración entre las gestiones marítimas, de pescar y trabajo es sumamente importante, principalmente cuando los compromisos en favor a la seguridad de las embarcaciones se realizan de la mano con las leyes adecuadas. [7]

Las Directrices de establecimiento comprenden áreas como la implementación de estrategias de seguridad; reglas administrativas; consecuencias legales; capacitación de la tripulación; creación de capacidad; seguridad operacional y cumplimiento de las reglas. Siendo el propósito primordial de lo mencionado, brindar a las autoridades competentes la ayuda necesaria para la creación de instrumentos de seguridad a bordo, siendo también útil establecer las recomendaciones del Acuerdo de Ciudad del Cabo del 2012 sobre la aplicación de las sugerencias del Protocolo de Torremolinos de 1993 referente al Convenio internacional de Torremolinos para la seguridad de las embarcaciones en 1977. [7]

La finalidad de la Parte B del Código es suministrar datos sobre las embarcaciones, su construcción y equipación con el propósito de aumentar la seguridad y salud de las personas. El Código no intenta suplantar leyes y reglamentos de índole nacional, ni reglamentos internacionales referentes a la seguridad de las embarcaciones y de las personas, pero sirve de orientación para los encargados de elaborar reglamentos y leyes. [7]

La Dirección General de Transporte Acuático es una institución de ámbito nacional que tiene a su cargo la supervisión, control y suministración de los sistemas de transporte acuáticos del país. Uno de los principales servicios es brindar los permisos de renovación u operación para el comercio de transporte acuático a empresa navales nacionales de pasajeros y/o carga en el sector nacional e internacional (Fluvial, Marítimo y Lacustre) y también concede autorizaciones de operación para el servicio de transporte turístico acuático. [8] Siendo así, que para la navegación marítima, las embarcaciones deben obtener la certificación de una clasificadora internacional, que se parte de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS), y disponer de seguros y pólizas de responsabilidad civil. Asimismo, las embarcaciones y el servicio que brindan deben cumplir con los requerimientos de protección, seguridad y de

preservación del ambiente marino acuático, conforme a la normativa nacional y los convenios internacionales. [9]

## 3.2 Bases Teórico Científicas

### 3.2.1 Definiciones fundamentales de un buque

Una embarcación se define como un objeto flotante que está inmerso parcialmente en líquido y se mueve en agua dulce o salada; y satisface las condiciones siguientes: velocidad, navegabilidad, flotabilidad, estabilidad y maniobrabilidad. Las medidas de una embarcación son aquellas dimensiones que nos permiten conocer el volumen que ocupa, donde sus dimensiones principales son: [10]

- **Eslora (L):** Medida tomada de forma horizontal desde el eje de proa hasta popa de la embarcación.
- **Manga (B):** Distancia tomada horizontalmente del sentido transversal de la embarcación.
- **Puntal (D):** Dimensión vertical medida desde la quilla a la cubierta principal de la embarcación.
- **Calado (T):** Dimensión vertical medida desde la línea base hasta la línea de flotación de una embarcación.

La clasificación de las embarcaciones de acuerdo con el número de cascos es:  
[11]

- **Monocasco:** De 1 casco, empleados mayormente para navegación veloz, cuentan con una buen rendimiento y navegabilidad, aunque la estabilidad no es tan segura.
- **Catamarán:** Unión de 2 cascos que pueden ser de simétricos o asimétricos, ofreciendo una óptima velocidad y excelentes características de estabilidad.
- **Trimarán:** Es la unión de 3 cascos, formando una armadura rígida, colocado uno de forma central y dos laterales más pequeños.

Según Muller Graf, clasifica de acuerdo con el régimen de velocidades con la finalidad de entender mejor el diseño del casco: [12]

➤ **Desplazantes  $0,1 < F_n < 0,6$**

Para los catamaranes con cascos de forma simétrica poseen una alta resistencia a diferencia de los cascos asimétricos, ocurriendo una mayor interferencia cuando  $F_n = 0,48$ .

➤ **Semidesplazante  $0,6 < F_n < 1,2$**

Los índices de resistencia para catamaranes aumentan rápidamente a causa de los dos cascos. Estos componentes contienen la resistencia a la fricción, por la elevada velocidad de flujo entre los cascos.

➤ **Planeadoras  $1,2 < F_n$**

No existe prácticamente interferencia en la zona que planea el catamarán y las olas a velocidades altas, por lo cual es despreciable.

Para hallar el número de Froud, está dada por la siguiente fórmula:

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \times L_{PP}}} \dots \dots \dots (1)$$

Clasificación de las embarcaciones según su destinación: [12]

- Embarcaciones para viajes breves
- Embarcaciones para paseo amplio
- Embarcaciones deportivas
- Buques mercantes
- Buques polivalentes

Según la FAO/OMI/OIT clasifica categorías que indican los estados del viento y del mar donde se determina la capacidad de un buque, cuando la embarcación navega a una velocidad apropiada al estado del mar: [13]

- **Categoría de proyecto A:** son las embarcaciones que faenan en aguas con olas que sobrepasen los 4 m de alturas significativas y con vientos mayores en la escala de Beaufort a la fuerza 8 (19 m/s), aunque no incluye condiciones anormales como huracanes.
- **Categoría de proyecto B:** son las embarcaciones que faenan en aguas con olas hasta los 4 m de alturas significativas y con vientos en la escala de Beaufort de fuerza 8 (19 m/s) o inferiores.
- **Categoría de proyecto C:** son las embarcaciones que faenan en aguas con olas hasta los 2 m de alturas significativas y con vientos en la escala de Beaufort de fuerza 6 (12 m/s) o inferiores.
- **Categoría de proyecto D:** son las embarcaciones que faenan en aguas con olas iguales o inferiores a 0,3 m y ocasionalmente de 0,5 m de alturas significativas y con vientos en la escala de Beaufort de fuerza 4 (7 m/s) o inferiores.

### 3.2.2 Catamarán

Bote de doble casco y barco a motor desarrollado para el deporte y la recreación diseñado a mediados del siglo XX. Su diseño se fundamenta en dos troncos unidos por tablas que anteriormente habían sido utilizadas por los pueblos del archipiélago indonesio y en toda Polinesia y Micronesia. Los primeros catamaranes tenían hasta 21,3 metros (70 pies) de largo, originalmente remados por muchos hombres, y se usaban para visitar, en la guerra y en la exploración. Especialmente después de agregar la vela, se realizaron viajes de más de 3,704 km (2,000 millas). [14]

### 3.2.3 Ventajas de un catamarán

Al optar por los catamaranes se basa en las siguientes ventajas: [15]

- La relación potencia /velocidad es mejor en comparación de los monocascos, permitiendo obtener velocidades altas con una menor potencia instalada.

Además, se ahorra considerablemente combustible en comparación del monocasco.

- El catamarán basándose en sus particularidades, adquiere una gran reserva de flotabilidad y compartimentación, mejorando la seguridad de la embarcación. Una cualidad significativa al momento de transportar pasajeros.
- El catamarán es más estable que una embarcación tradicional, y ello involucra menos ingresos de agua y movimiento a bordo, mejorando el confort a bordo.
- El catamarán por su relación L/B y sus dimensiones, brinda una cubierta muy apropiada para diseñar la disposición general.
- El catamarán muestra una gran maniobrabilidad, lo que proporciona una mejor labor de atraque y desatraque, disminuyendo equipos extra como hélices de proa y además pérdidas de tiempo de los viajes.
- Al contar con una forma más fina, es menor la formación de olas.

### **3.2.4 Características de rendimiento**

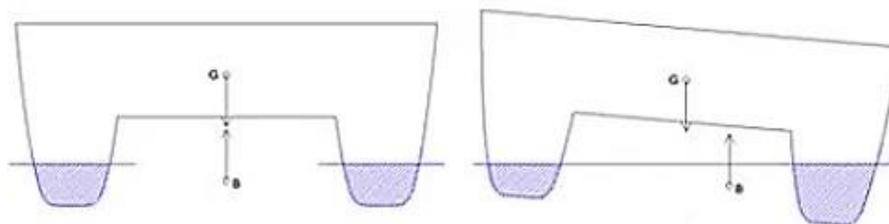
#### **3.2.4.1 Estabilidad**

El Principio de Arquímedes es la ley física esencial donde un objeto puede flotar parcial o completamente sumergido y tiene un empuje de forma vertical que es semejante al peso del volumen que desplaza, dependiendo de la densidad del líquido desplazado y pasando por el centro de carena, por tanto, toda embarcación para que flote, el peso debe ser igual al empuje. [16]

##### **3.2.4.1.1. Estabilidad transversal de un catamarán**

La estabilidad es más alta en comparación de un monocasco, puesto que el catamarán trabaja con la mitad del calado para certificar su estabilidad. Por tanto, para que haya equilibrio, el desplazamiento es igual al empuje donde el centro de carena y de gravedad están verticalmente alineados. [16]

**Figura N° 1 – Estabilidad transversal de un Catamarán**



Fuente: Clements T.

Datos: Conceptos de Catamarán

En la imagen de la izquierda el centro de gravedad (G) está ubicado verticalmente con el empuje (B), por tanto, se encuentra en equilibrio. [16]

### 3.2.4.2 Resistencia

La resistencia al avance es una fuerza opuesta al avance de la embarcación. Un buque para que se desplace, es preciso vencer la fuerza de resistencia dada por el aire y el agua. Por tanto, se tendrá en cuenta la potencia propulsiva, la forma de la carena del buque y el motor que convertirá la potencia en empuje a través de la hélice, por lo cual la eficiencia establece la potencia y la resistencia al avance establece el empuje. Inicialmente, la resistencia al avance se analiza en aguas quietas y no toma en consideración el viento, donde se conservan parámetros de corrección. Se divide en varias componentes: [12]

$R_F$ : Resistencia de fricción

$R_R$ : Resistencia residual

$R_A$ : Resistencia de apéndices

- Resistencia de fricción ( $R_F$ ): Por la viscosidad, cuando un cuerpo se desplaza en un fluido pasivo, se fija a la superficie una parte del fluido y se traslada a la velocidad de aquel cuerpo, permaneciendo el fluido quieto a una cierta distancia del cuerpo, por tanto, existe un gradiente de velocidad mayor que el área del cuerpo, donde el volumen de fluido que se desplaza se define como estrato límite. Al existir este gradiente se originan fuerzas cortantes en el fluido, las cuales son las que originan la resistencia de fricción. [12]

- Resistencia residual ( $R_R$ ): Se halla restando la resistencia total y la resistencia por fricción. Hallándose a partir de los datos conseguidos en el canal de experiencias de las pruebas de una embarcación a escala. Esta resistencia se basa en el sistema de olas que forma la embarcación al desplazarse por el agua y se define como la resistencia generadora de olas. [12]
- Resistencia de apéndices ( $R_A$ ) Toda embarcación tiene un número de apéndices, que tienen sus propias características y se considera por separado la resistencia que generan. En su mayoría para embarcaciones comerciales se les asume una proporción de la resistencia total sin apéndices, puesto que ni supera el 15%, sin llegar a ser un factor crítico. Por lo cual, obtenemos la hipótesis de William Froude: [12]

$$R_T = R_F + R_R \dots \dots (2)$$

Las series sistemáticas para encontrar la resistencia total, entre ellos: Goldhammer's & Harvald's, Series de Slender Body, ITTC'78, etc. El método de Muller Graf, es la ecuación para hallar la Resistencia total de un catamarán: [12]

$$R_{TCat} = 2 \times R_{BH} + R_{Iat} + R_{AP} + R_{AA} + R_W \dots \dots (3)$$

Donde:

$R_{BH}$ : Resistencia del un casco liso

$R_{Iat}$ : Resistencia de la interferencia del casco

$R_{AP}$ : Resistencia por apéndices

$R_{AA}$ : Resistencia del área

$R_W$ : Resistencia de las olas

### 3.2.4.3 Potencia

Al obtener la resistencia total se podrá hallar la potencia necesaria para determinar los propulsores que serán instalados en el buque.

➤ Potencia efectiva (kW)

$$P_E = R_T \times V \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

$P_E$ : Potencia efectiva (kW)

$R_T$ : Resistencia total (kN)

$V$ : Velocidad (m/s)

➤ Potencia de empuje (kW)

$$P_T = \frac{P_E}{0,65} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

$P_E$ : Potencia efectiva

$P_R$ : Potencia requerida

➤ Potencia propulsora (kW)

$$BHP = EHP \times 1.15 \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

$BHP$ : Potencia al eje

$P_E$ : Potencia efectiva

### 3.2.5 Métodos aproximados para los cálculos de flotabilidad y estabilidad

#### 3.2.5.1 Volumen sumergido, $\nabla$

Es el volumen limitado por el casco y por la superficie de flotación. Se puede calcular a partir de las flotaciones o de las áreas de las secciones transversales. En el primer caso, el buque se divide verticalmente desde la quilla hasta su calado de forma equidistante. En el segundo caso, el buque es dividido por secciones transversales, paralelas entre sí de forma equidistante y hasta un calado definido. [17]

$$\nabla = \int_0^z S \cdot dz \quad y \quad \nabla = \int_{-E/2}^{+E/2} w \cdot dx \dots \dots \dots (7)$$

Siendo:

$\nabla$  : volumen sumergido

$z$  : calado

$E$  : eslora

$S$  : área de la flotación

$w$  : área de la sección transversal

#### 3.2.5.2 Superficies de Flotación, $S_F$ , $S$

Curva de las áreas de flotaciones calculada por la fórmula: [17]

$$S = 2 \int_{-E/2}^{+E/2} y \cdot dx \dots \dots \dots (8)$$

$S$  : área de flotación

$E$  : eslora

$y$  : semimangas

### 3.2.5.3 Superficie de la cuaderna maestra

Curva de las áreas de la cuaderna maestra calculada hasta los diferentes calados:  
[17]

$$S_{\phi} = 2 \int_0^z y \cdot dz \dots \dots (9)$$

$S_{\phi}$  : área de la cuaderna maestra

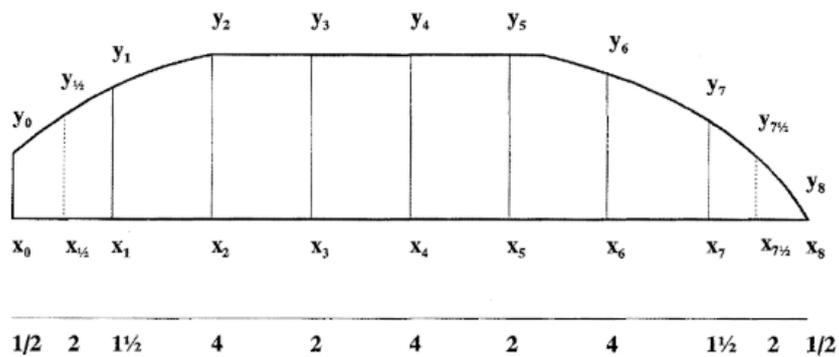
Z : calado

y : semimangas

### 3.2.5.4 Método de Simpson

Con este método calculamos la superficie  $x_0 y_0 x_n y_n$ , suponiendo que los trozos de curva  $y_0; y_{1/2}; y_1; y_2; \dots y_{n-1}; y_n$ , son parabólicos. Se necesitará ordenadas en un número impar para tener un número par de partes, para aplicar la aproximación de este método. [18]

**Figura N° 2 – Distribución de Curva para el cálculo de Área con el Método de Simpson**



Fuente: Teoría del buque: flotabilidad y estabilidad

Datos: Joan Olivella Puig

El cuadro esquemático para la primera regla de Simpson del área de una superficie:

**Tabla N° 1 – Tabla para el cálculo de Área con el Método de Simpson**

Número semimanga	Valor semimanga	Factor	Función Área
0	y <sub>0</sub>	½	½ y <sub>0</sub>
½	y <sub>1/2</sub>	2	2 y <sub>1/2</sub>
1	y <sub>1</sub>	1 ½	1 ½ y <sub>1</sub>
2	y <sub>2</sub>	4	4 y <sub>2</sub>
3	y <sub>3</sub>	2	2 y <sub>3</sub>
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
n-1	y <sub>n-1</sub>	4	4 y <sub>n-1</sub>
n	y <sub>n</sub>	1	1 y <sub>n</sub>
			ΣS

Fuente: Teoría del buque flotabilidad y estabilidad

Datos: Joan Olivella Puig

$$S = 2 \frac{\alpha}{3} \sum s \dots \dots \dots (10)$$

Donde  $\alpha$  es la separación entre el valor de las semimangas o entre líneas de flotación.

**Tabla N° 2 – Tabla para el cálculo de Volumen con el Método de Simpson**

Número de sección	Valor semimanga	Factor	Función Área
0	A <sub>0</sub>	½	½ A <sub>0</sub>
½	A <sub>½</sub>	2	2 A <sub>½</sub>
1	A <sub>1</sub>	1 ½	1 A <sub>1</sub>
2	A <sub>2</sub>	4	4 A <sub>2</sub>
3	A <sub>3</sub>	2	2 A <sub>3</sub>
.	.	.	.
.	.	.	.
n-1	A <sub>n-1</sub>	4	4 A <sub>n-1</sub>
n	A <sub>n</sub>	1	1 A <sub>n</sub>
			ΣS

Fuente: Teoría del buque flotabilidad y estabilidad

Datos: Joan Olivella Puig

$$V = 2 \frac{\alpha}{3} \sum s \dots \dots \dots (11)$$

Donde  $\alpha$  es la separación entre el valor de las semimangas o entre líneas de flotación.

Posición longitudinal del centro de carena respecto a la sección maestra (LCB) y centro de carena sobre la quilla (KB): [18]

$$LCB = \frac{\alpha \cdot \sum m}{\sum \nabla} ; \quad KB = \frac{\beta \cdot \sum m}{\sum \nabla} \dots \dots \dots (12)$$

Donde  $\sum m$  es la sumatoria de momentos dados por la función volumen por el brazo respecto a la sección maestra;  $\alpha$  es la separación entre las áreas de las secciones y  $\beta$  es la separación entre las áreas de los planos de flotación. [18]

### 3.2.6 Flotabilidad y coeficientes de afinamiento

#### 3.2.6.1 Reserva de flotabilidad y coeficiente de flotabilidad

Para que una embarcación posea flotabilidad, el volumen de agua desalojado deber ser mayor que su peso, para que cuando se analice el equilibrio verticalmente, emerja por el principio de Arquímedes. Se define como coeficiente de flotabilidad, a la relación que existe entre el volumen de la obra muerta, y el volumen de la obra viva. [19]

$$K_f = \frac{\nabla_m}{\nabla} \dots \dots \dots (13)$$

$K_f$       *coeficiente de flotabilidad*

$\nabla_m$      *volumen de la obra muerta o estanca*

$\nabla$         *volumen de la obra viva o carena*

#### 3.2.6.2 Coeficientes de afinamiento: [20]

Coeficiente de afinamiento cúbico o de bloque (Cb):

$$Cb = \frac{\nabla}{L * B * T} \dots \dots \dots (14)$$

Coefficiente de afinamiento de la cuaderna maestra (Cm):

$$Cm = \frac{A_m}{B * T} \dots \dots \dots (15)$$

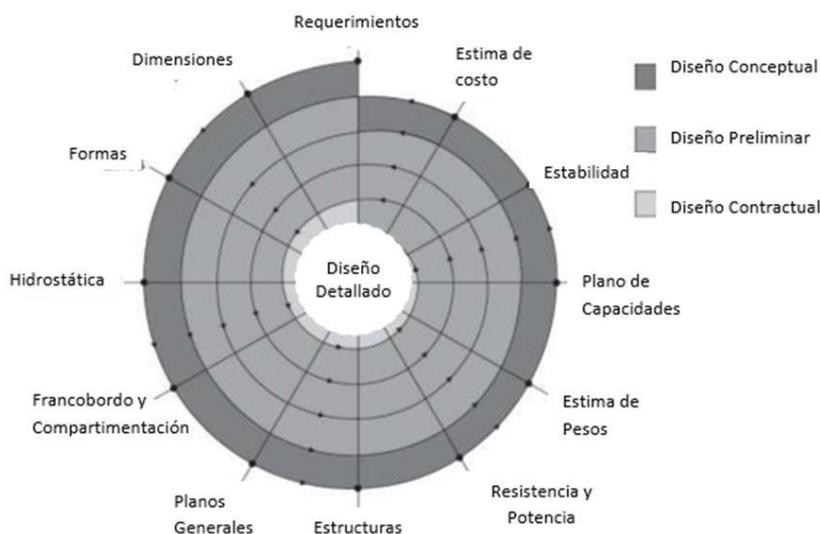
Coefficiente de afinamiento cilíndrico o prismático (Cp):

$$Cp = \frac{\nabla}{A_m * L} \dots \dots \dots (16)$$

### 3.2.7 Evolución del Proyecto

Un buque es el fruto del trabajo de distintas carreras afines y una ramificación de ingeniería. La embarcación al momento de la producción se ve desarrollado en la espiral de proyecto, ver figura N° 3. En la etapa de diseño del buque, se encuentra el diseño conceptual, preliminar, contractual y el detallado. Explicándose las tres primeras etapas puesto que, la fase de construcción se da en la última etapa: [21]

- **Diseño Conceptual:** Las características y detalles son las condiciones y requerimientos de navegación de la embarcación en esta etapa, donde se desarrolla sus dimensiones, forma, desplazamiento, estabilidad, flotabilidad, plano general, detalles de los interiores y tener en cuenta un registro de clasificación para los cálculos de estructuras requerido por el armador, para hacer el dimensionamiento. Siendo su objetivo principal obtener un costo aproximado de la embarcación, para que el armador tenga una idea de cuánto le costará, y así pueda decidir la factibilidad económica, o hacer modificaciones para lograr la rentabilidad. [21]
- **Diseño Preliminar:** Algunas características principales no se modifican y se optimizan las características principales del buque, como las características principales, la potencia y el peso muerto. [21]

**Figura N° 3 – Espiral de Proyecto**

Fuente: H. González

Datos: Introducción a la construcción del buque I

- **Diseño Contractual:** El proyecto se refina por última vez, haciendo pruebas en un canal de experiencia, maniobrabilidad, cálculos de comportamiento en el mar, cálculo detallado de las estructuras, selección de los materiales, estimación de pesos finales, centro de gravedad y planos generales concluyentes. [21]

### 3.2.8 Diseño de la carena, dimensiones principales

Se utilizó software para el diseño del casco como AutoCAD y Maxsurf, con el cual nos permite realizar todo el diseño conceptual de la embarcación, cuenta con programas que definen la geometría del catamarán como Modeler, programas para cálculos de hidrostática e hidrodinámica como Stability y en relación con la resistencia y potencia, el Resistance. Para poder proyectar las características principales como la eslora, manga, calado y puntal, se han seleccionado una base de datos de catamaranes existentes para obtener relaciones L/B y B/T.

### 3.2.9 Registros de clasificación

Las asociaciones de clasificación son sociedades no gubernamentales que llevan a cabo normas que tienen la misión de averiguar las necesidades universales y el

interés de los clientes, asegurando la vida humana y amparando el entorno marino a través de la verificación y desarrollo de estándares para el diseño, construcción, mantenimiento, plataformas offshore y dimensiones de las estructuras.

Las normativas internacionales que se emplean en el proyecto son el Registro Italiano Naval (RINA), que es utilizado para el escantillonado del catamarán; Criterio de código de Estabilidad (IMO); Recomendaciones de seguridad (FAO/OMI/OIT); SOLAS; MARPOL; etc.

### 3.2.10 Pesos y desplazamientos

El peso total de la embarcación se divide en peso en rosca y peso muerto.

$$W_{TOTAL} = W_{rosca} + W_{muerto} \dots \dots (17)$$

El peso en rosca  $W_{rosca}$  es el peso sin personas a bordo y sin carga consumible (agua, víveres, lastre, combustible, etc.) tal como sale del astillero al finalizar la construcción. Esta se subdivide asumiendo lo siguiente: [21]

$$W_{rosca} = W_{Est} + W_{Eqp} + W_{Maq} \dots \dots (18)$$

Donde:

$W_{Est}$ : Peso de estructuras

$W_{Eqp}$ : Peso de equipamiento

$W_{Maq}$ : Peso de maquinaria

El peso muerto  $W_{muerto}$  se divide en:

$$W_{muerto} = W_{Pers} + W_{comb} + W_{Liq} + \dots \dots (19)$$

Donde:

$W_{Pers}$ : Peso de tripulación

$W_{Comb}$ : Peso del combustible

$W_{Liq}$ : Peso de líquidos

$W_{prov}$ : Peso de provisiones

### 3.2.11 Materiales

Los principales materiales que se emplean para la construcción de buques están como principal el acero naval, la fibra de vidrio y el aluminio. El proyecto se trabajará con aluminio naval.

#### 3.2.11.1 Aluminio 5083

Se trata de una aleación de Magnesio – Aluminio (4,9% – 4%) y además contiene Manganeso y Cromo en mínimas proporciones. Esta aleación es distinguida por su excelente comportamiento en medios agresivos. Su excesiva resistencia a la corrosión lo hace perfecto en superficies para ambientes marinos o químicos. Además, tiene una buena soldabilidad, teniendo una resistencia mayor a las aleaciones térmicamente no tratables. Pero no es recomendable su uso para aplicar en superficies expuestas a temperaturas superiores a 65°C, donde haya presencia de agentes agresivos o contaminación. [22]

#### ➤ **Beneficios del aluminio en la Construcción Naval**

Para la construcción de embarcaciones uno de los materiales que destaca es el aluminio. Las características mecánicas, vida útil del material, su mantenimiento y el costo son algunas de las ventajas frente a otros materiales como la fibra de vidrio o la madera. [23]

- **Resistencia:** Tiene un mejor comportamiento frente a posibles golpes en comparación con otro material liviano como las fibras, puesto que tiene una elevada ductilidad.
- **Ligereza:** La ligereza que brinda el aluminio a las embarcaciones en comparación con otros materiales permite contar con ventajas como la maniobrabilidad, menor consumo y mayores prestaciones.

- **Rigidez:** Al soldar los elementos estructurales de los cascos de aluminio entre sí, permite que sea más rígida y compacta.
- **Estanqueidad:** Al realizar las uniones estructurales a través de la soldadura y al no usar fijaciones mecánicas que soliciten perforaciones, permite que existan menos posibilidades de filtraciones.
- **Ecología:** Su compromiso con el medio ambiente al poseer la capacidad de ser reciclado al 100% de modo ilimitado le hace eficiente y comprometido con el medio ambiente.
- **Mantenimiento:** No es necesario pintarlo porque tiene un excelente comportamiento en ambientes corrosivos. Inclusive, es más sencillo repararlo y garantiza una resistencia similar a la original.

➤ **Aluminio 5086 H111**

Las características de las aleaciones de aluminio que se utilizarán en la construcción de embarcaciones de aluminio deben efectuar los requisitos de reglamento RINA. [24]

**Tabla N° 3 – Propiedades de la aleación de aluminio 5083 H111**

ALEACIONES DE ALUMINIO FORJADO SERIE 5083 PARA CONSTRUCCIÓN SOLDADA				
ALEACIÓN	TEMPLAR	DIMENSIÓN (mm)	ESFUERZO DE FLUENCIA MÍNIMO GARANTIZADO $R_{p0,2}$ at 0,2% (N/mm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MÍNIMA GARANTIZADA $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )
5083 (Placa)	0 o H111	$t \leq 6$ $t > 6$	125 115	275 275
5083 (Sección)	0 o H111	Todos los espesores	110	270

Fuente: RINA

Datos: RINA

### **3.2.12 Seguridad para los buques pesqueros según la FAO/OIT/OMI**

#### **3.2.12.1 Protección de la tripulación**

##### **3.2.12.1.1. Medidas generales de protección**

Las medidas en ámbito general para la protección a bordo son: [13]

- Al identificar riesgos y los medios para la estimación y el análisis de riesgos en referencia a los equipos de la embarcación y la construcción, debe tomar prioridad en el siguiente orden:
  - Suprimir el riesgo;
  - Manejo del riesgo desde un comienzo;
  - Minimizar el riesgo por medio de planes de trabajo seguro, organización, medidas técnicas, prácticas seguras y capacitación.
  - Utilizar equipos de protección personal (EPP), al realizar trabajos de riesgo.
- La tripulación debe ser capacitada para gestionar riesgos e identificar medidas para solucionar el riesgo.
- La superficie de cubierta y los ambientes de trabajo a bordo deben estar diseñadas y preparadas para minimizar el riesgo de que la tripulación resbale.
- Se debe instalar un sistema de cabos salvavidas equipado de cables, cáncamos, grilletes, entre otros.
- La embarcación debe instalar un medio fijado que permita que la tripulación suba a bordo desde el agua.
- Cualquier tipo de accidente debe ser notificado a la autoridad competente para su investigación correspondiente.

#### **3.2.12.2 Dispositivos de salvamento**

##### **3.2.12.2.1. Equipos de salvamento**

➤ **Balsas salvavidas:**

Las balsas salvavidas deben tener las siguientes características y recomendaciones: [13]

- Debe resistir 30 días de exposición en el exterior, sin importar la condición del mar.
- Al saltar de una altura mínima como de 4,5 m debe resistir sin sufrir daño alguno, así este con el toldo armado o sin armar.
- Al caer desde una altura de 18 m al agua, no debe sufrir algún daño y el equipo funcionará correctamente.
- El equipo normal de toda balsa salvavidas debería ser el siguiente: aro flotante, cuchillo de mango flotante, achicador, dos esponjas, dos anclas, dos remos, tres abrelatas, un botiquín de primeros auxilios, un silbato, cuatro cohetes lanzabengalas, seis bengalas de mano, dos señales fumígenas flotantes, una linterna eléctrica, un espejo de señales, un juego de aparejos de pesca, alimentos con una ración de 2 400 kcal para cada persona en la balsa, medicamentos, vaso graduado inoxidable, recipientes de agua con 1,5 l por persona, ayudas térmicas e instrucciones de cómo sobrevivir.

➤ **Chalecos salvavidas:**

Los chalecos salvavidas deben tener las siguientes características y recomendaciones: [13]

- Se debe llevar un chaleco salvavidas para cada persona a bordo y debe estar aprobado por la autoridad competente.
- Los chalecos salvavidas deben estar colocados de modo que se pueda llegar fácilmente a ellos y estar visiblemente indicados.
- Toda la tripulación debe ser capacitada para saber usar los chalecos salvavidas y puedan colocárselos sin ayuda en 1 min como máximo.

- La persona que esta puesta el chaleco salvavidas podrá saltar desde 4,5 m de altura como mínimo, y como mínimo de 1 m con los brazos sobre la cabeza, sin sufrir lesiones tanto la persona como el dispositivo.
- Cada chaleco salvavidas debe sujetar una luz y un silbato.
- El chaleco salvavidas debe contar con una rabiza u otro medio zafable y flotable para sujetarse al chaleco de otra persona en el agua.

➤ **Aros salvavidas:**

Los aros salvavidas deben tener las siguientes características y recomendaciones: [13]

- Las embarcaciones igual o superior a 7 m, como mínimo, debe contar con un aro salvavidas dotado de una rabiza flotante de 18 m como mínimo.
- Los aros salvavidas deben ser accesibles y su colocación debe estar visiblemente indicado para ser lanzados con rapidez.
- Los aros salvavidas deben estar pintados de un color que se diferencie con el mar y estar señalizada con la matrícula o las marcas de identificación que la embarcación.
- Debe contar con un diámetro interior de 400 mm como mínimo y un diámetro exterior de 800 mm como máximo.
- Estar fabricado de manera que soporte la caída al agua desde una altura de 30 m.

➤ **Señales de socorro:**

Las señales de socorro deben tener las siguientes características y recomendaciones: [13]

- La embarcación debe instalar medios para realizar señales de socorro eficaces, para el día y la noche, y ser inspeccionados por la autoridad competente.

- La embarcación, como mínimo, debe llevar lo siguiente:
  - 04 cohetes con paracaídas, pudiendo sustituirse 02 de ellos por bengalas de mano.
  - 02 bengalas de mano
- Las señales de socorro deben estar aprobadas por la autoridad competente e ir correctamente colocadas y ubicadas en un lugar seco de fácil acceso, indicadas claramente.

➤ **Materiales retrorreflectantes para los dispositivos:**

- Los dispositivos de supervivencia como chalecos salvavidas, balsas salvavidas y aros salvavidas deben estar equipados de materiales retrorreflectantes con supervisión de la autoridad competente. [13]

➤ **Cuestiones diversas:**

Entre diversas cuestiones, tenemos: [13]

- Todos los dispositivos de salvamento como chalecos salvavidas, dispositivos flotantes, aros salvavidas, entre otros deben estar dotados de materiales retrorreflectantes y supervisado por la autoridad competente.
- Para ayuda de operaciones aéreas de salvamento, la parte del techo de la superestructura debe estar pintado de un color visible, mostrando el registro u otras marcas que identifiquen la embarcación. Asimismo, los costados de la superestructura deben contar con marcas similares que facilite la búsqueda.
- La autoridad competente debe certificar que las personas a bordo reciban la formación apropiada del mantenimiento y uso de los dispositivos de supervivencia, llevando a cabo registros periódicos del equipo.
- La embarcación debe disponer como mínimo de los siguientes dispositivos de seguridad: una linterna, un espejo, un silbato, pasamanos y de medios apropiados para rescatar a la tripulación del agua.

–Debe hacerse de manera eficaz el mantenimiento de los dispositivos de salvamento.

### 3.2.12.3 Radiocomunicaciones

#### 3.2.12.3.1. Generalidades

Este dicta los equipos mínimos para que una embarcación pueda navegar en función de su zona de navegación. Tal como indica, obliga a llevar a bordo:  
[13]

- Radio VHF con LSD,
- VHF portátil
- GPS

#### 3.2.12.3.2. Resumen del equipo en función de la categoría de proyecto y la zona por la que navega el buque

**Tabla N° 4 – Equipo prescrito**

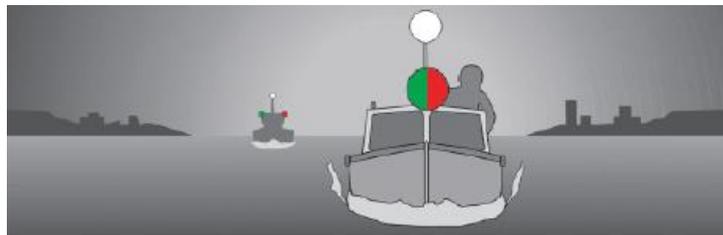
↓Equipo↓	Categoría de proyecto → Zona marítima →	A/B				C/D		Notas 1) 2)
		A1	VHF	A2	MF	VHF	MF	
Ondas métricas <b>sin</b> LSD y receptor de escucha en el canal 70			X		X		X	3)
Ondas métricas <b>con</b> LSD y receptor de escucha en el canal 70		X		X		X		
Ondas hectométricas <b>sin</b> LSD y receptor de escucha en la frecuencia de 2 187,5 kHz					X		X	8)
Ondas hectométricas <b>con</b> LSD y receptor de escucha en la frecuencia de 2 187,5 kHz				X				
Receptor NAVTEX en las frecuencias 518/490 kHz		X		X	X	X	X	4)
RLS por satélite autozafable		X	X	X	X		X	8)
SART de radar o AIS-SART		X	X	X	X		X	5)
Transceptor portátil de ondas métricas SMSSM		X	X	X	X	X	X	6)
Teléfono móvil (celular)						X		7)
Receptor radioeléctrico para recibir partes meteorológicos		X	X	X	X	X	X	4)

Fuente: FAO/OMI/OIT

### 3.2.12.4 Equipo de señalización

- La visibilidad de las luces en los buques de eslora inferior a 12 m, son:  
[13]
  - Luz de tope, 2 millas;
  - Luz de costado, 1 milla;
  - Luz de alcance, 2 millas;
  - Luz de remolque, 2 millas;
  - Luz todo horizonte blanca, roja, verde o amarilla, 2 millas.

**Figura N° 4 – Luces de navegación**



Fuente: FAO/OMI/OIT

- Debe llevar una tabla de señales de socorro y la tabla de señales de salvamento.
- El alumbrado de cubierta no debe afectar la visibilidad de las luces de señalización y de navegación.

### 3.2.12.5 Equipo náutico

El equipo náutico debe tener las siguientes características y recomendaciones:  
[13]

- La embarcación debe contar con un compás.
- La embarcación debe estar dotada de dispositivos para determinar la profundidad del agua y detección de peces.
- La embarcación puede contar con un radar.

### **3.2.12.6 Prevención de incendios y lucha contra incendios**

La prevención de incendios debe tener las siguientes características y recomendaciones: [13]

- Se debe usar materiales piroretardantes en las partes que exista riesgo de incendio por la cercanía de fuentes de calor.
- Las aberturas de los tanques de combustible no deben estar situados en los espacios de alojamiento.
- El mantenimiento del sistema contraincendios debe hacerse en base a criterios recomendados y supervisados por la autoridad competente.
- La estufa, conductos de humo y dispositivos similares deben estar asegurados de forma permanente y poseer protección contra el fuego.
- Se recomienda llevar a bordo detectores de gases.
- Las tuberías que transportan gas deben ser fabricados en acero u otro material supervisado por la autoridad competente.
- Se deben tomar medidas para contrarrestar la emisión de gases peligrosos en caso de incendio.
- La embarcación debe llevar como mínimo dos extintores de incendios, pero los buques que tengan motores fueraborda pueden relegar uno de los extintores ordenados.

## **IV. MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo y nivel de investigación**

#### **4.1.1 Enfoque**

El diseño del catamarán de servicios para la costa peruana busca implementar en la industria marítima un nuevo diseño innovador de un enfoque cualitativo, por ser un proceso constructivo que nace de la idea lógica de desarrollar y promover el comercio en la zona mencionada.

### **4.1.2 Tipo**

El tipo de investigación del proyecto será observacional por el simple hecho de no alterar las variables, la información recogida será motivo de estudio porque se utilizarán conceptos de conocimiento como estabilidad, flotabilidad, navegabilidad, seguridad ante problemas de naufragio y resistencia al avance.

## **4.2 Diseño de investigación**

Un catamarán de servicios nos lleva a un diseño tecnológico puesto que, consiste en una embarcación nueva que este a las expectativas de las exigencias comerciales de la zona y que cumpla con las normas de seguridad establecidas en los buques pasajeros teniendo en cuenta la estabilidad por esta tipología de nave y por el área cubierta que les otorga a los tripulantes a bordo.

## **4.3 Población y muestra**

### **4.3.1 Población**

Un promedio de 18 000 embarcaciones pesqueras en la costa peruana.

### **4.3.2 Muestra**

Playas a lo largo de la costa peruana.

## **4.4 Criterios de selección**

El criterio de selección se evaluará mediante reglamentos internacionales donde se determinará las dimensiones y forma del casco del catamarán, a través de software naval, planos cálculos de estabilidad, resistencia al avance y potencia.

## **4.5 Operación de variables**

### **4.5.1 Variable dependiente**

Diseño de una embarcación tipo catamarán.

### **4.5.2 Variable independiente**

Para el servicio de comercio.

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

### **4.6.1 Técnicas**

Se empleará para el diseño del catamarán una recopilación de información en base a buques base como inspiración para las medidas iniciales y que serán semejantes al mismo perfil de misión, los mismos que nos acercarán al objeto del proyecto.

### **4.6.2 Instrumentos**

Base de datos de embarcaciones tipo catamarán para las dimensiones principales del buque de proyecto.

## **4.7 Procedimiento de recolección de datos**

Buscar información del escantillonado a través de los registros navales internacionales como principal se utilizó en el proyecto el Registro Italiano Naval (RINA) y adicionales como IMO, SOLAS, FAO/OMI/OIT y MARPOL.

## **4.8 Procesamiento y análisis de datos**

El diseño del proyecto del catamarán para servicios será justificado mediante software naval (Maxsurf), en el cual evaluaremos la estabilidad, flotabilidad, velocidad, resistencia y autonomía de la embarcación de servicios.

## 4.9 Matriz de consistencia

Tabla N° 5 – Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE:	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
Diseño de un catamarán de servicios de 10 metros de eslora para la costa peruana	¿Será posible que un catamarán sea más estable que un monocasco?	<p>OBJETIVO GENERAL: Diseñar un catamarán de servicios de 10 metros de eslora para la costa peruana</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Realizar un análisis de las embarcaciones actuales de la costa peruana.</li> <li>– Diseñar y calcular un modelo adecuado tipo catamarán de 10 metros de eslora, basado en normativa naval.</li> <li>– Implementar un sistema de seguridad y salud ocupacional para las personas que trabajen a bordo.</li> <li>– Realizar una Evaluación económica.</li> </ul>	Un catamarán proporciona mayor estabilidad y seguridad durante el fondeo o el atraque y por supuesto navegando, esto nos permite una mejor extracción en el arte de la pesca, caracterizado por un mayor espacio y una gran eficiencia.	<p>VARIABLE DEPENDIENTE: Diseño de una embarcación tipo catamarán.</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Para el servicio de comercio.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: No experimental Transversal Descriptiva Correlacional</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Catamarán</p>	<p>POBLACIÓN: Un promedio de 18 000 embarcaciones en la costa peruana.</p> <p>MUESTRA: Playas a lo largo de la costa peruana.</p>

Fuente: Elaboración propia

## **V. RESULTADOS**

### **5.1 Diagnóstico de las embarcaciones artesanales de la costa peruana**

#### **5.1.1 Reglamento de la Ley General de Pesca – Clasificación en el ámbito marítimo**

De acuerdo con la Ley N° 25977: Ley General de Pesca, publicada el 21 de diciembre de 1992; clasificó el ámbito marítimo en: [25]

##### **5.1.1.1 Comercial**

###### **Artesanal o menor escala**

- Artesanal: realizada por personas naturales o jurídicas artesanales. [25]
  - Sin el empleo de embarcación.
  - Con el empleo de una embarcación hasta 15 metros de eslora y 32,6 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega, predominando el trabajo manual.
- Menor escala: se realiza con una embarcación de 32,6 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega como máximo, capacitadas de sistemas de pesca y equipos modernos, donde la actividad extractiva no es considerada pesca artesanal. [25]

###### **Mayor escala**

Se realiza con una embarcación mayor de 32,6 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega. [25]

##### **5.1.1.2 No comercial**

###### **De investigación científica**

Extracción mediante la pesca experimental, prospección o exploratoria. [25]

## Deportiva

Se realiza con fines turísticos o recreacionales, además el pescar deportivamente no necesita de un permiso de pesca. [25]

## De subsistencia

La realizada con fines de consumo doméstico o trueque. [25]

### 5.1.2 Embarcaciones artesanales

Los pescadores artesanales utilizan distintas unidades de pesca o medios de desplazamiento para realizar sus actividades en el mar. En mayor proporción emplean zapatos, chalanas, botes y lanchas, denominadas “unidades de pesca mayores”; seguidos de caballitos de totora, balsillas y cámaras de llanta, llamadas “unidades de pesca menores”. Los resultados de la Tercera Encuesta Estructural de la Pesquería Artesanal en el Litoral Peruano (Enepa III) señalan que existen 17.920 embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral peruano, siendo notable el incremento entre las dos últimas Enepa, pasando de 9.667 a 17.920 embarcaciones, lo que significa 8.253 embarcaciones más en el lapso de diez años (Tabla N° 06, Fig. N° 05). El crecimiento entre los años 2012 y 2015 fue de 2.206 embarcaciones (14%), lo que demuestra que a pesar de que la ley lo prohíbe, aún siguen construyéndose embarcaciones artesanales. [26]

**Tabla N° 6 – Embarcaciones pesqueras artesanales, según regiones del litoral, Enepa III**

Región	ENEPA I (a)	ENEPA II (b)	I CENPAR <sup>1</sup> (c)	ENEPA III (d)	Variación % (d-b)	Variación % (d-c)
Total	6.268	9.667	15.717	17.920	85,4	14,0
Tumbes	468	667	1.131	1.397	109,4	23,5
Piura	2.200	2.898	5.549	5.673	95,8	2,2
Lambayeque	285	222	1.136	697	214,0	- 38,6
La Libertad	172	333	413	832	149,8	101,5
Áncash	713	1.294	1.854	2.148	66,0	15,9
Lima y Callao	1.286	2.178	2.762	3.233	48,4	17,1
Ica	636	784	1.044	1.151	46,8	10,2
Arequipa	260	816	1.099	1.731	112,1	57,5
Moquegua	126	347	555	813	134,3	46,5
Tacna	122	128	174	245	91,4	40,8

1/ El total de embarcaciones artesanales según el I CENPAR fue de 16.045, con fines de comparación con la ENEPA III se han excluido las balsillas, caballitos de totora y las embarcaciones duplicadas que ese estudio consideró

Fuente: IMARPE

**Figura N° 5 – Número de embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios**



Fuente: IMARPE

### 5.1.2.1 Aspectos técnicos

#### 5.1.2.1.1. Tipos de embarcaciones

Según el estudio realizado por ENEPA, se han definido cinco tipos de embarcaciones pesqueras artesanales tomando como consideración las características estructurales y capacidad de bodega: zapato, chalana, yate, bote y lancha. Asimismo, con base en la observación de las características comunes y frecuentes de las embarcaciones se realizó una aproximación de la definición de cada tipo. En la medida que pueden añadirse otros elementos o características de evaluación, tales como dimensiones o el ámbito geográfico, la embarcación puede ser recategorizada. [26]

**Tabla N° 7 – Tipos de embarcaciones pesqueras artesanales y sus características, Enepa III**

	<p><b>ZAPATO</b>  <b>Descripción general:</b> es una pequeña embarcación construida de madera, y se caracteriza por tener su proa pronunciada y cuadrada, además por no presentar quilla. No lleva cubierta.  <b>CBOD:</b> entre 0,2 y 1 t, predominando las de 0,5 t.  <b>Propulsión:</b> básicamente con remos.  <b>Artes de pesca:</b> a bordo se emplea cortina, pinta con anzuelo y trampa cangrejera; también es empleado para transporte de personal, descarga de la pesca o como panga de las embarcaciones cerqueras.</p>
---	--

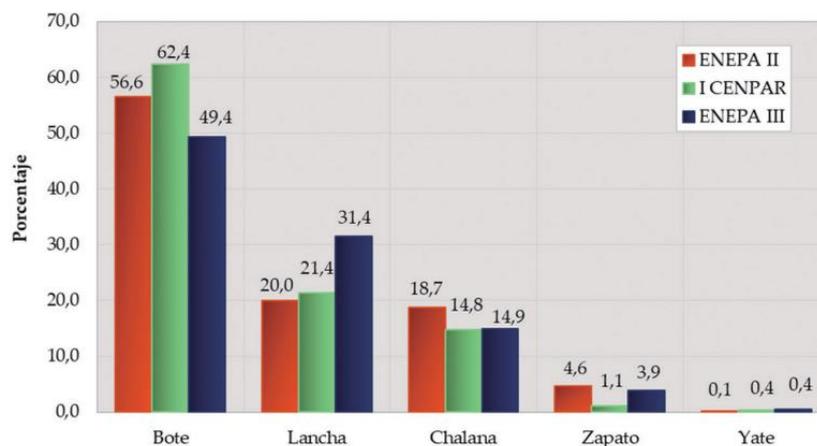
	<p><b>CHALANA</b>  <b>Descripción general:</b> es una embarcación de madera, de tamaño pequeño que no lleva cubierta.  <b>CBOD:</b> entre 0,2 y 2 t, predominando las de 0,5 a 1 t.  <b>Propulsión:</b> mediante remos o motor, el cual puede ser fuera de borda o fijo.  <b>Artes de pesca:</b> cortina, pinta con anzuelo y trampa cangrejera; asimismo es empleado para transporte de personal o descarga de la pesca.</p>
	<p><b>YATE</b>  <b>Descripción general:</b> es una embarcación construida de fibra de vidrio. El casco presenta accesorios de metal y no lleva cubierta.  <b>CBOD:</b> entre 1 y 5 t, predominando las de 2 t.  <b>Propulsión:</b> con motor fuera de borda y algunos tienen un timón en la parte delantera de la embarcación.  <b>Artes de pesca:</b> cortina, pinta con anzuelo y buceo a compresora.</p>
 	<p><b>BOTE</b>  <b>Descripción general:</b> es una embarcación que varía en dimensiones, construido de madera o fibra de vidrio. Puede tener cubierta, parcial o total, o no tenerla. En la zona sur tienen una pequeña caseta en la proa que se usa como camarote durante la temporada de pesca de altura.  <b>CBOD:</b> entre 1 y 8 t, predominando los de 2 a 5 t.  <b>Propulsión:</b> con motor fuera de borda o fijo; algunos botes de la región Piura pueden propulsarse a vela o con la combinación de ambos.  <b>Artes de pesca:</b> a bordo se usa una diversidad de artes: cortina (costera y de altura), trasmallo, pinta (con anzuelo y potera), buceo a compresora, espinel (de fondo y superficie) y trampa para ovas de pez volador. Los botes de la zona sur del litoral son embarcaciones multipropósitos que combinan 2-3 artes de pesca, según la temporada.</p>
	<p><b>LANCHA</b>  <b>Descripción general:</b> es una embarcación que varía en dimensiones, construida de madera y en pocos casos de fierro. En su mayoría están equipadas y presentan casetas de mando. Su diseño y ubicación del motor varía según el arte que emplea.  <b>CBOD:</b> entre 5 y 32 t, predominando las de 6 a 20 t.  <b>Propulsión:</b> únicamente con motor, principalmente fijo.  <b>Artes de pesca:</b> cerco, arrastre, espinel de superficie, pinta potera y trampa anguilera. La mayoría son embarcaciones multipropósitos que combinan 2-3 artes de pesca, según la temporada.</p>

Fuente: IMARPE

La flota pesquera artesanal está formada principalmente por lanchas, botes y chalanas, siendo consideradas el 96%. Se observan pequeñas variaciones en los porcentajes de las categorías del tipo de embarcaciones en los diversos estudios realizados, predominando los botes y las lanchas, sin embargo, resalta la mayor presencia de lanchas en el último estudio (Fig. N° 06). [26]

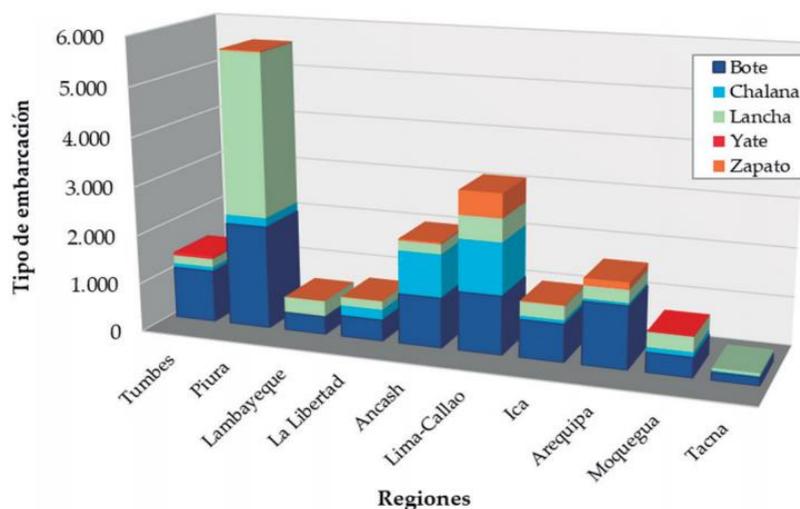
La flota está compuesta por 49,3% de botes y 31,5% de lanchas. Se observa que chalanas y zapatos se distribuyen en mayor proporción en las regiones de la zona centro del litoral (Áncash y Lima - Callao), mientras que las lanchas predominan en la región Piura (59%), además de Lima - Callao (8,5%), Lambayeque (5,8%) y Moquegua (5,5%) (Fig. N° 07). [26]

**Figura N° 6 – Tipo de embarcación pesquera artesanal en el litoral, según estudios**



Fuente: IMARPE

**Figura N° 7 – Distribución geográfica de las embarcaciones pesqueras artesanales, según tipo, ENEPA III. Octubre 2015**

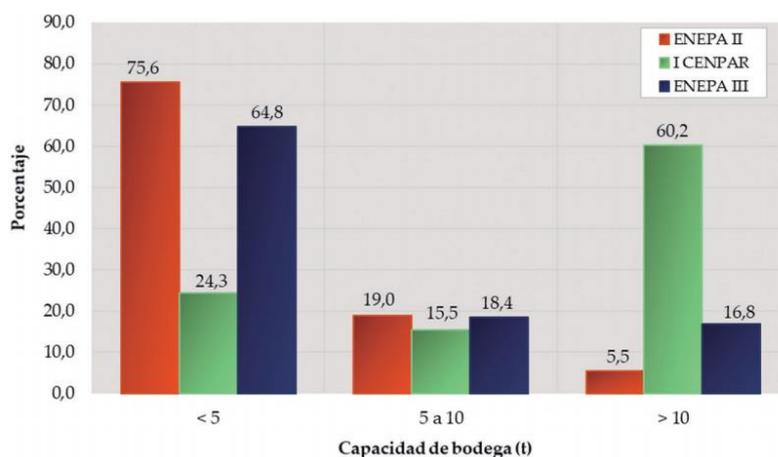


Fuente: IMARPE

#### 5.1.2.1.2. Capacidad de bodega

Para fines comparativos de la capacidad de bodega (CBOD), entre los diferentes estudios, se han considerado tres rangos: (A) menor a 5 t, (B) entre 5 y 10 t y (C) mayor a 10 t. Se observa que tanto en las Enepa II y III se registraron mayor porcentaje de embarcaciones con una CBOD menor a 5 t, mientras que el I Cenpar registró mayor proporción de embarcaciones con CBOD mayor a 10 t. (Fig. N° 08). [26]

**Figura N° 8 – Capacidad de bodega (t) de las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios**

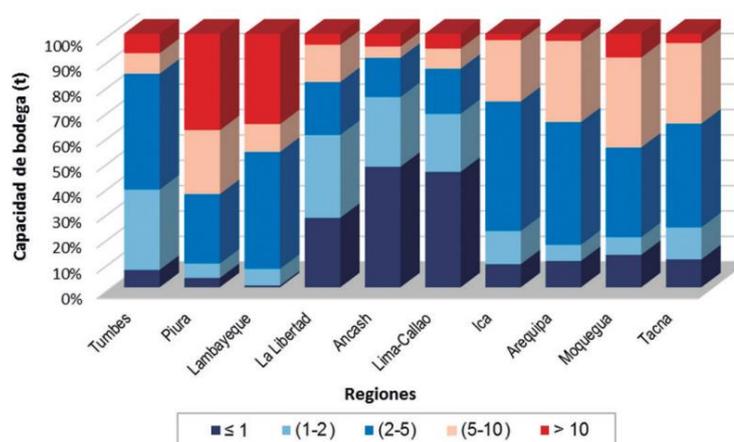


Fuente: IMARPE

En el análisis regional realizado en la Enepa III, se han considerado cinco rangos de CBOD: (A)  $\leq 1$  t, (B) (1-2 t), (C) (2-5 t), (D) (5-10 t), y (E)  $> 10$  t. Los resultados muestran que las embarcaciones de menor calado (rangos A y B, constituidos principalmente por zapatos y chalanas) son numerosas en las regiones Áncash y Lima - Callao (alrededor del 70% de sus flotas).

Por su parte, las embarcaciones de mayor calado con CBOD por encima de las 10 t, se encuentran en mayor porcentaje en la región Piura (2.155 ~ 71,7%) representando el 38% de su flota (Fig. N° 09). [26]

**Figura N° 9 – Distribución de la Capacidad de bodega (t) de las embarcaciones pesqueras artesanales, por región, Enepa III**

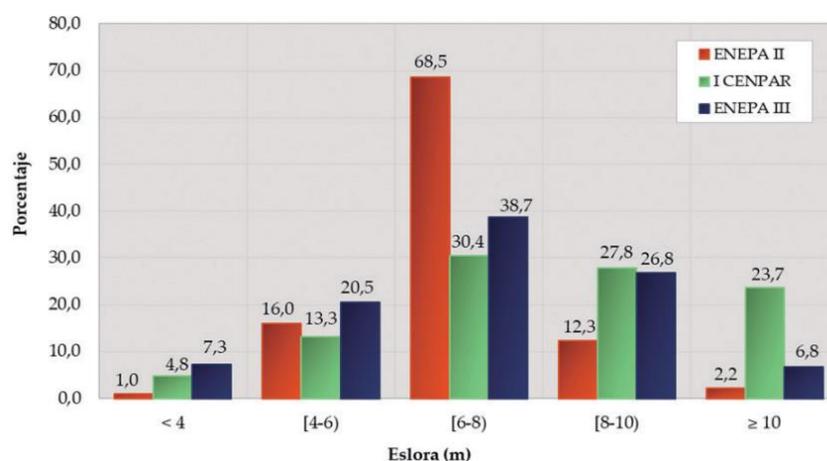


Fuente: IMARPE

### 5.1.2.1.3. Eslora

Otra característica técnica importante de la embarcación pesquera artesanal es la eslora, definida como la longitud total medida de proa a popa. Se registraron datos sobre las dimensiones de 4.364 embarcaciones pesqueras artesanales, proporcionados por el patrón o el armador de la embarcación. A pesar de que los resultados de las Enepa y el I Cenpar muestran algunas variaciones en ciertos rangos, se observa que el mayor porcentaje mide entre 6 y 8 m de eslora (Fig. N° 10). [26]

**Figura N° 10 – Eslora (m) de las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios**

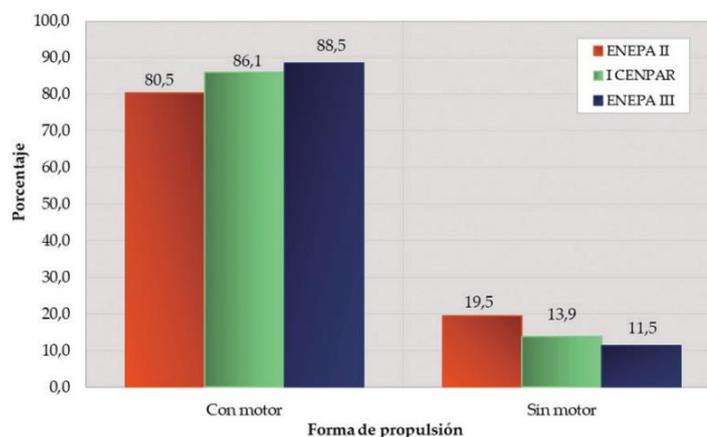


Fuente: IMARPE

### 5.1.2.1.4. Forma de propulsión

El mayor porcentaje de la flota pesquera artesanal emplea motor para su desplazamiento, y en menor proporción se desplazan con remos o a vela. En todos los estudios realizados, se evidencia que la proporción de embarcaciones con motor es superior al 80%, aunque se observa incremento de las embarcaciones con motor de 86,1% a 88,5%, que en términos absolutos representa el aumento desde 13.713 en el I Cenpar hasta 15.866 en la Enepa III (Fig. N° 11). [26]

**Figura N° 11 – Propulsión de las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios**

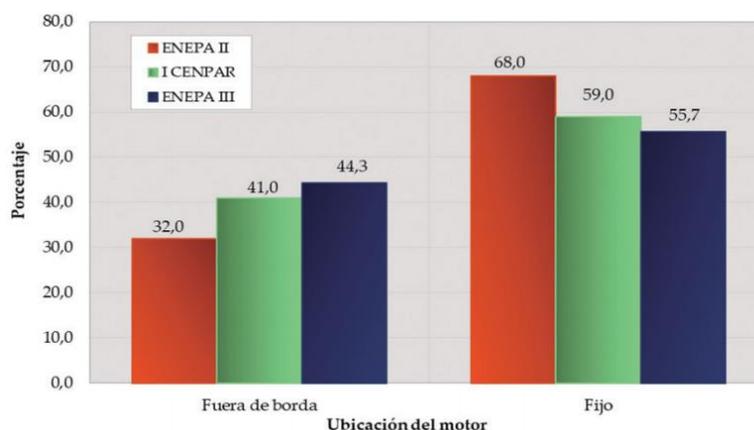


Fuente: IMARPE

En los tres estudios realizados, se observa que mayor número de embarcaciones motorizadas presentan motor fijo o estacionario (ubicado ya sea en proa, centro o popa), mientras que en menor porcentaje presentan motores ubicados fuera de borda. Comparando los dos últimos estudios, se tiene que las embarcaciones con motor fijo se han incrementado en 12,4%; es decir, de 7.863 en el I Cenpar a 8.835 embarcaciones en la Enepa III.

Por su parte, el incremento de embarcaciones con motor fuera de borda fue de 28,5%; pasando de 5.473 a 7.033 embarcaciones (Fig. 12). [26]

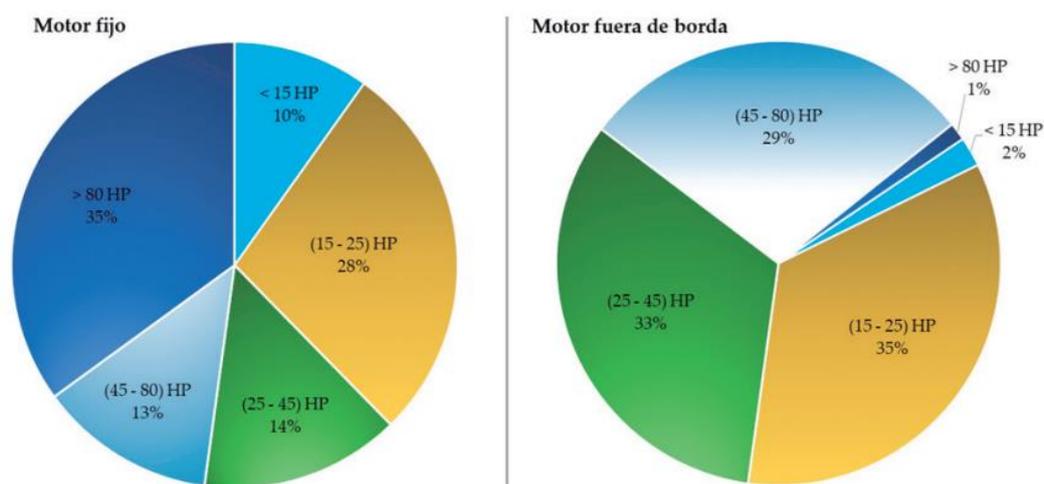
**Figura N° 12 – Ubicación del motor en las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, según estudios**



Fuente: IMARPE

En cuanto a la potencia de los motores, varía en función del tipo y marca del motor, además de estar en función de su ubicación. Se registraron datos de la potencia del motor de 3.359 embarcaciones (1.593 con motor fijo o estacionario y 1.766 con motor fuera de borda) cuyos resultados se observan en la Figura N° 13. [26]

**Figura N° 13 – Potencia del motor en las embarcaciones pesqueras artesanales en el litoral, Enepe III**



Fuente: IMARPE

#### 5.1.2.1.5. Artes de pesca

Los pescadores artesanales embarcados hacen uso de una variedad de artes (p. ej. cortina, cerco y arrastre), aparejos (p. ej. espinel y pinta) o métodos de pesca (buceo compresor). De los resultados, se tiene que existe un mayor número de pescadores artesanales embarcados que en sus faenas de pesca emplean cortina (superficial y de fondo), espinel superficial, cerco para consumo, pinta con anzuelos, pinta potera y buceo compresora (Tabla N° 08). [26]

**Tabla N° 8 – Artes de pesca más utilizados por los pescadores artesanales embarcados, según regiones del litoral, Enepe III**

Región	Total		Cortina superficial		Cortina de fondo		Cercos para consumo		Espinel superficial		Pinta con anzuelo		Pinta potera		Buceo compresora		Cortina animalera		Trasmallo		Otro arte	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	10.658	100	2.401	22,5	2.345	22,0	2.243	21,0	1.650	15,5	1.469	13,8	1.364	12,8	1.231	11,6	426	4,0	390	3,7	1.215	11,4
Tumbes	983	100	290	29,5	429	43,6	75	7,6	17	1,7	217	22,1	1	0,1	15	1,5	30	3,1	267	27,2	133	13,5
Piura	1.863	100	44	2,4	133	7,1	315	16,9	228	12,2	530	28,4	544	29,2	147	7,9	54	2,9			263	14,1
Lambayeque	794	100	349	44,0	375	47,2	130	16,4	5	0,6	113	14,2	46	5,8	5	0,6	20	2,5	2	0,3	73	9,2
La Libertad	530	100	334	63,0	316	59,6	7	1,3	26	4,9	36	6,8	10	1,9	1	0,2	27	5,1	20	3,8	52	9,8
Áncash	1.546	100	340	22,0	412	26,6	473	30,6	50	3,2	152	9,8	3	0,2	351	22,7	13	0,8	2	0,1	73	4,7
Lima	1.553	100	668	43,0	353	22,7	141	9,1	310	20,0	201	12,9	19	1,2	96	6,2	115	7,4	65	4,2	105	6,8
Callao	447	100	109	24,4	61	13,6	212	47,4	2	0,4	44	9,8	3	0,7	64	14,3			9	2,0	54	12,1
Ica	1.184	100	196	16,6	172	14,5	508	42,9	22	1,9	49	4,1	9	0,8	334	28,2	26	2,2	7	0,6	185	15,6
Arequipa	938	100	43	4,6	67	7,1	136	14,5	522	55,7	102	10,9	641	68,3	103	11,0	48	5,1	15	1,6	185	19,7
Moquegua	625	100	18	2,9	14	2,2	189	30,2	363	58,1	22	3,5	79	12,6	83	13,3	70	11,2	3	0,5	74	11,8
Tacna	195	100	10	5,1	13	6,7	57	29,2	105	53,8	3	1,5	9	4,6	32	16,4	23	11,8			18	9,2

Nota: La suma de respuestas de artes de pesca, supera el total de entrevistas debido a que se trata de una pregunta con respuesta múltiple

Fuente: IMARPE

### 5.1.2.1.6. Sistema de conservación

El sistema de conservación de las embarcaciones es considerado como un elemento básico para mantener la calidad de los productos hidrobiológicos. Un apropiado sistema de conservación permite comercializar el producto más fresco y por ende, obtener mayores ingresos. También, un mejor sistema de conservación permite realizar faenas de pesca durante mayor tiempo, lo cual puede generar menor costo total por operación de pesca y mayor ganancia neta. [26]

Se han registrado cuatro principales formas de conservación de la pesca a bordo: bodega insulada, caja isotérmica, cajón y hielo a granel. La caja isotérmica es de madera revestida internamente con fibra, tecnopor y/o planchas de metal. El cajón no está recubierto y el hielo se esparce adentro para proteger a los pescados. En el caso del sistema con hielo a granel, este es llevado en sacos y esparcido en cajas de plástico donde se colocan los pescados. [26]

**Figura N° 14 – Caja en una embarcación**



Fuente: IMARPE

**Tabla N° 9 – Sistema de conservación de la embarcación pesquera artesanal, según regiones del litoral, Enepe III**

Región	Total		Bodega insulada		Caja isotérmica		Cajón o caja		Hielo a granel		Otro		No utiliza o no tiene	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	4.429	100	1.496	33,8	974	22,0	73	1,6	116	2,6	37	0,8	1733	39,1
Tumbes	423	100	46	10,9	293	69,3	2	0,5	52	12,3			30	7,1
Piura	945	100	458	48,5	208	22,0	39	4,1	27	2,9	15	1,6	198	21,0
Lambayeque	200	100	43	21,5	132	66,0			9	4,5			16	8,0
La Libertad	276	100	80	29,0	105	38,0							91	33,0
Áncash	684	100	26	3,8	55	8,0	15	2,2	17	2,5	4	0,6	567	82,9
Lima	773	100	123	15,9	79	10,2	2	0,3	9	1,2	1	0,1	559	72,3
Callao	164	100	57	34,8	7	4,3							100	61,0
Ica	275	100	96	34,9	80	29,1	5	1,8	2	0,7	2	0,7	90	32,7
Arequipa	470	100	373	79,4	9	1,9	3	0,6			13	2,8	72	15,3
Moquegua	174	100	156	89,7	6	3,4	5	2,9					7	4,0
Tacna	45	100	38	84,4			2	4,4			2	4,4	3	6,7

Fuente: IMARPE

Se observa que el 60,9% de las embarcaciones encuestadas usan algún sistema de frío. La bodega insulada y la caja isotérmica (Fig. N° 14) son las más utilizadas. Una proporción importante de la flota pesquera artesanal no utiliza o no tiene un sistema de conservación, principalmente las embarcaciones de la zona centro, debido a que sus faenas de pesca las realizan muy cerca de la costa y solo duran pocas horas (Tabla N° 9). Gran parte de la flota que cuenta con caja isotérmica o cajón, no la usa de forma permanente, sino solo por temporadas o en faenas de pesca de mayor duración. [26]

#### 5.1.2.1.7. Equipos a bordo

Se han registrado los equipos de emergencia, así como los de navegación, comunicación y detección de cardúmenes con los que cuentan las embarcaciones pesqueras artesanales para procurar obtener mayores capturas y realizar sus faenas con mayor seguridad. Al respecto se tiene que: [26]

- De los equipos de emergencia, la mayoría de las embarcaciones a nivel litoral cuentan con los equipos básicos, tales como chalecos salvavidas (77,6%) y botiquín (64,3%), mientras que, solo el 9,1% de las embarcaciones trabaja con radiobaliza, debido, principalmente, a su alto costo (Tabla N° 10).
- En cuanto a los equipos de navegación 45,2% cuenta con GPS y 26,6% tiene compás magnético (Tabla N° 11).

- Respecto a los equipos de detección 13,1% de las embarcaciones cuenta con ecosonda, sobre todo la flota cerquera y cortinera de altura.
- Con relación a los equipos de comunicación, solo 31,7% manifestó contar con radio a bordo, ya que la mayoría usa celular como medio de comunicación (Tabla N° 11). Solo 7,2% de las embarcaciones no posee o no especificó la tenencia de algún equipo, principalmente embarcaciones pequeñas que realizan viajes cortos cercanos a la costa.

**Tabla N° 10 – Equipos de emergencia, según regiones del litoral, Enepe III**

Región	Total		Chalecos salvavidas		Aros salvavidas		Linternas de mano		Radiobaliza		Espejo de señales		Silbato		Botiquín		Extintor	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	4.429	100	3.437	77,6	1.743	39,4	3.541	80,0	404	9,1	1.548	35,0	2.173	49,1	2.848	64,3	1.852	41,8
Tumbes	423	100	250	59,1	66	15,6	368	87,0	10	2,4	72	17,0	98	23,2	223	52,7	68	16,1
Piura	945	100	837	88,6	450	47,6	823	87,1	171	18,1	360	38,1	509	53,9	741	78,4	425	45,0
Lambayeque	200	100	180	90,0	130	65,0	165	82,5	36	18,0	133	66,5	148	74,0	171	85,5	142	71,0
La Libertad	276	100	227	82,2	103	37,3	209	75,7	9	3,3	82	29,7	90	32,6	148	53,6	81	29,3
Áncash	684	100	369	53,9	115	16,8	436	63,7	6	0,9	89	13,0	133	19,4	212	31,0	154	22,5
Lima	773	100	563	72,8	233	30,1	540	69,9	41	5,3	254	32,9	439	56,8	406	52,5	270	34,9
Callao	164	100	144	87,8	107	65,2	140	85,4	34	20,7	101	61,6	127	77,4	125	76,2	103	62,8
Ica	275	100	249	90,5	92	33,5	215	78,2	17	6,2	91	33,1	154	56,0	223	81,1	128	46,5
Arequipa	470	100	411	87,4	279	59,4	439	93,4	20	4,3	244	51,9	327	69,6	392	83,4	294	62,6
Moquegua	174	100	164	94,3	140	80,5	166	95,4	46	26,4	98	56,3	115	66,1	164	94,3	152	87,4
Tacna	45	100	43	95,6	28	62,2	40	88,9	14	31,1	24	53,3	33	73,3	43	95,6	35	77,8

Fuente: IMARPE

**Tabla N° 11 – Equipos de navegación, comunicación y detección de cardúmenes, según regiones del litoral, Enepe III**

Región	Total		Navegación						Comunicación		Detección de cardúmenes			
			GPS		Compás magnético		Radar		Radio VHS, HF		Ecosonda		Sonar	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	4.429	100	2.004	45,2	1.176	26,6	29	0,7	1.402	31,7	580	13,1	32	0,7
Tumbes	423	100	153	36,2	8	1,9			22	5,2	57	13,5		
Piura	945	100	722	76,4	276	29,2	3	0,3	435	46,0	128	13,5	3	0,3
Lambayeque	200	100	75	37,5	34	17,0	2	1,0	42	21,0	86	43,0	3	1,5
La Libertad	276	100	55	19,9	41	14,9	1	0,4	47	17,0	85	30,8	1	0,4
Áncash	684	100	30	4,4	44	6,4			22	3,2	62	9,1	1	0,1
Lima	773	100	137	17,7	131	16,9	4	0,5	115	14,9	22	2,8	4	0,5
Callao	164	100	60	36,6	79	48,2	14	8,5	59	36,0	51	31,1	16	9,8
Ica	275	100	173	62,9	107	38,9	1	0,4	158	57,5	49	17,8	1	0,4
Arequipa	470	100	401	85,3	311	66,2			334	71,1	20	4,3		
Moquegua	174	100	156	89,7	115	66,1	3	1,7	137	78,7	17	9,8	2	1,1
Tacna	45	100	41	91,1	30	66,7	1	2,2	31	68,9	3	6,7	1	2,2

Nota: La suma de respuestas sobre los equipos de navegación, supera el total de entrevistas debido a que se trata de una pregunta con respuesta múltiple

Fuente: IMARPE

### 5.1.2.1.8. Forma de adquisición de la embarcación

La forma de adquisición de las embarcaciones pesqueras artesanales, a nivel litoral, fue generalmente la compra. La tendencia se mantiene en todas las regiones, sin embargo, en La Libertad, Tumbes, Piura y Áncash el porcentaje de embarcaciones adquiridas por herencia superan el 5% (Tabla N° 12). [26]

**Tabla N° 12 – Forma de adquisición de la embarcación pesquera artesanal, según regiones del litoral, ENEPA III**

Región	Total		Comprada		Por herencia		Otra forma		No específica	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	4.429	100	4.150	93,7	241	5,4	17	0,4	21	0,5
Tumbes	423	100	385	91,0	37	8,7	1	0,2		
Piura	925	100	860	93,0	63	6,8			2	0,2
Lambayeque	213	100	208	97,7	5	2,3				
La Libertad	275	100	244	88,7	30	10,9	1	0,4		
Áncash	685	100	637	93,0	43	6,3	3	0,4	2	0,3
Lima	780	100	735	94,2	35	4,5	3	0,4	7	0,9
Callao	166	100	153	92,2	7	4,2			6	3,6
Ica	277	100	264	95,3	9	3,2	3	1,1	1	0,4
Arequipa	469	100	452	96,4	10	2,1	5	1,1	2	0,4
Moquegua	175	100	171	97,7	2	1,1	1	0,6	1	0,6
Tacna	41	100	41	100,0						

Fuente: IMARPE

### 5.1.3 Pescador artesanal

La población total de pescadores artesanales en el litoral peruano se estimó en 67.427 pescadores. La evolución de la población de pescadores artesanales de los últimos 20 años es presentada en la Tabla N° 13. [26]

**Tabla N° 13 – Población de pescadores artesanales, según regiones del litoral, Enepa III**

Región	ENEPA I 1995-96(a)	ENEPA II 2004-05(b)	I CENPAR 2012(c)	ENEPA III 2015(d)	Variación % (d-b)	Variación % (d-c)
Total	28.098	37.727	44.161	67.427	78,7	52,7
Tumbes	2.125	2.861	3.447	5.601	95,8	62,5
Piura	9.103	13.050	13.248	21.943	68,1	65,6
Lambayeque	2.938	1.422	2.945	3.583	152,0	21,7
La Libertad	1.080	1.221	1.223	3.051	149,9	149,5
Áncash	3.033	3.523	3.645	6.184	75,5	69,7
Lima y Callao	3.952	5.613	6.854	8.832	57,3	28,9
Ica	2.372	3.525	5.731	5.304	50,5	-7,5
Arequipa	2.318	4.172	4.006	7.632	82,9	90,5
Moquegua	687	1.640	2.022	4.020	145,1	98,8
Tacna	490	700	1.040	1.277	82,4	22,8

Fuente: IMARPE

Se observa crecimiento de 52,7% en la población de pescadores artesanales entre los años 2012 y 2015, pasando de 44.161 a 67.427 pescadores. Por otro lado, el crecimiento entre la Enepa II y Enepa III fue del orden de 78,7%, lo que significó casi 30 mil pescadores más en el lapso de diez años. Estos resultados se explican tanto por el crecimiento demográfico del país, como porque la pesca artesanal sigue siendo una actividad económica de libre acceso que no requiere de mano de obra calificada. Lo cual permite la migración de otros sectores u opciones de empleo menos favorecidos. [26]

### 5.1.3.1 Grupos de edad

La población de pescadores artesanales embarcados está conformada por jóvenes (21,2%), adultos (65,9%) y adultos mayores (12%). En las regiones, la tendencia se mantiene; sin embargo, se observa que las regiones de la zona centro registraron la mayor población de pescadores del grupo etario “adulto mayor” (Tabla N° 14). [26]

**Tabla N° 14 – Grupos de edad del pescador artesanal embarcado, según regiones del litoral, Enepa III**

Región	Total		Menos de 18 años		De 18 a 29 años		De 30 a 59 años		De 60 a más años	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	10.658	100	91	0,9	2.263	21,2	7.024	65,9	1.280	12,0
Tumbes	983	100	15	1,5	225	22,9	652	66,3	91	9,3
Piura	1.863	100	22	1,2	507	27,2	1.203	64,6	131	7,0
Lambayeque	794	100	10	1,3	183	23,0	538	67,8	63	7,9
La Libertad	530	100	7	1,3	124	23,4	346	65,3	53	10,0
Áncash	1.546	100	9	0,6	267	17,3	1.035	66,9	235	15,2
Lima	1.553	100	5	0,3	234	15,1	1.033	66,5	281	18,1
Callao	447	100	1	0,2	35	7,8	237	53,0	174	38,9
Ica	1.184	100	13	1,1	268	22,6	767	64,8	136	11,5
Arequipa	938	100	7	0,7	242	25,8	625	66,6	64	6,8
Moquegua	625	100	2	0,3	140	22,4	448	71,7	35	5,6
Tacna	195	100			38	19,5	140	71,8	17	8,7

Fuente: IMARPE

### 5.1.3.2 Nivel de estudios

La proporción de pescadores con estudios superiores (9,6%) es menor a los otros niveles de estudios alcanzados: 62,5% con algún año de estudios secundarios aprobado y 26,5% con algún grado de estudios primarios aprobado. Un porcentaje muy pequeño carece de estudios o tiene solo estudio inicial (1%) (Tabla N° 15). Respecto al porcentaje de pescadores con nivel de estudio secundario, en el I Cenpar se reportó 57,9% y en la Enepa II 54%. [26]

**Tabla N° 15 – Nivel de estudios del pescador artesanal embarcado, según regiones del litoral, ENEPA III**

Región	Total		Sin Estudio, Inicial		Primaria		Secundaria		Superior Técnica		Superior Universitaria		No específica	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	10.658	100	102	1,0	2.829	26,5	6.660	62,5	848	8,0	173	1,6	46	0,4
Tumbes	983	100	24	2,4	381	38,8	512	52,1	56	5,7	10	1,0		
Piura	1.863	100	21	1,1	831	44,6	903	48,5	89	4,8	14	0,8	5	0,3
Lambayeque	794	100	6	0,8	322	40,6	429	54,0	26	3,3	9	1,1	2	0,3
La Libertad	530	100	3	0,6	126	23,8	347	65,5	41	7,7	7	1,3	6	1,1
Áncash	1.546	100	16	1,0	324	21,0	1.043	67,5	120	7,8	34	2,2	9	0,6
Lima	1.553	100	6	0,4	348	22,4	1.051	67,7	118	7,6	15	1,0	15	1,0
Callao	447	100	3	0,7	124	27,7	265	59,3	48	10,7	5	1,1	2	0,4
Ica	1.184	100	16	1,4	174	14,7	828	69,9	137	11,6	29	2,4		
Arequipa	938	100	2	0,2	112	11,9	703	74,9	97	10,3	19	2,0	5	0,5
Moquegua	625	100	3	0,5	66	10,6	435	69,6	95	15,2	24	3,8	2	0,3
Tacna	195	100	2	1,0	21	10,8	144	73,8	21	10,8	7	3,6		

Fuente: IMARPE

Al vincular el nivel de estudios alcanzados y las ganancias netas promedio mensual (Tabla N° 16), es posible señalar que: [26]

- Los pescadores sin estudios y con educación inicial que llegan a percibir ingresos superiores a S/ 1.500 es casi nula.
- Son más los pescadores con ganancias netas entre S/ 501 y S/ 1.000.
- Lograr estudiar y aprobar algún año de educación secundaria, parece aumentar la posibilidad de obtener ingresos por encima de los S/ 1.500.
- Tener estudios superiores parece no garantizar alcanzar ganancias superiores a S/ 1.500 pues por lo general ganan entre los S/ 501 y S/ 1.000, hay casos de pescadores con nivel de estudios secundarios que perciben más de S/ 1.500.

**Tabla N° 16 – Pescador artesanal embarcado por nivel de estudios y ganancia neta promedio mensual, según regiones del litoral, ENEPA III**

Nivel de estudios alcanzado	Total	Hasta S/ 500	De S/ 501 a S/ 1.000	De S/ 1.001 a S/ 1.500	De S/ 1.501 a S/ 2.000	Más de S/ 2.000	No trabajó	No específica
Total	10.658	3.164	4.083	1.643	802	676	32	258
Sin Estudio, inicial	102	39	39	13	2	4	1	4
Primaria	2.829	1.159	1.001	323	159	121	10	56
Secundaria	6.660	1.767	2.659	1.099	525	431	20	159
Superior Técnica	848	164	310	164	89	93	1	27
Superior Universitaria	173	26	60	34	24	23		6
No específica	46	9	14	10	3	4		6

Fuente: IMARPE

### 5.1.3.3 Experiencia en la pesca artesanal

La mayoría (48,7%) de los encuestados se concentra entre 6 y 20 años de experiencia en la actividad (Tabla N° 17). No se observa un patrón claro entre los años de experiencia en la actividad y el nivel de ganancias obtenido. Se distingue alta presencia de personas con experiencia entre 6 y 20 años en las ganancias superiores de S/ 1.500. Esto puede significar que los encuestados están en el balance de experiencia en el sector y conocimientos adecuados para la actividad. También, es notable la disminución de la participación de los pescadores más experimentados en los ingresos más altos. Ello significaría la existencia de desventajas en el mercado laboral, como edad muy avanzada y conocimientos desactualizados (Tabla N° 18). [26]

**Tabla N° 17 – Rangos de años de experiencia en el sector del pescador artesanal embarcado, según regiones del litoral, Enepa III**

Región	Total		Hasta 5 años		De 6 a 10 años		De 11 a 15 años		De 16 a 20 años		De 21 a 25 años		De 26 a 30 años		De 31 a 35 años		De 36 a 40 años		Más de 40 años		No específica	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total	10.658	100	1.406	13,2	1.899	17,8	1.619	15,2	1.677	15,7	911	8,5	1.082	10,2	512	4,8	695	6,5	785	7,4	72	0,7
Tumbes	983	100	145	14,8	169	17,2	156	15,9	166	16,9	91	9,3	95	9,7	58	5,9	46	4,7	54	5,5	3	0,3
Piura	1.863	100	267	14,3	365	19,6	294	15,8	307	16,5	148	7,9	178	9,6	77	4,1	107	5,7	116	6,2	4	0,2
Lambayeque	794	100	85	10,7	143	18,0	133	16,8	119	15,0	79	9,9	88	11,1	39	4,9	50	6,3	40	5,0	18	2,3
La Libertad	530	100	106	20,0	100	18,9	72	13,6	74	14,0	45	8,5	56	10,6	18	3,4	26	4,9	30	5,7	3	0,6
Áncash	1.546	100	172	11,1	234	15,1	254	16,4	269	17,4	141	9,1	179	11,6	85	5,5	101	6,5	104	6,7	7	0,5
Lima	1.553	100	140	9,0	198	12,7	213	13,7	235	15,1	127	8,2	208	13,4	87	5,6	151	9,7	183	11,8	11	0,7
Callao	447	100	16	3,6	23	5,1	42	9,4	42	9,4	34	7,6	49	11,0	30	6,7	73	16,3	126	28,2	12	2,7
Ica	1.184	100	188	15,9	194	16,4	152	12,8	194	16,4	112	9,5	116	9,8	73	6,2	68	5,7	81	6,8	6	0,5
Arequipa	938	100	159	17,0	248	26,4	169	18,0	150	16,0	69	7,4	57	6,1	18	1,9	35	3,7	27	2,9	6	0,6
Moquegua	625	100	96	15,4	179	28,6	110	17,6	84	13,4	48	7,7	47	7,5	19	3,0	29	4,6	11	1,8	2	0,3
Tacna	195	100	32	16,4	46	23,6	24	12,3	37	19,0	17	8,7	9	4,6	8	4,1	9	4,6	13	6,7		

Fuente: IMARPE

**Tabla N° 18 – Distribución porcentual del pescador artesanal embarcado por rangos de años de experiencia en el sector y ganancias netas, promedio mensual, en el litoral, Enepa III**

Años de experiencia	Total	Hasta S/ 500	De S/ 501 a S/ 1.000	De S/ 1.001 a S/ 1.500	De S/ 1.501 a S/ 2.000	Más de S/ 2.000	No trabajó	No específica
Total	100,0	29,7	38,3	15,4	7,5	6,3	0,3	2,4
Hasta 5 años	13,2	3,6	5,3	2,1	1,0	0,9		0,2
De 6 a 10 años	17,8	5,1	6,6	3,1	1,6	1,1	0,1	0,3
De 11 a 15 años	15,2	4,2	5,9	2,6	1,2	0,9	0,1	0,4
De 16 a 20 años	15,7	4,6	5,9	2,6	1,1	1,1		0,4
De 21 a 25 años	8,5	2,3	3,4	1,3	0,7	0,6		0,2
De 26 a 30 años	10,2	3,1	4,1	1,4	0,7	0,7		0,2
De 31 a 35 años	4,8	1,5	1,8	0,7	0,3	0,4		0,1
De 36 a 40 años	6,5	2,2	2,4	0,9	0,4	0,4		0,2
Más de 40 años	7,4	2,9	2,8	0,8	0,4	0,3		0,2
No específica	0,7	0,2	0,1	0,1				0,2

Fuente: IMARPE

Respecto al porcentaje de pescadores que manifestaron tener más de 10 años de experiencia en la actividad, en la Enepa II se reportó 68,3% y en el I Cenpar 65,1%. [26]

#### 5.1.4 Necesidades de Asistencia

En base a la problemática de la pesca artesanal, existen necesidades, como: [26]

- Construir y/o mejorar las infraestructuras pesqueras de desembarque adecuadas a las normas sanitarias.
- Préstamos al pescador artesanal (para la adquisición de equipos de navegación, pesca y de seguridad a bordo (GPS, ecosondas, redes, embarcaciones, etc.), con cuotas accesibles.
- Capacitación técnica actualizada y permanente.
- Mejorar el sistema de comercialización.
- Seguros de vida y salud para el pescador.
- Apoyo para la preservación a bordo de la pesca y artes y equipos de pesca adecuados.
- Construir y/o reparar vías de acceso a puntos de desembarque.

## 5.2 Análisis y diseño

### 5.2.1 Autonomía

La autonomía es el tiempo posible que tiene una embarcación de estar en alta mar sin inconvenientes, siendo un aspecto significativo que debe tener toda embarcación.

El catamarán de servicios maniobrará en agua de los puertos de la costa del mar peruano con un promedio de 5 millas, y a una máxima velocidad de 12 nudos.

### 5.2.2 Consideraciones iniciales

Las dimensiones principales y el material designado para el catamarán se presentan en la Tabla N° 19 a continuación:

**Tabla N° 19 – Dimensiones Iniciales**

Eslora total	10 m
Velocidad	12 kn
Material del casco	Aluminio Naval
Material de la Superestructura	Aluminio Naval

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 Dimensiones principales

En esta parte del proyecto comenzaremos dimensionando la embarcación para conseguir las características proyectadas del catamarán, donde principalmente se hará una lista de embarcaciones con características parecidas a las dimensiones que deseamos que obtenga el catamarán que se va a diseñar.

Posteriormente se hizo una búsqueda sobre una gran cantidad de catamaranes similares a las dimensiones deseadas, por lo cual, se elaboró una tabla de embarcaciones:

Tabla N° 20 – Base de datos

NOMBRES	ESLORA	MANGA	CALADO
SOLLINER	6,2	2,28	0,45
CATAMARAN AVENTURA 10 POWER	9,98	5,3	0,8
CATAMARAN AVENTURA 37	10,9	5,94	1,2
CATAMARAN AVENTURA 43 CRUCERO	13,2	7	0,4
CATAMARAN MONTE FINO	13,8	4,57	1,22
CATAMARAN DAY CHARTER 34	10	5,4	1
FONTAINE PAJOT MY 44	13,4	6,61	1,3
FONTAINE PAJOT MY 37	11	5,1	0,8
LEOPARD 43 POWERCAT	13	6,72	0,94
KRONLAND II	10,85	3,45	0,42

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3.1 Eslora

Por cuestiones de análisis en el apartado de los tipos de embarcaciones según los ENEPA y el primer censo del 2012 y buscando la aprobación de trámites y planos para su potencial construcción se proyecta diseñar una embarcación con la siguiente eslora:

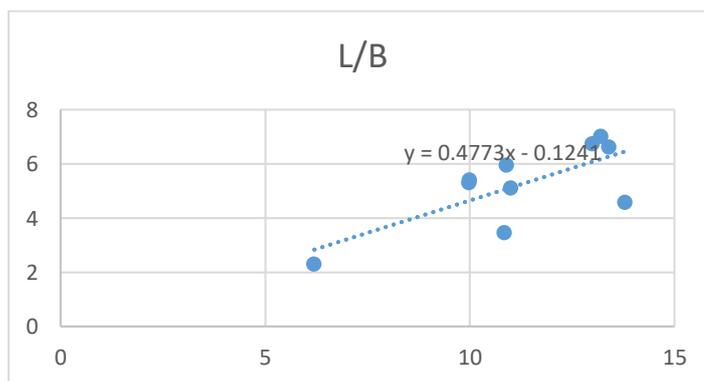
$$L (\text{Length}) = 10 \text{ m}$$

### 5.2.3.2 Manga

Haciendo el diagrama de Relación L/B, se encuentra la siguiente fórmula:

$$B = 0,4773(L) + 0,1241 \dots \dots \dots (25)$$

Gráfico N° 1 – Relación L/B



Fuente: Elaboración propia

Reemplazando la ecuación N° 24, tomando como dato una  $L = 10$  m en la relación anterior se halla una  $B = 4,8971$  m, pero se elegirá una  $B = 4,5$  m.

➤ **Separación entre semicascos ( $s$ ):**

$$s = \frac{B_{FT} - 2B}{L_{wl}} \dots \dots \dots (26)$$

$s$  : Es la distancia entre los cascos respecto a sus planos de crujía

$B_{FT}$  : Manga máxima del catamarán

$B$  : Manga de un casco

$L_{wl}$  : Eslora de flotación del catamarán

Valores en el que puede variar esta relación:  $s = 0.1; 0.15; 0.20; 0.25; 0.30$ , los valores más altos, te permiten una menor interferencia entre los cascos y menor resistencia. [27]

**Tabla N° 21 – Resumen de datos**

$B_{FT}$	=	4,5	m
$B$	=	1,25	m
$L_{wl}$	=	9,853	m

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando la ecuación N° 25, de la separación entre cascos, nos da un valor de:

$$\frac{B_{FT} - 2B}{L_{wl}} = (0,1 - 0,3)$$

$$s = 0,203$$

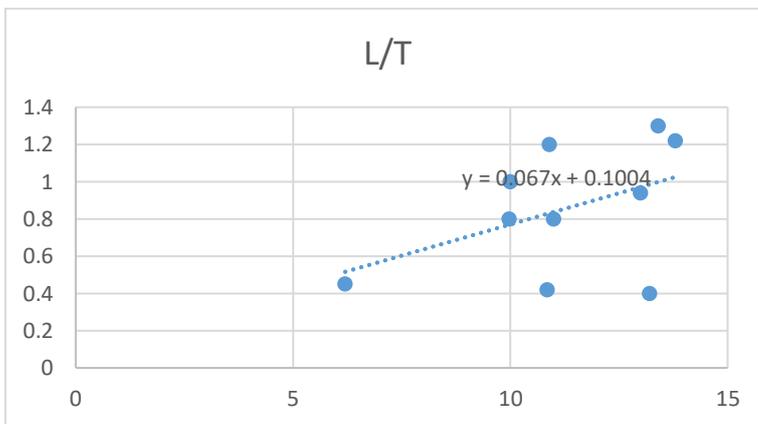
El factor obtenido estaría dentro de los parámetros mencionados y al tener un valor alto, ayudaría a una baja resistencia, por tanto, se deduce que la medida entre semicascos del catamarán si cumple con la proporción dada por Dubrosky.

**5.2.3.3 Calado**

➤ Haciendo el diagrama de Relación L/T, se encuentra la siguiente fórmula:

$$T = 0,067(L) + 0,1004 \dots \dots \dots (27)$$

**Gráfico N° 2 – Relación L/T**



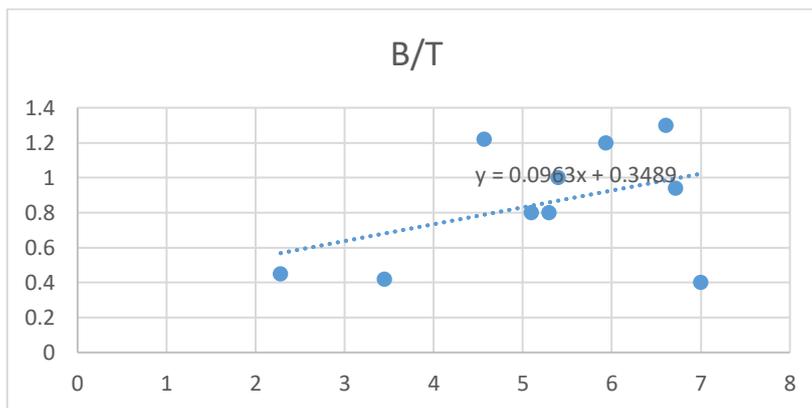
Fuente: Elaboración propia

Reemplazando la ecuación N° 27, tomando como dato una L = 10 m en la relación anterior se obtiene un T = 0, 7704 m.

➤ Haciendo el diagrama de Relación B/T, se encuentra la siguiente fórmula:

$$T = 0,0963(B) - 0,3489 \dots \dots \dots (28)$$

**Gráfico N° 3 – Relación B/T**



Fuente: Elaboración propia

Reemplazando la ecuación N° 28, tomando como dato una  $B = 5$  m en la relación anterior se obtiene un  $T = 0,78225$  m, pero se trabajará con un **calado mayor que los hallados siendo  $T = 0,9$  en el proyecto.**

Entre los resultados obtenidos tenemos:

**Tabla N° 22 – Dimensiones obtenidas**

Eslora	$L$	10 m
Manga total	$B_T$	4,5 m
Manga de un casco $b$	$b$	1,25 m
Separación entre los cascos respecto a sus planos de crujía	$s$	3,25 m
Puntal	$D$	1,50 m
Calado	$T$	0,9 m

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.4 Generación de formas en Maxsurf

Para generar las formas del casco, se trabaja con el programa de diseño Maxsurf Modeler. Este programa de diseño es frecuentemente utilizado en el diseño del casco y evalúa su estabilidad en comparación con los buques existentes en base a las capacidades de arquitectura naval. Asimismo, simplifica la optimización gracias a las herramientas fáciles de usar para:

- Diseño del casco de un buque.
- Análisis de resistencia y estabilidad.
- Predicción de potencia y movimientos.
- Análisis de resistencia y diseño estructurales.

Por tanto, siendo un programa paramétrico admite que la embarcación diseñada se adapte a los cambios generados de forma ordenada y automática.

##### 5.2.4.1 Datos de la carena en Maxsurf

Dentro del Maxsurf existen programas como el Maxsurf Modeler, siendo uno de los principales. Este apartado está enfocado en el diseño y generación de

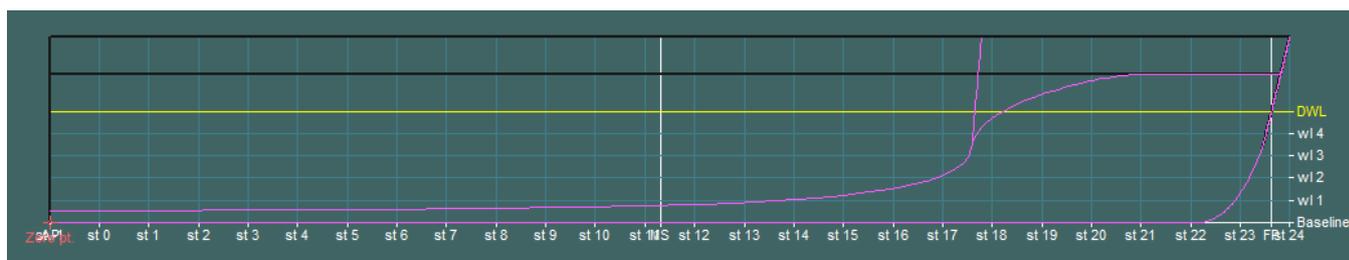
geometrías de casco. El programa cuenta con formas iniciales como monocascos simples, yates, veleros, catamaranes, entre otros. Además, tiene la posibilidad de exportar diseños realizados en otros programas navales. Otra función importante es la de comparar los datos principales que se analizan en un proyecto naval.

A continuación, se desarrolla el análisis del catamarán diseñado en Maxsurf Modeler que se ha proyectado:

#### 5.2.4.1.1. Diseño de la geometría

Al crear las líneas base, se continua con la generación de superficies. El primer paso es situar sobre el plano de crujía las líneas base, delimitar en el buque los espacios de la eslora, su puntal, calado y la longitud del buque; mostrando la posición del espejo de popa. Luego, teniendo en cuenta la línea de flotación, se proyecta una línea desde el espejo de proa hasta popa. Estableciendo la parte más a fondo del buque, la quilla y se trasciende formando la roda.

**Figura N° 15 – Perfil base de la embarcación**

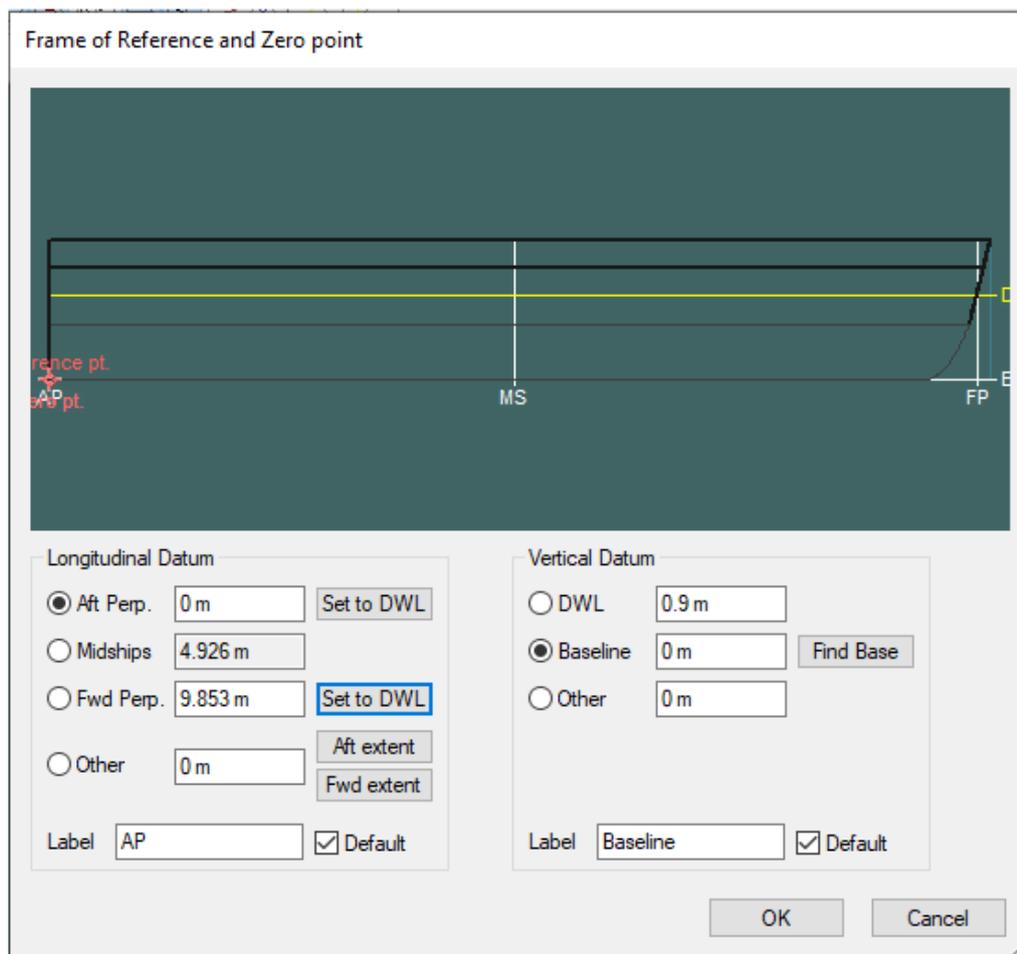


Fuente: Maxsurf Modeler

#### 5.2.4.1.2. Definición de referencias

Con la embarcación correctamente diseñada se procesa los datos obtenidos para referenciar las esloras entre perpendiculares, la línea base y su flotación.

**Figura N° 16 – Definición de referencias en Maxsurf Modeler**



Fuente: Maxsurf Modeler

Se delimita las perpendiculares tanto en popa con el espejo y en proa con la intersección entre la flotación y la roda. Además, se precisa el calado proyectado, otorgando la línea base a 0 metros. Siendo datos son importantes en conjunto con los que contiene la geometría, puesto que, a partir de estos, Maxsurf Modeler deduce todos los parámetros que verificaremos a continuación.

### 5.2.4.1.3. Líneas de forma

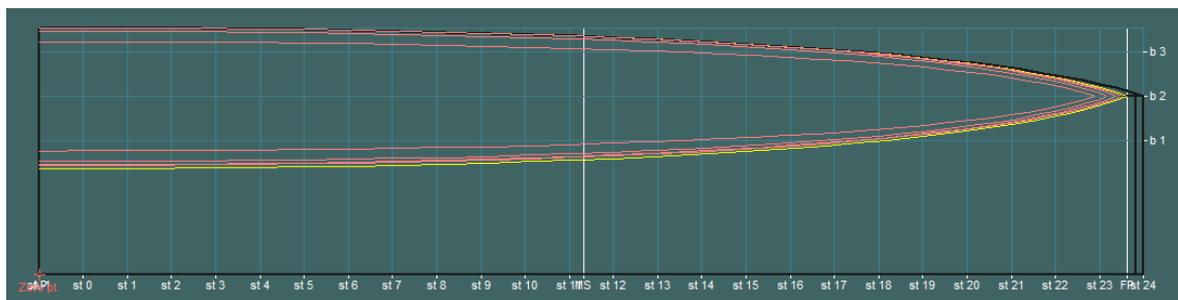
Ahora, se muestra la distribución de líneas de formas, donde a partir de ellas se puede extraer información. Las secciones están determinadas dividiendo al casco en 25 partes, que coincide con la posición que tendrán las cuadernas o mamparos, pudiendo diferenciar la forma en que define el catamarán.

**Figura N° 17 – Secciones de la embarcación en Maxsurf Modeler**



Fuente: Maxsurf Modeler

**Figura N° 18 – Líneas de agua de la embarcación en Maxsurf Modeler**

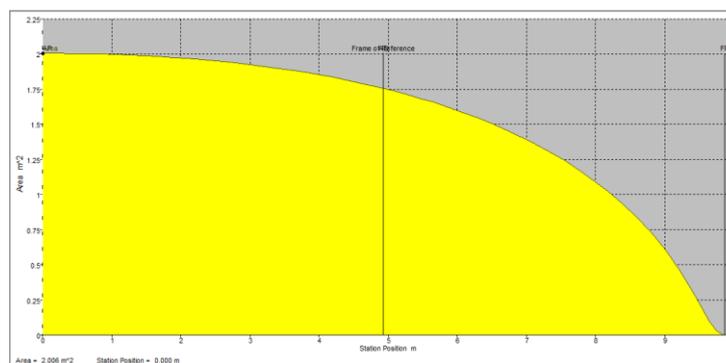


Fuente: Maxsurf Modeler

#### 5.2.4.1.4. Curva de áreas seccionales

El gráfico de curva de áreas nos muestra las formas de la carena. Representando en el eje de las ordenadas el área de las cuadernas y en el eje de abscisas, la eslora de la embarcación y el lugar de dicha sección o cuaderna.

**Figura N° 19 – Curva de áreas de la embarcación**



Fuente: Maxsurf Modeler

Lo más importante a revisar de esta curva es la invariable igualdad de la disminución del área del diseño, puesto que puntos de desviación pronunciados muestran formas incorrectas o partes donde se formarán significativas diferencias de presión.

#### 5.2.4.1.5. Obtención de datos en Maxsurf Modeler

Ahora se mostrará los datos que nos brinda Maxsurf Modeler. Donde podemos verificar que las dimensiones y coeficientes calculados anteriormente concuerdan con los que se han proyectado en Maxsurf. Uno de los datos importantes que se extraen sería el desplazamiento del catamarán en función del calado asignado.

**Tabla N° 23 – Obtención de datos hidrostáticos de la embarcación**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	15.56	t
2	Volume (displaced)	15.181	m³
3	Draft Amidships	0.900	m
4	Immersed depth	0.900	m
5	WL Length	9.853	m
6	Beam max extents on WL	4.500	m
7	Wetted Area	46.207	m²
8	Max sect. area	2.006	m²
9	Waterpl. Area	19.628	m²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.768	
11	Block coeff. (Cb)	0.380	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.495	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.443	
14	LCB length	4.053	from z
15	LCF length	4.097	from z
16	LCB %	41.136	from z
17	LCF %	41.579	from z
18	KB	0.494	m
19	KG fluid	0.000	m
20	BMt	3.488	m
21	BML	8.354	m
22	Gmt corrected	3.983	m
23	GML	8.849	m
24	KMt	3.983	m
25	KML	8.849	m
26	Immersion (TPc)	0.201	tonne/c
27	MTc	0.140	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	1.082	tonne.
29	Length:Beam ratio	2.189	

Density (water)

Std. densities

VCG

Fuente: Maxsurf Modeler

## 5.2.5 Cálculos principales

### 5.2.5.1 Número de Froude

Según la fórmula N° 01, el número de Froude nos permite saber el tipo de embarcación según su forma, el valor obtenido es:  $F_n = 0,628$ ; por tanto la embarcación sería semi desplazante.

### 5.2.5.2 Coeficiente de Bloque

En la fórmula N° 14, podemos obtener el valor del coeficiente de bloque, el cual es:  $C_b = 0,375$ . por tanto al comparar el resultado obtenido con el dato hallado por software Maxsurf Modeler, verificamos que los resultados casi coinciden. Además, hay que recalcar que el coeficiente de bloque aumentará por el diseño que se está modelando.

### 5.2.5.3 Parámetros geométricos del catamarán

Según Insel y Molland (1992) resumen una investigación de la resistencia a aguas tranquilas en catamaranes de semidesplazantes de alta velocidad, con formas de casco simétricas, basada en un trabajo experimental llevado a cabo en la Universidad de Southampton. Los detalles de los modelos usados en la investigación se presentan en la Tabla N° 24. [28]

**Tabla N° 24 – Parámetros geométricos [Insel y Molland (1992)]**

Geometric Parameters	$L/\nabla^{1/3}$	L/B	B/T	$C_B$
Range of Application	6 to 9	6 to 12	1 to 3	0.33 to 0.45

Fuente: Evaluación práctica de la resistencia de las formas del casco de un catamarán de alta velocidad – Parte I

Donde:

$L$  = Eslora máxima

$\nabla$  = Volumen desplazado

$B$  = Manga de un casco

$$T = \text{Calado}$$

$$C_B = \text{Coeficiente de bloque}$$

Ahora, comprobamos los parámetros con los valores de nuestra embarcación:

$$L = 10 \text{ m}$$

$$\nabla = 10 \times 1,25 \times 0,9 \times 0,38 = 4,275 \text{ m}^3$$

$$B = 1,25 \text{ m}$$

$$T = 0,9 \text{ m}$$

$$C_B = 0,38$$

$$\triangleright 6 \leq \frac{L}{\nabla^{1/3}} \leq 9$$

$$\frac{L}{\nabla^{1/3}} = \frac{10}{(4,275)^{1/3}} = 6,1$$

$$\triangleright 6 \leq \frac{L}{B} \leq 12$$

$$\frac{L}{B} = \frac{10}{1,25} = 8$$

$$\triangleright 1 \leq \frac{B}{T} \leq 3$$

$$\frac{B}{T} = \frac{1,25}{0,9} = 1,389$$

$$\triangleright 0,33 \leq C_B \leq 0,45$$

$$C_B = 0,38$$

Como se puede verificar los cálculos obtenidos en base a los datos del catamarán cumplen con los parámetros establecidos, por tanto, las dimensiones escogidas son las correctas en base al artículo.

#### 5.2.5.4 Superficie mojada

Hallando la superficie mojada de un casco con la siguiente formula aproximada:

$$S = L * [1.5 * T + (0.09 + C_B) * B] \quad (m^2)$$

$$S = 10 * [1.5 * 0,9 + (0,09 + 0,38) * 1,25]$$

$$S = 19,375 \text{ m}^2$$

$$S = 38,75 \text{ m}^2 \text{ (Para ambos cascos)}$$

El valor hallado es muy similar al obtenido al programa Maxsurf Modeler, teniendo en cuenta que no se ha considerado el valor del túnel del catamarán.

#### 5.2.5.5 Desplazamiento

El desplazamiento de un catamarán es el peso de este para una condición determinada de carga, por tanto, se hallará con la siguiente fórmula:

$$\Delta = 1,025 \times L_{PP} \times B_T \times T \times C_B$$

$$\Delta = 1,025 \times 9,853 \times 4,5 \times 0,9 \times 0,38$$

$$\Delta = 15,543 \text{ ton}$$

El valor hallado es muy similar al obtenido al programa Maxsurf Modeler.

#### 5.2.6 Francobordo

Las embarcaciones con menos de 20 m de eslora están exceptuadas de los reglamentos de Francobordo, puesto que solo las embarcaciones mayores están obligadas a cumplir. Por tanto, se considera el Francobordo a la distancia desde el calado al puente principal de cubierta, siendo 0,6 m.

## 5.2.7 Compartimentación

### 5.2.7.1 Mamparo de colisión

De acuerdo con el RINA, para Rules for the Classification of Pleasure Yachts – Parte B: “Hull and Stability”, se ubicará un mamparo de pique de proa y pique de popa, o un mamparo de colisión que será estanco hasta la cubierta. Este mamparo se situará a una distancia de la perpendicular de proa de no menos del 5% de la eslora L, y no más del 10% de la eslora  $L_{PP}$ .

Donde:  $d_{mc}$ : Distancia del mamparo de colision:

$$\begin{array}{l|l} d_{mc} = L_{PP} * 0,05 & d_{mc} = L_{PP} * 0,1 \\ d_{mc} = 9,853 * 0,05 & d_{mc} = 9,853 * 0,1 \\ \mathbf{d_{mc} = 0,49\ m} & \mathbf{d_{mc} = 0,99\ m} \end{array}$$

$$\mathbf{8,87\ m < Mamparo\ de\ colision < 9,36\ m \quad (Cuaderna\ 23)}$$

La reglamentación también exige que las bodegas deben estar limitadas por mamparos estancos. Estas estarán situadas entre la cuaderna 04 y la cuaderna 11, debido al tamaño de la bodega.

### 5.2.7.2 Tanque de Combustible

La autonomía necesaria para la embarcación se tomará con datos de características de un motor estimado para este tipo de buque con características similares.

Consumo específico del motor:  $368,5 \frac{gr}{kW \cdot h}$

BHP del motor:  $73,6\ kW$

Autonomía:  $12\ horas$

Combustible para cada motor:  $12\ h * 368,5 \frac{gr}{kW \cdot h} * 73,6\ kW * \frac{1}{1000} = 325,46\ kg$

Rango de seguridad por imprevistos:  $25\% = 406,82\ kg$

Capacidad total (02 tanques):  $813,65\ kg$

En base al proyecto y la selección del motor, la capacidad del combustible debe ser 410 litros, y se dispondrá de dos tanques para cada casco, con dicha cantidad.

### 5.2.7.3 Tanques de agua dulce

Se contará con dos tanques de agua potable cuya capacidad depende del número de personas a bordo, autonomía o número de horas de navegación. Considerando que el catamarán asumirá una autonomía alrededor de 12 horas de navegación por recorrido ida y vuelta. Teniendo en cuenta, un consumo diario de 15 litros de agua potable por persona, donde incluye el aseo íntimo, cocina, baño, etc. La cantidad de personas a bordo tanto tripulantes como pasajeros es de un total de 11 personas.

$$Capacidad_{Agua Dulce} = N^{\circ} \text{ personas} * \frac{\text{ton}}{\text{persona}} * N^{\circ} \text{ días}$$

$$Capacidad_{Agua Dulce} = 11 * 0,015 * 2$$

$$Capacidad_{Agua Dulce} = 0,33 \text{ ton}$$

Por lo que se instalará en cada casco un tanque de aproximadamente **0,175 ton**, cada uno.

### 5.2.7.4 Tanques de agua grises y negras

Según reglamento de MARPOL, acogiéndose y respetando la legislación vigente, se tiene la siguiente fórmula para determinar la capacidad del tanque de depósito de aguas grises y aguas negras. la contaminación por aguas sucias. Considerando que los desechos por persona son de 0,005 ton diarios.

$$Capacidad_{Agua Grises y negras} = Desecho * N^{\circ} \text{ días} * N^{\circ} \text{ personas}$$

$$Capacidad_{Agua Grises y negras} = 0,005 * 2 * 11$$

$$Capacidad_{Agua Grises y negras} = 0,11 \text{ ton}$$

Por lo tanto, se colocará un tanque en cada casco de aproximadamente **0,11 ton**, cada uno.

### 5.2.7.5 Capacidad de provisiones

El catamarán llevará a bordo provisiones para la cantidad de personas provistas de forma limitada. Por ello, se considera un consumo de 0,003 ton de víveres por persona a bordo.

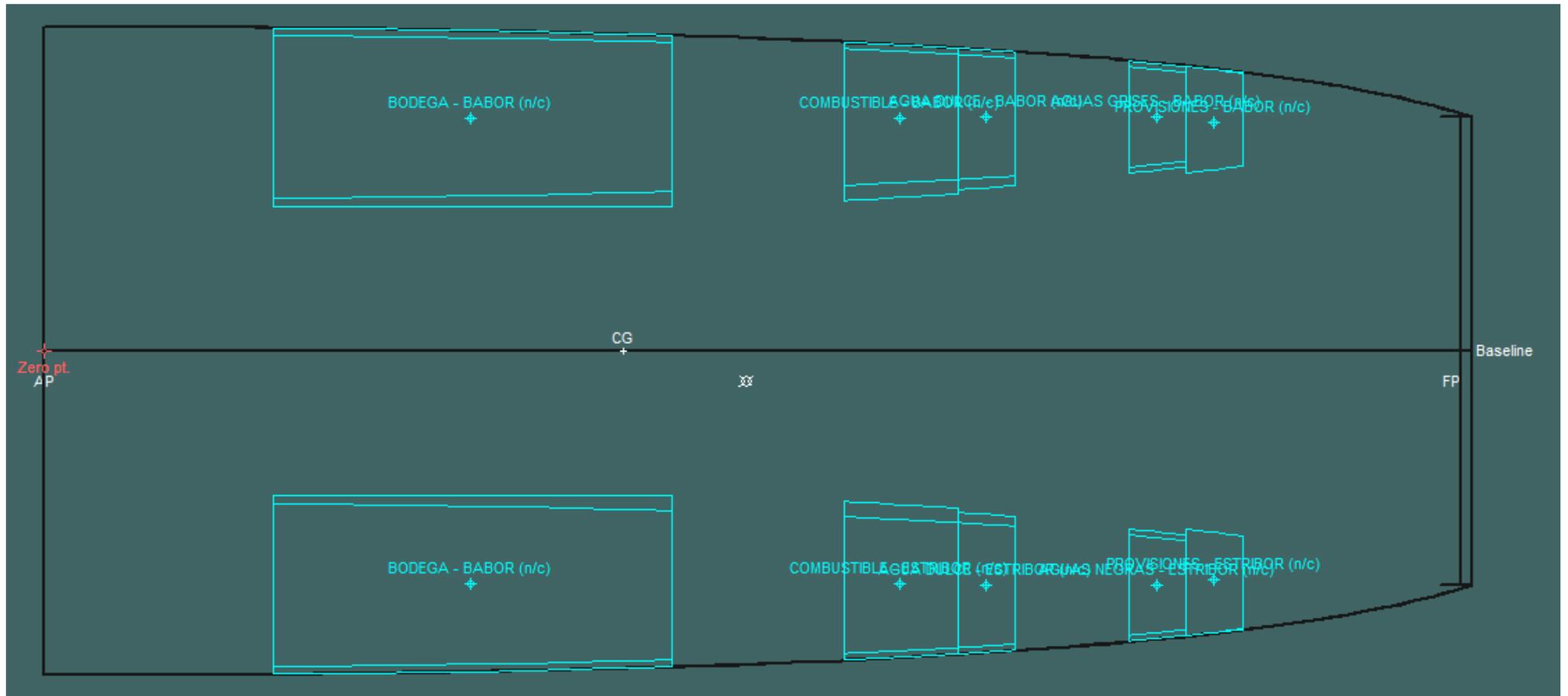
$$\text{Capacidad de provisiones} = N^{\circ} \text{ personas} * \frac{Tn}{\text{Persona}} * N^{\circ} \text{ días}$$

$$\text{Capacidad de provisiones} = 11 * 0,003 * 2$$

$$\text{Capacidad de provisiones} = 0,066 \text{ ton}$$

Por lo tanto, se colocará un tanque en cada casco de aproximadamente **0,033 ton**, cada uno.

Figura N° 20 – Ubicación de los tanques y compartimentación



Fuente: Maxsurf Stability

### 5.2.8 Curvas Hidrostáticas

Se han ejecutado los cálculos hidrostáticos en el programa de Maxsurf Stability, con una densidad de 1,025 ton/m<sup>3</sup> para el agua de mar, para poder analizar la estabilidad del catamarán. En las tablas N° 25 y N° 26 se observan las características geométricas del catamarán en base al calado, y mostrando en el gráfico N° 4 las curvas hidrostáticas.

#### Características geométricas del catamarán en función del Calado

Tabla N° 25 – Datos Hidrostáticos I

	UNIDADES	CALADOS					
		0.356	0.410	0.462	0.514	0.566	0.617
<b>Desplazamiento</b>	<b>ton</b>	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
<b>Calado en FP</b>	<b>m</b>	0.356	0.410	0.462	0.514	0.566	0.617
<b>Calado en AP</b>	<b>m</b>	0.356	0.410	0.462	0.514	0.566	0.617
<b>Calado en LCF</b>	<b>m</b>	0.356	0.410	0.462	0.514	0.566	0.617
<b>Eslora WL</b>	<b>m</b>	9.682	9.710	9.735	9.758	9.780	9.797
<b>Manga WL</b>	<b>m</b>	4.434	4.462	4.481	4.493	4.499	4.500
<b>Superficie mojada</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	25.340	27.607	29.809	31.971	34.113	36.249
<b>Área de flotación</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	17.897	18.357	18.680	18.884	19.002	19.044
<b>Coefficiente prismático</b>		0.776	0.774	0.773	0.772	0.771	0.771
<b>Coefficiente de bloque</b>		0.598	0.607	0.616	0.626	0.635	0.645
<b>Max Sect. área coeff. (Cm)</b>		0.771	0.784	0.797	0.810	0.824	0.838
<b>Waterpl. área coeff. (Cwp)</b>		0.781	0.780	0.779	0.779	0.778	0.777
<b>LCB from zero pt. (+ve fwd)</b>	<b>m</b>	4.016	4.022	4.027	4.032	4.037	4.041
<b>LCF from zero pt. (+ve fwd)</b>	<b>m</b>	4.046	4.055	4.062	4.069	4.076	4.081
<b>KB</b>	<b>m</b>	0.204	0.234	0.263	0.291	0.319	0.346
<b>KG</b>	<b>m</b>	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
<b>BMt</b>	<b>m</b>	10.016	8.575	7.488	6.628	5.930	5.349
<b>BML</b>	<b>m</b>	23.045	19.791	17.336	15.395	13.818	12.500
<b>GMt</b>	<b>m</b>	9.321	7.910	6.851	6.019	5.349	4.795
<b>GML</b>	<b>m</b>	22.350	19.125	16.699	14.786	13.236	11.946
<b>KMt</b>	<b>m</b>	10.221	8.810	7.751	6.919	6.249	5.695
<b>KML</b>	<b>m</b>	23.250	20.025	17.599	15.686	14.136	12.846
<b>Inmersión (TPc)</b>	<b>ton/cm</b>	0.183	0.188	0.191	0.194	0.195	0.195

<b>MTc</b>	<b>t.m</b>	0.113	0.116	0.118	0.120	0.121	0.121
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin (1)</b>	<b>ton.m</b>	0.813	0.828	0.837	0.840	0.840	0.837

Fuente: Elaboración Propia

Datos: Maxsurf Stability

**Tabla N° 26 – Datos Hidrostáticos II**

	UNIDADES	CALADOS					
		<b>0.668</b>	<b>0.719</b>	<b>0.770</b>	<b>0.821</b>	<b>0.871</b>	<b>0.921</b>
<b>Desplazamiento</b>	<b>ton</b>	11.000	12.000	13.000	14.000	15.000	16.000
<b>Calado en FP</b>	<b>m</b>	0.668	0.719	0.770	0.821	0.871	0.921
<b>Calado en AP</b>	<b>m</b>	0.668	0.719	0.770	0.821	0.871	0.921
<b>Calado en LCF</b>	<b>m</b>	0.668	0.719	0.770	0.821	0.871	0.921
<b>Eslora WL</b>	<b>m</b>	9.810	9.823	9.835	9.848	9.860	9.872
<b>Manga WL</b>	<b>m</b>	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
<b>Superficie mojada</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	38.387	40.523	42.656	44.785	46.890	49.003
<b>Área de flotación</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	19.079	19.142	19.234	19.364	19.535	19.756
<b>Coefficiente prismático</b>		0.770	0.770	0.769	0.769	0.768	0.768
<b>Coefficiente de bloque</b>		0.654	0.660	0.665	0.667	0.667	0.666
<b>Max Sect. área coeff. (Cm)</b>		0.849	0.858	0.864	0.867	0.868	0.867
<b>Waterpl. área coeff. (Cwp)</b>		0.777	0.777	0.776	0.776	0.776	0.775
<b>LCB from zero pt. (+ve fwd)</b>	<b>m</b>	4.045	4.048	4.052	4.055	4.058	4.060
<b>LCF from zero pt. (+ve fwd)</b>	<b>m</b>	4.085	4.089	4.093	4.097	4.101	4.104
<b>KB</b>	<b>m</b>	0.373	0.400	0.426	0.453	0.479	0.505
<b>KG</b>	<b>m</b>	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
<b>BMt</b>	<b>m</b>	4.868	4.471	4.138	3.855	3.613	3.405
<b>BML</b>	<b>m</b>	11.409	10.515	9.774	9.157	8.640	8.209
<b>GMt</b>	<b>m</b>	4.341	3.971	3.664	3.408	3.192	3.010
<b>GML</b>	<b>m</b>	10.882	10.015	9.301	8.710	8.219	7.814
<b>KMt</b>	<b>m</b>	5.241	4.871	4.564	4.308	4.092	3.910
<b>KML</b>	<b>m</b>	11.782	10.915	10.201	9.610	9.119	8.714
<b>Inmersión (TPc)</b>	<b>ton/cm</b>	0.196	0.196	0.197	0.198	0.200	0.202
<b>MTc</b>	<b>t.m</b>	0.121	0.122	0.123	0.124	0.125	0.127
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin (1)</b>	<b>ton.m</b>	0.833	0.832	0.831	0.833	0.836	0.841

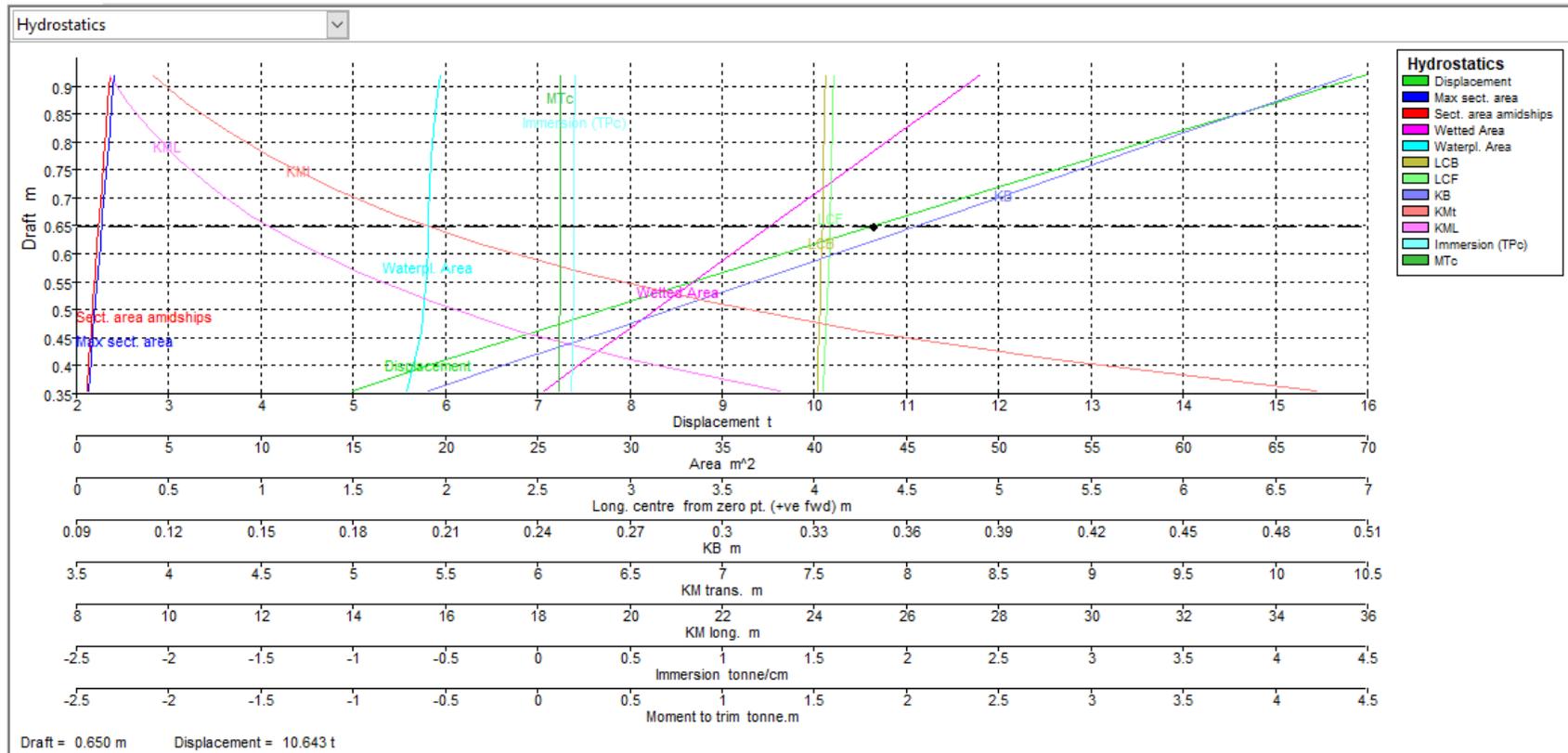
Fuente: Elaboración Propia

Datos: Maxsurf Stability

### Curvas Hidroestáticas

Las curvas nos muestran el comportamiento del casco de la embarcación, a diferentes calados. Se muestran en el gráfico N° 4.

Gráfico N° 4 – Curvas Hidroestáticas

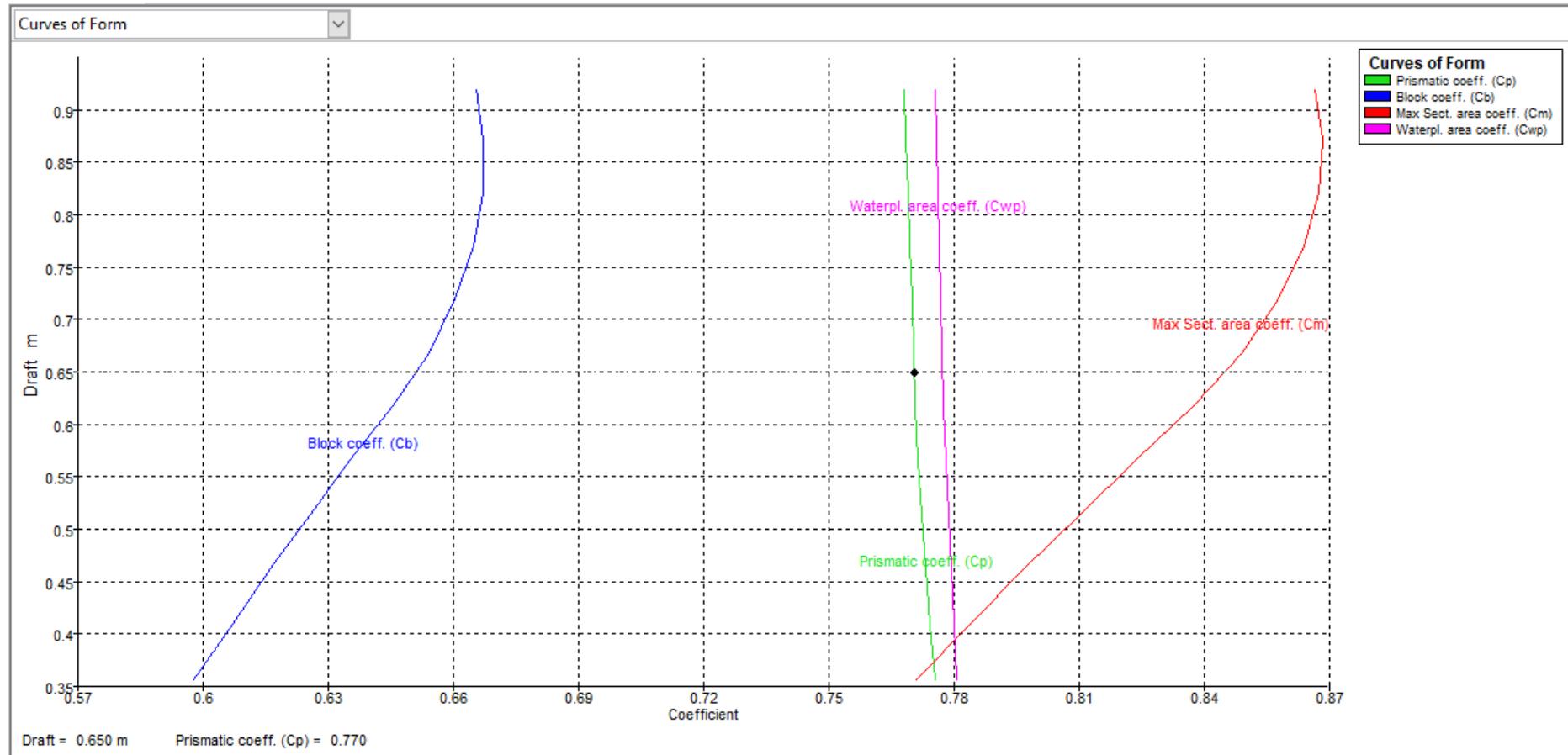


Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

## Relación Calado – Coeficientes

### Gráfico N° 5 – Curva de los Coeficientes

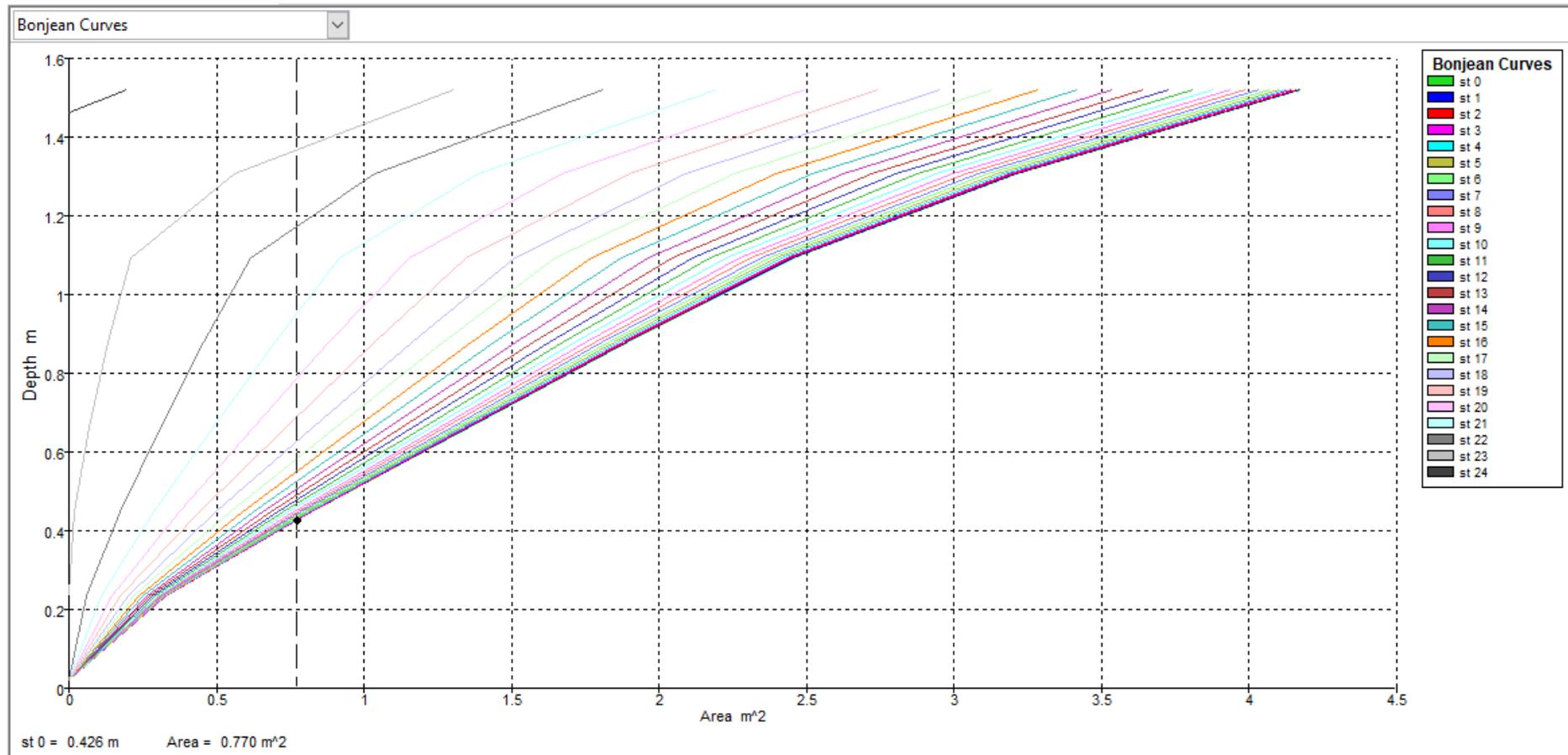


Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

## Curvas de Bonjean

Gráfico N° 6 – Curva de Bonjean



Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

### 5.2.9 Curvas cruzadas

Las curvas cruzadas son los brazos adrizantes que se calculan en diferentes desplazamientos con un  $KG = 0$ . En la Tabla N° 27 y N° 28, observamos el KN en base a distintos ángulos de escora en base al desplazamiento. Teniendo en cuenta que si el ángulo de escora es mayor a  $9^\circ$ , el metacentro ya no estará ubicado en crujía, por tanto, no se puede utilizar la teoría de estabilidad a pequeños ángulos basado en la noción de altura metacéntrica. Sin embargo, aún es válido la fórmula con la que se aplica en escoras pequeñas y grandes.

$$M_{oAdrizante} = \Delta * GZ$$

Donde:

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

$$GZ = (KM - KG) * \sin \theta$$

#### Cálculos de curvas cruzadas

**Tabla N° 27 – Características Hidrostáticas a distintos ángulos de escora a Máxima Carga I**

DESPLAZAMIENTO	CALADOS	LCG	KN								
			-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
t	m	m									
5	0.36	4.02	-1.71	-1.62	-0.88	0.00	0.88	1.62	1.71	1.72	1.71
6	0.41	4.02	-1.72	-1.45	-0.76	0.00	0.76	1.45	1.72	1.72	1.72
7	0.46	4.03	-1.72	-1.30	-0.67	0.00	0.67	1.30	1.72	1.73	1.73
8	0.51	4.03	-1.66	-1.17	-0.60	0.00	0.60	1.17	1.66	1.74	1.74
9	0.57	4.04	-1.55	-1.07	-0.54	0.00	0.54	1.07	1.55	1.76	1.76
10	0.62	4.04	-1.45	-0.99	-0.50	0.00	0.50	0.99	1.45	1.77	1.78
11	0.67	4.05	-1.36	-0.92	-0.46	0.00	0.46	0.92	1.36	1.72	1.79
12	0.72	4.05	-1.28	-0.85	-0.43	0.00	0.43	0.85	1.28	1.65	1.80
13	0.77	4.05	-1.20	-0.80	-0.40	0.00	0.40	0.80	1.20	1.58	1.79
14	0.82	4.06	-1.14	-0.76	-0.38	0.00	0.38	0.76	1.14	1.50	1.73
15	0.87	4.06	-1.09	-0.72	-0.36	0.00	0.36	0.72	1.09	1.42	1.64
16	0.92	4.06	-1.05	-0.69	-0.34	0.00	0.34	0.69	1.05	1.34	1.54

Fuente: Elaboración Propia

Datos: Maxsurf Stability

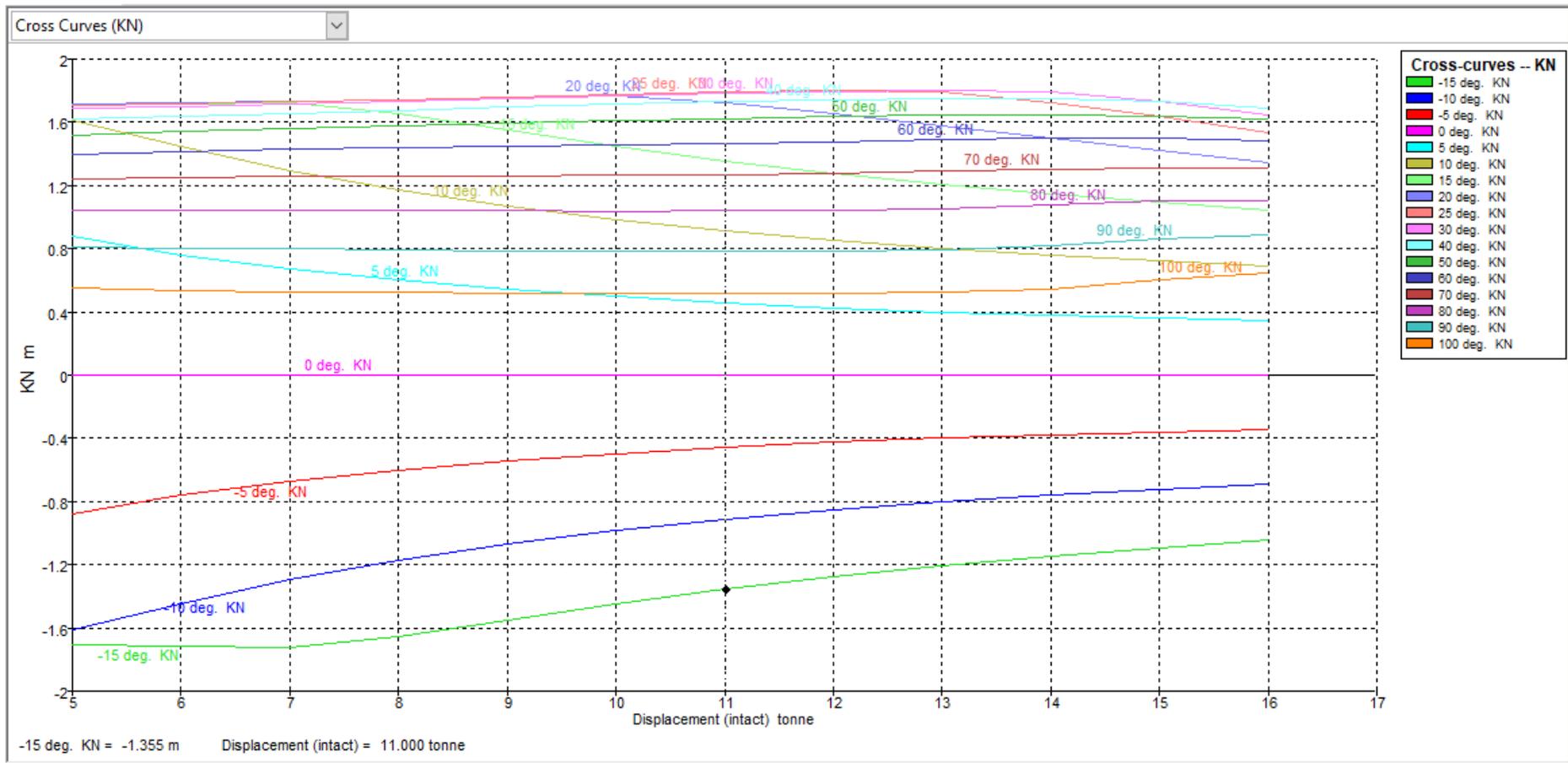
**Tabla N° 28 – Características Hidrostáticas a distintos ángulos de escora a  
Máxima Carga II**

DESPLAZAMIENTO t	CALADOS m	LCG m	KN							
			30	40	50	60	70	80	90	100
5	0.36	4.02	1.69	1.62	1.52	1.39	1.24	1.05	0.81	0.55
6	0.41	4.02	1.70	1.64	1.54	1.42	1.25	1.04	0.81	0.54
7	0.46	4.03	1.72	1.66	1.56	1.43	1.26	1.04	0.80	0.53
8	0.51	4.03	1.73	1.68	1.58	1.44	1.26	1.04	0.79	0.52
9	0.57	4.04	1.75	1.70	1.60	1.45	1.26	1.04	0.79	0.52
10	0.62	4.04	1.77	1.72	1.61	1.46	1.27	1.04	0.79	0.52
11	0.67	4.05	1.79	1.73	1.62	1.47	1.27	1.04	0.79	0.52
12	0.72	4.05	1.80	1.74	1.63	1.48	1.28	1.04	0.79	0.52
13	0.77	4.05	1.80	1.75	1.64	1.49	1.29	1.05	0.80	0.52
14	0.82	4.06	1.79	1.75	1.65	1.50	1.31	1.08	0.82	0.55
15	0.87	4.06	1.73	1.73	1.64	1.50	1.31	1.10	0.86	0.60
16	0.92	4.06	1.65	1.69	1.62	1.49	1.31	1.11	0.89	0.65

Fuente: Elaboración Propia

Datos: Maxsurf Stability

Gráfico N° 7 – Curvas Cruzadas KN



Fuente: Elaboración Propia

Datos: Maxsurf Stability

### 5.2.10 Escantillado y estructuras

El escantillado se utiliza para una apreciación más exacta del peso de casco, cubierta y estructura. Para ello, se utiliza los Registros de Clasificación, en este caso se usará el Registro Italiano Naval (RINA). En la parte B “Hull and Stability” de Rules for the Classification of Pleasure Yachts, aplicado para embarcaciones menores de 24 metros de eslora. Hallando los apartados para el cálculo en el Capítulo 1 – “General requirements” y el Capítulo 3 – “Aluminium Hulls”.

#### 5.2.10.1 Dimensiones principales

A menos que se indique lo contrario, las siguientes dimensiones deben sustituirse en las fórmulas de cálculo de las siguientes secciones con las dimensiones en [m].

➤ **Eslora del casco ( $L_T$ )**

La eslora total, en metros, del casco es la distancia horizontal entre la parte delantera y trasera de la nave, medida según ISO 8665. La longitud incluye partes estructurales e integrales de la embarcación.

➤ **Eslora de flotación ( $L_{WL}$ )**

La eslora de la línea de flotación, en metros, es la distancia entre las intersecciones de proa y popa del casco con el plano de flotación.

➤ **Eslora de escantillón ( $L$ )**

La línea de flotación, en metros, a plena carga con el yate en reposo en aguas tranquilas, por lo que es 9,853 m.

➤ **Calado de escantillado ( $T$ )**

Es la distancia, en metros, medido a la mitad de la eslora, entre la línea de flotación a plena carga y el lado inferior de la quilla con el yate en reposo en aguas



– Calado	0,9 m
– Manga	2,5 m
– Coeficiente de bloque	0,41

### 5.2.10.2 Cálculos

#### ➤ Aceleración del diseño (Pg. 61)

##### ▪ Aceleración vertical en LCG

Aceleración del centro de gravedad  $a_{CG}$ : Expresado en g

$$a_{CG} = S * \frac{V}{L^{0,5}}$$

S: Asumir para yate desplazante el valor de  $S = 0,21$

Donde:

$V$ : Velocidad máxima en, kn

$L$ : Eslora de escantillonado (m)

Entonces:

$$a_{CG} = 0,21 * \frac{12}{9,853^{0,5}}$$

$$a_{CG} = 0,8 \text{ m/s}^2$$

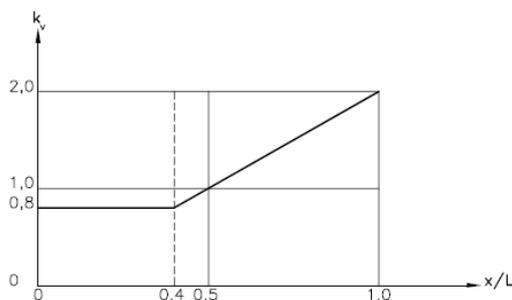
##### ▪ Distribución longitudinal de la aceleración vertical

Se obtiene mediante:

$$a_V = K_V * a_{CG}$$

$K_V$ : Factor de distribución longitudinal, definido en la figura N° 21, es igual  $\frac{x}{L}$ , o 0,8 el que sea mayor, donde x es la distancia, en m, del punto de cálculo a la perpendicular de popa.

**Figura N° 21 – Coeficiente  $K_V$**



Fuente: RINA

Donde:

$$\frac{x}{L} = \frac{4,2}{9,853} = 0,43$$

$$K_V = 0,86$$

Por lo tanto:

$$a_V = 0,86 * 0,8$$

$$a_V = \mathbf{0,69 \text{ m/s}^2}$$

▪ **Aceleración transversal**

Se puede obtener de la siguiente manera:

$$a_t = 2,5 * \frac{H_{sl}}{L} * \left[ 1 + 5 * \left( 1 + \frac{V/L^{0,5}}{6} \right)^2 * \frac{r}{L} \right]$$

Donde:

$H_{sl}$ : (altura de ola significativa permitida, en m, a velocidad  $V$ ) = 2 m

$V$ : Máxima velocidad de servicio (kn) = 12 kn

$r$ : (Línea de flotación en el calado T, para yates de doble casco) = **0,9 m**

$$a_t = 2,5 * \frac{2}{9,853} * \left[ 1 + 5 * \left( 1 + \frac{12/9,853^{0,5}}{6} \right)^2 * \frac{0,9}{9,853} \right]$$

$$a_t = \mathbf{1,13 \text{ m/s}^2}$$

➤ **Cargas generales (Pg. 61)**

▪ **Momento de flector longitudinal y fuerza de corte**

- **Momento de flexión debido a cargas de agua en reposo, cargas inducidas por olas y cargas de impacto**

$$M_{bl,H} = M_{bl,S} = 0,55 * \Delta * L * (C_B + 0,7) * (1 + a_{CG})$$

Donde:

$\Delta$ : Desplazamiento en ton

$C_B$ : Coeficiente de bloque

$a_{CG}$ : Aceleración del centro de gravedad

$$M_{bl,H} = M_{bl,S} = 0,55 * 9,31 * 9,853 * (0,41 + 0,7) * (1 + 0,8)$$

$$M_{bl,H} = M_{bl,S} = 100,95 \text{ kN.m}$$

- **Momento flector debido a cargas de agua en calma y cargas inducidas por olas**

$$M_{bl,H} = M_{s,H} + 0,95 * S * C * L^2 * B * C_B$$

$$M_{bl,S} = M_{s,S} + 0,55 * S * C * L^2 * B * (C_B + 0,7)$$

Donde:

$M_{s,H}$ : Momento flector de la cresta en mar calmo en, kN.m

$$M_{s,H} = 85 * C * L^2 * B * (C_B + 0,7) * 10^{-3}$$

$M_{s,S}$ : Momento flector de la cavidad en mar calmo en, kN.m

$$M_{s,S} = 63 * C * L^2 * B * (C_B + 0,7) * 10^{-3}$$

S: Asumir para yates Desplazantes el valor de = 0,21

$$C = 6 + 0,02 * L$$

Hallando:

$$C = 6 + 0,02 * 9,853$$

$$C = 6,2$$

$$M_{s,H} = 85 * 6,2 * 9,853^2 * 2,5 * (0,41 + 0,7) * 10^{-3}$$

$$M_{s,H} = 141,88 \text{ kN.m}$$

$$M_{s,S} = 63 * 6,2 * 9,853^2 * 2,5 * (0,41 + 0,7) * 10^{-3}$$

$$M_{s,S} = 105,16 \text{ kN.m}$$

Entonces:

$$M_{bl,H} = 125,51 + 0,95 * 0,21 * 6,2 * 9,853^2 * 2,5 * 0,41$$

$$M_{bl,H} = 264,83 \text{ kN.m}$$

$$M_{bl,S} = 93,03 + 0,55 * 0,21 * 6,2 * 9,853^2 * 2,5 * (0,41 + 0,7)$$

$$M_{bl,S} = 297,94 \text{ kN.m}$$

– **Fuerza cortante total**

$$T_t = \frac{3,1 * M_{bl}}{L}$$

$M_{bl}$ : Es el mayor entre  $M_{bl,H}$  y  $M_{bl,S}$  ya antes calculado

$$T_t = \frac{3,1 * 297,94}{9,853}$$

$$T_t = 93,74 \text{ kN}$$

➤ **Cargas transversales para yates de doble casco (Pg. 63)**

▪ **Momento de flexión transversal y fuerza de corte**

El momento de flector transversal  $M_{bt}$  en  $kN.m$  y la fuerza de corte  $t_{bt}$  en  $kN$

$$M_{bt} = \frac{\Delta * b * a_{CG} * g}{5}$$

$$T_{bt} = \frac{\Delta * a_{CG} * g}{4}$$

Donde:

$\Delta$ : Desplazamiento ton

$b$ : Distancia transversal ( m), entre los centros de los dos cascos

$a_{CG}$ : Aceleracion del centro de gravedad

$g$ : Aceleracion de la gravedad 9,81 m/s<sup>2</sup>

Calculando:

$$M_{bt} = \frac{9,31 * 3,25 * 0,8 * 9,81}{5}$$

$$M_{bt} = 47,66 \text{ kN.m}$$

$$T_{bt} = \frac{9,31 * 0,8 * 9,81}{4}$$

$$T_{bt} = 18,33 \text{ kN}$$

#### ▪ Momento de conexión de torsión transversal

El momento de conexión de la torsión transversal del catamarán, en *kN.m*, viene dado por:

$$M_{tt} = 0,125 * \Delta * L * a_{CG} * g$$

$$M_{tt} = 0,125 * 9,31 * 9,853 * 0,8 * 9,81$$

$$M_{tt} = 90,32 \text{ kN.m}$$

#### ➤ La presión de diseño para el fondo (Pg. 64)

La presión  $p$ , en *kN/m<sup>2</sup>*, para el escantillonado del casco, las planchas y los refuerzos situados por debajo de la línea de flotación a plena carga debe considerarse igual al valor de:

$$p_1 = 0,24 * L^{0,5} * \left(1 - \frac{h_0}{2T}\right) + 10 * (h_0 + a * L)$$

$h_0$ : distancia vertical (m) de *pdr* a la carga completa de la línea de flotación

$$h_0 = 0,905 \text{ m}$$

*pdr*: Punto de referencia, entendido como el borde inferior de la plancha o, en el caso de los refuerzos, el centro del área soportada por el refuerzo.

*a*: Función del coeficiente de la posición longitudinal de *pdr*, igual a:

$$0,04 / (C_B - 0,024) \text{ en el camino del PpAV}$$

$$a = \frac{0,04}{0,41 - 0,024}$$

$$a = 0,1$$

$$p_1 = 0,24 * 9,853^{0,5} * \left(1 - \frac{0,905}{2 * 0,9}\right) + 10 * (0,905 + 0,1 * 9,853)$$

$$p_1 = 19,64 \text{ kN/m}^2$$

➤ **La presión de diseño para la cubierta lateral (Pg. 64)**

La presión de diseño  $p$ , en  $\text{kN/m}^2$ , para el escantillado de las estructuras laterales situadas por encima de la línea de flotación a plena carga debe considerarse igual al valor de:

$$p_1 = 66,25 * (a + 0,024) * (0,15 * L - h_0)$$

$$p_1 = 66,25 * (0,1 + 0,024) * (0,15 * 9,853 - 0,905)$$

$$p_1 = 4,85 \text{ kN/m}^2$$

➤ **Factor de material K para estructuras hecho en aluminio (Pg. 128)**

El valor del factor material K que se introducirá en las fórmulas de comprobación del escantillado de los miembros estructurales, que figuran en este capítulo y en los diversos apéndices, está determinado por la siguiente ecuación:

$$K = \frac{110}{\eta * R_{p0,2}}$$

$R_{p0,2}$ : Mínima garantía de tensión de rendimiento  $N/mm^2$  del material original en condiciones de entrega

$R'_{p0,2}$ : Mínima garantía de tensión de rendimiento  $N/mm^2$  de metal en condiciones de soldadura, ver la condición 0 o H111 para las aleaciones de la serie 5000

**Tabla N° 29 – Aleaciones de aluminio forjado serie 5000**

SERIES 5000 WROUGHT ALUMINIUM ALLOYS FOR WELDED CONSTRUCTION (Rolled products: Plates and Sections) Guaranteed mechanical characteristics (1)				
Alloy (2)	Temper (3)	Dimensions in mm	Minimum guaranteed yield stress $R_{p0,2}$ at 0,2% $N/mm^2$	Minimum guaranteed tensile strength $R_m$ $N/mm^2$
5083 (Plates)	0 or H111	$t \leq 6$ $t > 6$	125 115	275 275
5083 (Sections)	0 or H111	All thicknesses	110	270
5086 (Plates)	0 or H111	All thicknesses	100	240
5086 (Sections)	0 or H111	All thicknesses	95	240
5754	0 or H111	$t \leq 6$ $t > 6$	80 70	190 190
5454	0 or H111	All thicknesses	85	215
5454	F	All thicknesses	100	210

(1) The guaranteed mechanical characteristics in this Table correspond to general standard values. For more information, refer to the minimum values guaranteed by the product supplier.  
(2) Other grades or tempers may be considered, subject to RINA's agreement.  
(3) 0 : annealed  
H111: roller levelled after annealing  
F: as fabricated.  
(4) See [1.5.1].

Fuente: RINA

$\eta$ : Es el coeficiente de unión para el conjunto soldado, correspondiente a la aleación de aluminio considerada, que se da en la tabla N° 30.

**Tabla N° 30 – Coeficiente para el conjunto soldado**

Aluminium alloys	$\eta$
Alloys without work-hardening treatment (series 5000 in annealed condition 0 or annealed flattened condition H111)	1

Fuente: RINA

Donde:

$$K = \frac{110}{1 * 125}$$

$$K = 0,88$$

➤ **Quilla (Pg. 139)**

▪ **Quilla horizontal**

El forro de la quilla debe tener un ancho  $b_{CH}$ , en *mm*, en toda la manga del yate, no menor que el valor obtenido por la siguiente ecuación:

$$b_{CH} = 4,5 * L + 600$$

$$b_{CH} = 4,5 * 9,853 + 600$$

$$b_{CH} = 644,34 \text{ mm}$$

y un espesor no menor del forro del fondo aumentado en 2 mm.

$$t_{CH} = 6,11 \text{ mm}$$

➤ **Fondo y pantoque (Pg. 139)**

El espesor del forro del fondo y del pantoque no debe ser inferior a los valores  $t_1$  y  $t_2$ , en *mm*, calculados con las siguientes fórmulas:

$$t_1 = k_1 * k_2 * k_a * s * (p * K)^{0,5}$$

$$t_2 = 11 * s * (T * K)^{0,5}$$

$$k_1: 0,15 \text{ asumiendo que } p = p_1$$

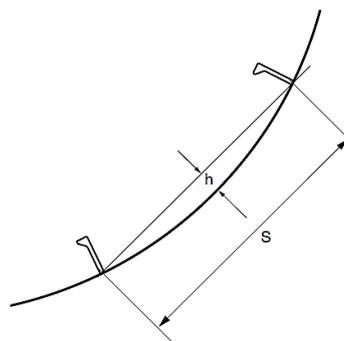
$$k_1: 0,10 \text{ asumiendo que } p = p_2$$

$k_a$ : Coeficiente en función de la relación  $S/s$  que figura en el cuadro 1, donde  $S$  es la dimensión mayor del forro, en *m*.

$$k_a = 22,4$$

$k_2$ : Factor de corrección de la curvatura dado por  $1 - h/s$  que debe tomarse no menos de 0,7, donde  $h$  es la distancia, en  $mm$ , medida perpendicularmente desde la cuerda  $s$  hasta el punto más alto del arco de chapado entre los dos soportes (véase la figura N° 22).

**Figura N° 22 – Relación S/s**



Fuente: RINA

$$h = 0,1058 \text{ mm}$$

$$s = 0,4$$

$$S = 1,2$$

$$k_a = 22,4$$

$$k_2 = 1 - 0,1058/0,4$$

$$k_2 = 0,74$$

$$S/s = 3$$

Hallando:

$$t_1 = 0,15 * 0,74 * 22,4 * 0,4 * (21,12 * 0,88)^{0,5}$$

$$t_1 = 4,11 \text{ mm}$$

$$t_2 = 11 * 0,4 * (0,9 * 0,88)^{0,5}$$

$$t_2 = 3,92 \text{ mm}$$

➤ **Espesores mínimos (Pg. 125)**

**Tabla N° 31 – Espesores mínimos**

Member	Minimum thickness (mm)
Keel, bottom plating	$t_1 = 1,75 \cdot L^{1/3} \cdot K^{0,5}$
Side plating	$t_2 = 1,50 \cdot L^{1/3} \cdot K^{0,5}$
Open strength deck plating	$t_3 = 1,50 \cdot L^{1/3} \cdot K^{0,5}$
Lower and enclosed deck plating	$t_4 = t_3 - 0,5$
1st tier superstructure front bulkhead	$t_5 = t_1$
Superstructure bulkhead	$t_6 = t_5 - 1,5$
Watertight subdivision bulkhead	$t_7 = t_2 - 0,5$
Tank bulkhead	$t_8 = t_2$
Centre girder	$t_9 = 2,3 \cdot L^{1/3} \cdot K^{0,5}$
Floors and side girders	$t_{10} = 1,70 \cdot L^{1/3} \cdot K^{0,5}$
Tubular pillars	$t_{11} = 0,05 d$ (1)
(1) $d$ = diameter of the pillar, in mm	

Fuente: RINA

▪ **Quilla, Plancha del fondo:**

$$t_1 = 1,75 * L^{1/3} * K^{0,5}$$

$$t_1 = 1,75 * 9,853^{1/3} * 0,88^{0,5}$$

$$t_1 = 3,52 \text{ mm}$$

▪ **Plancha de costado:**

$$t_2 = 1,50 * L^{1/3} * K^{0,5}$$

$$t_2 = 1,50 * 9,853^{1/3} * 0,88^{0,5}$$

$$t_2 = 3,02 \text{ mm}$$

▪ **Forro de cubierta de resistencia abierta:**

$$t_3 = 1,50 * L^{1/3} * K^{0,5}$$

$$t_3 = 1,50 * 9,853^{1/3} * 0,88^{0,5}$$

$$t_3 = 3,02 \text{ mm}$$

▪ **Forro de cubierta inferior y cerrado**

$$t_4 = t_3 - 0,5$$

$$t_4 = 2,96 - 0,5$$

$$t_4 = 2,52 \text{ mm}$$

- **Mamparo delantero de superestructura de 1er nivel**

$$t_5 = t_1$$

$$t_5 = 3,52 \text{ mm}$$

- **Mamparo de superestructura**

$$t_6 = t_5 - 1,5$$

$$t_6 = 3,45 - 1,5$$

$$t_6 = 2,02 \text{ mm}$$

- **Mamparo de compartimentado estanco**

$$t_7 = t_2 - 0,5$$

$$t_7 = 2,96 - 0,5$$

$$t_7 = 2,52 \text{ mm}$$

- **Mamparo del tanque**

$$t_8 = t_2$$

$$t_8 = 3,02 \text{ mm}$$

- **Vagra central**

$$t_9 = 2,3 * L^{1/3} * K^{0,5}$$

$$t_9 = 2,3 * 9,853^{1/3} * 0,88^{0,5}$$

$$t_9 = 4,63 \text{ mm}$$

- **Varengas y vagras laterales**

$$t_{10} = 1,70 * L^{1/3} * K^{0,5}$$

$$t_{10} = 1,70 * 9,853^{1/3} * 0,88^{0,5}$$

$$t_{10} = 3,42 \text{ mm}$$

- **Pilares tubulares**

$$t_{11} = 0,05 * d$$

$d$ : Diámetro del puntal, en (mm)

$$t_{11} = 0,05 * 150$$

$$t_{11} = 7,5 \text{ mm}$$

➤ **Planchas del costado (Pg. 140)**

El espesor del forro lateral no debe ser inferior a los valores  $t_1$  y  $t_2$ , en mm, calculados con las siguientes fórmulas:

$$t_1 = k_1 * k_2 * k_a * s * (p * K)^{0,5}$$

$$t_2 = 10 * s * (T * K)^{0,5}$$

Entonces:

$$t_1 = 0,15 * 0,74 * 22,4 * 0,4 * (2,39 * 0,88)^{0,5}$$

$$t_1 = 2,04 \text{ mm}$$

$$t_2 = 10 * 0,4 * (0,9 * 0,88)^{0,5}$$

$$t_2 = 3,56 \text{ mm}$$

➤ **Estructuras longitudinales (Pg. 141)**

▪ **Longitudinales del fondo**

El módulo de sección de los longitudinales del fondo no debe ser inferior al valor  $Z$ , en  $cm^3$ , calculado con la siguiente fórmula:

$$Z = k_1 * s * S^2 * K * p$$

$k_1$ : 1,6 asumiendo  $p = p_1$

$S$ : la longitud del refuerzo longitudinal, en m, es igual a la distancia entre las varengas.

$$Z = 1,6 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z = 15,93 \text{ cm}^3$$

- **Varengas**

$$Z_m = k_1 * b * S^2 * K * p$$

$k_1$ : Definido anteriormente = 1,6

$b$ : Distancia media (m) entre las dos varengas adyacentes = 0,4

$$Z_m = 1,6 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z_m = 15,93 \text{ cm}^3$$

- **Vagras**

- **Vagra central**

$$Z_{PC} = k_1 * b_{PC} * S^2 * K * p$$

$k_1$ : Definido anteriormente = 1,6

$b_{PC}$ : la mitad de la distancia, en m, entre las dos vagras laterales

$$b_{PC} = 0,4$$

$$Z_{PC} = 1,6 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z_{PC} = 15,93 \text{ cm}^3$$

- **Vagra lateral**

$$Z_{PL} = k_1 * b_{PL} * S^2 * K * p$$

$k_1$ : Definido anteriormente = 1,6

$b_{PL}$ : la mitad de la distancia, en m, entre las dos vagras adyacentes

$$b_{PL} = 0,4$$

$$Z_{PL} = 1,6 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z_{PL} = 15,93 \text{ cm}^3$$

➤ **Estructuras transversales (pg. 142)**

▪ **Varengas ordinarias**

$$Z = k_1 * s * S^2 * K * p$$

$$k_1: \text{Definido anteriormente} = 1,6$$

$$Z = 1,6 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z = 15,93 \text{ cm}^3$$

▪ **Vagra central**

$$Z_{PC} = k_1 * b_{PC} * S^2 * K * p$$

$$k_1: 2,32 \text{ asumiendo } p = p_1$$

$b_{PC}$ : la mitad de la distancia, en m, entre las dos vagras laterales

$$b_{PC} = 0,4$$

$$Z_{PC} = 2,32 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z_{PC} = 23,10 \text{ cm}^3$$

▪ **Vagra lateral**

$$Z_{PL} = k_1 * b_{PL} * S^2 * K * p$$

$$k_1: \text{Definido anteriormente} = 1,6$$

$b_{PL}$ : la mitad de la distancia, en m, entre las dos vagras adyacentes

$$b_{PL} = 0,4$$

$$Z_{PL} = 1,6 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z_{PL} = 15,93 \text{ cm}^3$$

➤ **Estructuras del costado (pg. 146)**

▪ **Refuerzos ordinarios**

– Cuadernas transversales

$$Z = k_1 * s * S^2 * K * p$$

$$k_1: 1,27 \text{ asumiendo } p = p_1$$

$$Z = 1,27 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z = 12,64 \text{ cm}^3$$

– Refuerzos longitudinales

$$Z = k_1 * s * S^2 * K * p$$

$$k_1: 1,6 \text{ asumiendo } p = p_1$$

$$Z = 1,6 * 0,4 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z = 15,93 \text{ cm}^3$$

▪ Baos reforzados (pg. 146)

– Cuadernas reforzadas

$$Z = k_1 * K_{CR} * s * S^2 * K * p$$

$$k_1: 1,0 \text{ asumiendo } p = p_1$$

$K_{CR}$ : 1,92 para las cuadernas reforzados que soportan los rigidizadores longitudinales ordinarios

$s$ : Espacio entre cuadernas reforzados o la mitad de la distancia entre las cuadernas reforzadas

Mamparo transversal adyacente  $s = 1,2$

$S$ : Distancia igual en m, entre los miembros que soportan el marco reforzado

$$S = 1,2$$

$$Z = 1 * 1,92 * 1,2 * 1,2^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z = 57,35 \text{ cm}^3$$

– **Longitudinales reforzados**

$$Z = k_1 * K_{CR} * s * S^2 * K * p$$

s: El espacio entre los largueros reforzados o 0,5D en ausencia de otros largueros o cubiertas reforzadas;

$$s = 0,5 * 1,6$$

$$s = 0,8$$

S: la luz convencional, en m, igual a la distancia entre los miembros que soportan el larguero, en general compuesto de mamparos transversales o marcos reforzados.

$$Z = 1 * 1,92 * 0,8 * 1,4^2 * 0,88 * 21,12$$

$$Z = 48,78 \text{ cm}^3$$

➤ **Cubiertas (Pg. 149)**

El espesor del forro de la cubierta de intemperie, considerado que dicha cubierta es también una cubierta de resistencia, no debe ser inferior al valor  $t$ , en mm, calculado con la siguiente fórmula:

$$t = 2,5 * s * (L * K)^{0,5}$$

$$t = 2,5 * 0,4 * (9,853 * 0,88)^{0,5}$$

$$t = 2,94 \text{ mm}$$

▪ **Refuerzos de cubierta**

– **Longitudinales de cubierta (esloras)**

El módulo de sección de los refuerzos ordinarios de tipo longitudinal y transversal El espesor de la plancha de la cubierta no debe ser inferior al valor  $t$ , en mm, calculado con la siguiente fórmula:

$$Z = 7,5 * C_1 * s * S^2 * K * h$$

$C_1$ : El 1,44 para los longitudinales de la cubierta;

$s$ : Espacio de los refuerzos ordinarios transversales o longitudinales, en m;

$S$ : 2,8 medida entre mamparos, en m;

$h = \text{altura de la ola} = 0,64$

### Altura de la ola

$$h = \frac{L}{15 + \frac{L}{20}}$$

$$h = \frac{9,853}{15 + \frac{9,853}{20}}$$

$$h = 0,64$$

$$Z = 7,5 * 1,44 * 0,4 * 2,8^2 * 0,88 * 0,64$$

$$Z = 18,96 \text{ cm}^3$$

La luz convencional de la viga reforzada, en m, es igual a la distancia entre los dos miembros de soporte (pilares, otras vigas reforzadas, mamparas).

### ▪ Bao

Deben tener un módulo de sección no inferior al valor  $Z$ , en  $\text{cm}^3$ , calculado con la siguiente fórmula:

$$Z = 7,5 * C_1 * s * S^2 * K * h$$

$C_1$ : 0,56 para baos

$s$ : Espacio de los refuerzos ordinarios transversales o longitudinales, en m;

$h = 0,64$

$$Z = 7,5 * 0,56 * 0,4 * 2,8^2 * 0,88 * 0,64$$

$$Z = 7,37 \text{ cm}^3$$

➤ **Mamparos (pg. 151)**

▪ **Mamparo de colisión**

El forro del mamparo de colisión debe tener un espesor no inferior al valor  $t_s$  en *mm*, calculado con la siguiente fórmula:

$$t_s = k_1 * s * (h * K)^{0,5}$$

El coeficiente  $k_1$  y la altura de escantillonado  $h$  tienen los valores indicados en la Tabla N° 32.

**Tabla N° 32 – Coeficiente  $k_1$  y altura de escantillonado**

Bulkhead	$k_1$	h (m)
Collision bulkhead	5,6	$h_B$
Watertight bulkhead	4,9	$h_B$
Deep tank bulkhead	5,5	$h_T$

Fuente: RINA

$$h_b = 1,505 \text{ m}$$

$$k_1 = 5,6$$

$$s = 0,4 \text{ m}$$

$$t_s = 5,6 * 0,4 * (1,505 * 0,88)^{0,5}$$

$$t_s = 2,58 \text{ mm}$$

▪ **Mamparo estanco**

El forro del mamparo estanco debe tener un espesor no inferior al valor  $t_s$  en *mm*, calculado con la siguiente fórmula:

$$t_s = k_1 * s * (h * K)^{0,5}$$

$$h_b = 1,505 \text{ m}$$

$$k_1 = 4,9$$

$$s = 0,4 \text{ m}$$

$$t_s = 4,9 * 0,4 * (1,505 * 0,88)^{0,5}$$

$$t_s = 2,26 \text{ mm}$$

▪ **Refuerzos ordinarios**

El módulo de sección de los refuerzos ordinarios no debe ser inferior al valor  $Z$ , en  $cm^3$ , calculado con la siguiente fórmula:

$$Z = 14 * s * S^2 * h * c * K$$

$s$ : Espacio entre los refuerzos en m.

$S$ : Distancia en m, entre los miembros que soportan el refuerzo correspondiente

$$S = 4$$

$c$ : hallado en tabla N° 32:  $c = 0,78$

$h$ : hallado anteriormente  $h_b = 1,505 \text{ m}$

**Tabla N° 33 – Coeficiente  $c$**

Bulkhead	h (m)	c
Collision bulkhead	$h_B$	0,78
Watertight bulkhead	$h_B$	0,63
Deep tank bulkhead	$h_T$	1

Fuente: RINA

$$Z = 14 * 0,4 * 4^2 * 1,505 * 0,78 * 0,88$$

$$Z = 45,35 \text{ cm}^3$$

▪ **Baos reforzados**

$$Z = C_1 * b * S^2 * h * c * K$$

$C_1$ : 11,4 para los mamparos estancos

$b$ : Ancho, en m, de la zona del mamparo que reposa en la parte horizontal o en el refuerzo

$S$ : Distancia en m, entre los miembros que soportan el refuerzo correspondiente

$$S = 1,2$$

$h$ : hallado anteriormente  $h_b = 1,505 \text{ m}$

$c$ : hallado en tabla  $c: 0,78$

$$Z = 11,4 * 1,25 * 1,2^2 * 1,505 * 0,78 * 0,88$$

$$Z = 21,20 \text{ cm}^3$$

➤ **Superestructura (pg. 153)**

▪ **Cubierta de superestructura**

El forro de la cubierta de la superestructura no debe ser inferior al valor  $t$ , en  $mm$ , calculado con la siguiente fórmula:

$$t_s = 3,9 * s * (K * h)^{0,5}$$

$s$ : Espacio de los refuerzos, en  $m$   $s = 0,75$

$K$ : Factor definido anteriormente

$h$ : Altura de escantillado convencional, en m, cuyo valor debe tomarse no menos del valor indicado en la Tabla N° 34:  $h = 1,5$

**Tabla N° 34– Altura de escantillado**

Type of bulkhead	h (m)
1 <sup>st</sup> tier front	1,5
2 <sup>nd</sup> tier front	1,0
Other bulkheads wherever situated	1,0

Fuente: RINA

$$t_s = 3,9 * 0,75 * (0,88 * 1,5)^{0,5}$$

$$t_s = 3,36 \text{ mm}$$

#### ▪ Refuerzos

El módulo de sección Z, en  $cm^3$ , de los refuerzos de cubierta ordinarios tanto longitudinales como transversales no debe ser inferior al valor calculado con la siguiente fórmula:

$$Z = 6,5 * s * S^2 * h * K$$

S: La distancia convencional del refuerzo, igual a la distancia, en m, entre los elementos de soporte.

h: 1,5 Valor por tabla N° 34

s: Espacio de los refuerzos, en m  $s = 0,75$

$$Z = 6,5 * 0,75 * 1,5^2 * 1,5 * 0,88$$

$$Z = 14,48 \text{ cm}^3$$

### Resumen del Escantillonado

**Tabla N° 35 – Espesores de planchas**

Nombre del elemento	Formula	Valores en (m)	Factor del material (K)	Espesores mínimos en (mm)	Espesores redondeados en (mm)
Plancha del fondo	$t_1 = k_1 * k_2 * k_a * s * (p * K)^{0,5}$	$k_1 = 0.15$	0.88	$t_1 = 4.11$	5
		$k_2 = 0.74$			
		$k_a = 22.4$			
		$s = 0.4$			
		$p = 19.64$			
Plancha del costado	$t_2 = 1.50 * L^{1/3} * K^{0,5}$	$L = 9.853$	0.88	$t_2 = 3.02$	5
Plancha de cubierta	$t_3 = 1.50 * L^{1/3} * K^{0,5}$	$L = 9.853$	0.88	$t_3 = 3.02$	5
Plancha de superestructura	$t_5 = 1.75 * L^{1/3} * K^{0,5}$	$L = 9.853$	0.88	$t_5 = 3.52$	4
Plancha del pantoque	$t_4 = t_1$	$L = 9.853$	0.88	$t_4 = 4.11$	5
Mamparo de colisión	$t_s = k_1 * s * (h * K)^{0,5}$	$k_1 = 5.6$	0.88	$t_s = 2.58$	5
		$s = 0.4$			
		$h = 1.505$			
Mamparo estanco	$t_7 = t_2 - 0.5$	$L = 9.853$	0.88	$t_7 = 2.52$	5
Mamparo de tanque	$t_8 = t_2$	$L = 9.853$	0.88	$t_8 = 3.02$	5
Quilla	$t = t_1 + 2$	$L = 9.853$	0.88	$t = 6.11$	7

<b>Vagra central</b>	$t_9 = 2.3 * L^{1/3} * K^{0.5}$	$L = 9.853$	0.88	$t_9 = 4.63$	5
<b>Vagra lateral</b>	$t_{10} = 1.70 * L^{1/3} * K^{0.5}$	$L = 9.853$	0.88	$t_{10} = 3.42$	5
<b>Varenga</b>	$t_{10} = 1.70 * L^{1/3} * K^{0.5}$	$L = 9.853$	0.88	$t_{10} = 3.42$	5

**Tabla N° 36 – Tipo de perfiles**

Nombre del elemento	Módulo de sección	Unidades	Tipo de perfil	Medida (mm)
<b>Cuadernas</b>	$Z = 13.12$	$cm^3$	L	120x50x5
<b>Baos de cubierta</b>	$Z = 18.43$	$cm^3$	L	120x50x5
<b>Longitudinales de cubierta</b>	$Z = 47.39$	$cm^3$	L	80x20
<b>Longitudinales de fondo</b>	$Z = 16.53$	$cm^3$	L	100x50x8
<b>Longitudinales de costado</b>	$Z = 16.53$	$cm^3$	L	100x50x8
<b>Varengas</b>	$Z = 16.53$	$cm^3$	L	120x50x5
<b>Vagra central</b>	$Z = 16.53$	$cm^3$	L	120x50x5
<b>Vagra lateral</b>	$Z = 16.53$	$cm^3$	L	120x50x5
<b>Superestructura</b>	$Z = 17.57$	$cm^3$	L	100x50x8
<b>Puntales</b>			O	150x134

### 5.2.11 Resistencia y Potencia

Para hallar la resistencia de acuerdo con series sistemáticas, se verificará los parámetros existentes para catamaranes:

**Tabla N° 37 – Parámetros para catamaranes**

<b>F<sub>n</sub></b>	<b>C<sub>WCAT</sub></b>	<b>C<sub>WMONO</sub></b>	<b>τ</b>	<b>Re</b>	<b>C<sub>F</sub></b>	<b>C<sub>TCAT</sub></b>
0,2	6,389E-03	5,182E-03	1,233	1,05E+08	2,069E-03	9,699E-03
0,3	4,283E-03	3,985E-03	1,075	1,58E+08	1,953E-03	7,408E-03
0,4	5,493E-03	3,313E-03	1,658	2,10E+08	1,876E-03	8,495E-03
0,5	8,029E-03	5,335E-03	1,505	2,63E+08	1,820E-03	1,094E-02
0,6	4,777E-03	3,400E-03	1,405	3,15E+08	1,776E-03	7,619E-03
0,7	3,330E-03	2,633E-03	1,265	3,68E+08	1,740E-03	6,114E-03
0,8	2,600E-03	2,098E-03	1,239	4,20E+08	1,710E-03	5,335E-03
0,9	1,875E-03	1,898E-03	0,988	4,73E+08	1,683E-03	4,569E-03
1,0	1,542E-03	1,624E-03	0,950	5,25E+08	1,661E-03	4,199E-03

La tabla mostrada va en función del número de Froude, donde el valor se halla con la siguiente fórmula ya antes mencionada:

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

Dado que no existen valores para los coeficientes en un número de Froude de 0,62; se interpolará en base a los valores más cercanos a este. De esa forma se obtiene el siguiente resultado:

- Hallando el coeficiente de resistencia por formación de olas del catamarán

$$C_{W_{CAT}} = 4.777 * 10^{-3} + \left[ \left( \frac{0.62 - 0.60}{0.70 - 0.60} \right) * (3.330 * 10^{-3} - 4.777 * 10^{-3}) \right]$$

$$C_{W_{CAT}} = 4.4876 * 10^{-3}$$

- Hallando el factor de interferencia de la resistencia por formación de olas

$$\tau = 1.405 + \left[ \left( \frac{0.62 - 0.60}{0.70 - 0.60} \right) * (1.265 - 1.405) \right]$$

$$\tau = 1.377$$

- Hallando el número de Reynolds

$$R_e = 3.15 * 10^{-3} + \left[ \left( \frac{0.62 - 0.60}{0.70 - 0.60} \right) * (3.68 * 10^{-3} - 3.15 * 10^{-3}) \right]$$

$$R_e = 3.256 * 10^{-3}$$

- Hallando el coeficiente de resistencia de fricción

$$C_F = 1.776 * 10^{-3} + \left[ \left( \frac{0.62 - 0.60}{0.70 - 0.60} \right) * (1.740 * 10^{-3} - 1.776 * 10^{-3}) \right]$$

$$C_F = 1.7688 * 10^{-3}$$

- Hallando el coeficiente de resistencia total

$$C_{TCAT} = 7.619 * 10^{-3} + \left[ \left( \frac{0.62 - 0.60}{0.70 - 0.60} \right) * (6.114 * 10^{-3} - 7.619 * 10^{-3}) \right]$$

$$C_{TCAT} = 7.318 * 10^{-3}$$

- Hallando la resistencia total

**Tabla N° 38 – Resistencia total del catamarán por Método Sah**

V(n)	R <sub>TCAT</sub> (kp)
7,111	1665,8
10,667	2862,5
14,223	5835,7
17,779	11744,1
21,334	11776,1
24,890	12862,3
28,446	14660,0
32,001	15890,1
35,557	18029,8

$$R_{TCAT} = 2862.5 + \left[ \left( \frac{12 - 10.667}{14.223 - 10.667} \right) * (5835.7 - 2862.5) \right]$$

$$R_{TCAT} = 3977.032 \text{ kp}$$

Dentro del conjunto de programas Maxsurf, aplicaciones de diseño y análisis, para esta parte del proyecto se pretende utilizar el programa Maxsurf Resistance. El programa proporcionará los resultados tan solo definiendo la geometría del casco, la línea de flotación y estableciendo un régimen de velocidades. El programa permite escoger entre diferentes métodos de análisis; en este caso se presentará especial atención en el método de *Slender Body*, puesto que este régimen se usa mayormente para catamaranes.

**Tabla N° 39 – Resultados de Resistencia y Potencia**

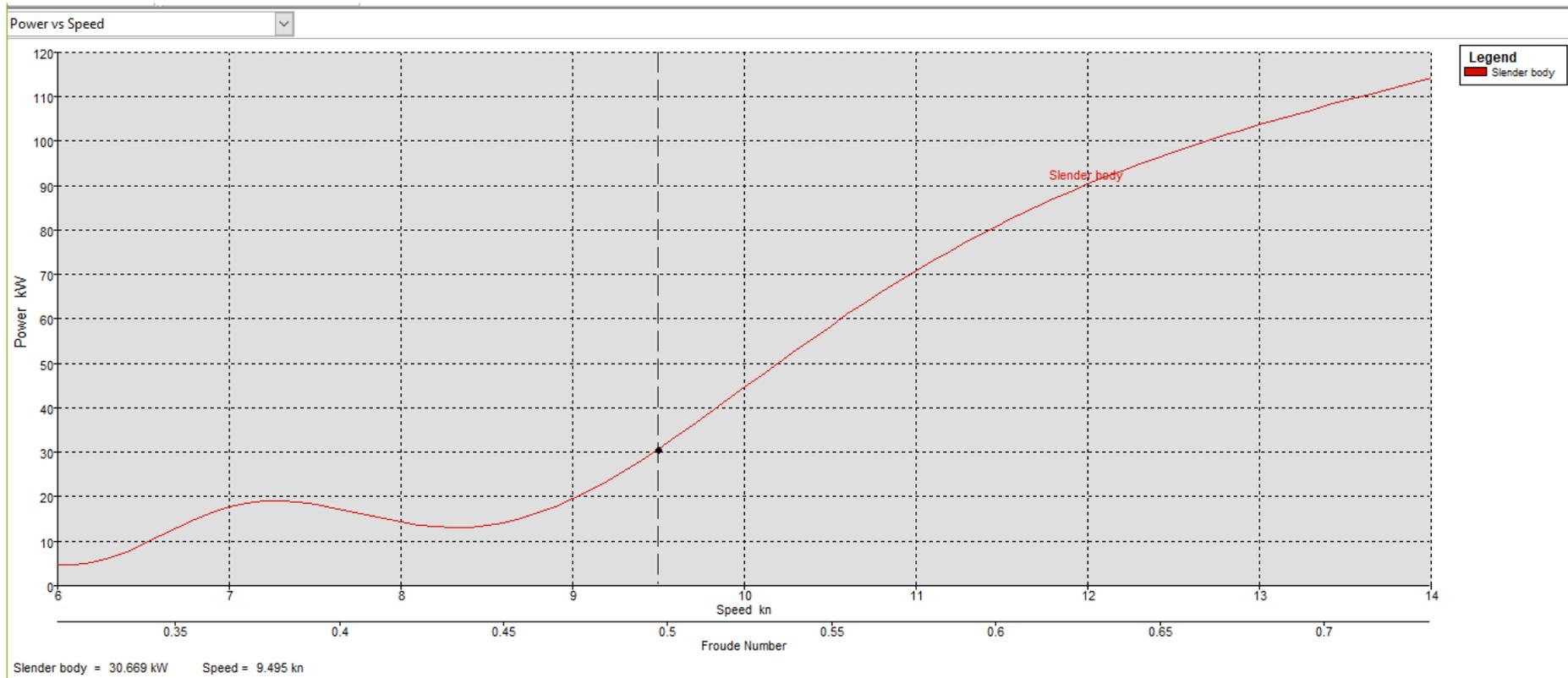
SPEED (kn)	F <sub>n</sub> (LWL)	F <sub>n</sub> (Vol)	SLENDER BODY RESISTANCE (kN)	SLENDER BODY POWER (kW)
6	0.314	0.626	1.5	4.623
6.2	0.324	0.647	1.7	5.27
6.4	0.335	0.668	2.3	7.66
6.6	0.345	0.689	3.3	11.24
6.8	0.356	0.71	4.3	14.92
7	0.366	0.731	4.9	17.69
7.2	0.377	0.752	5.1	19.00
7.4	0.387	0.773	5	18.86
7.6	0.398	0.793	4.5	17.63

7.8	0.408	0.814	4	15.91
8	0.419	0.835	3.5	14.30
8.2	0.429	0.856	3.1	13.29
8.4	0.44	0.877	3.1	13.20
8.6	0.45	0.898	3.2	14.22
8.8	0.461	0.919	3.6	16.35
9	0.471	0.94	4.2	19.51
9.2	0.481	0.96	5	23.53
9.4	0.492	0.981	5.8	28.26
9.6	0.502	1.002	6.8	33.45
9.8	0.513	1.023	7.7	38.96
10	0.523	1.044	8.7	44.60
10.2	0.534	1.065	9.6	50.23
10.4	0.544	1.086	10.4	55.74
10.6	0.555	1.107	11.2	61.07
10.8	0.565	1.127	11.9	66.13
11	0.576	1.148	12.5	70.92
11.2	0.586	1.169	13.1	75.41
11.4	0.597	1.19	13.6	79.57
11.6	0.607	1.211	14	83.45
11.8	0.618	1.232	14.3	87.01
12	0.628	1.253	14.6	90.34
12.2	0.638	1.274	14.9	93.37
12.4	0.649	1.294	15.1	96.27
12.6	0.659	1.315	15.3	98.90
12.8	0.67	1.336	15.4	101.42
13	0.68	1.357	15.5	103.73
13.2	0.691	1.378	15.6	105.96
13.4	0.701	1.399	15.7	108.13
13.6	0.712	1.42	15.7	110.17
13.8	0.722	1.441	15.8	112.16
14	0.733	1.462	15.8	114.14

Fuente: Maxsurf Resistance

Se obtiene el gráfico N° 8 de Potencia y velocidad mediante los datos obtenidos en la tabla N° 35.

**Gráfico N° 8 – Curva de Potencia – Velocidad**

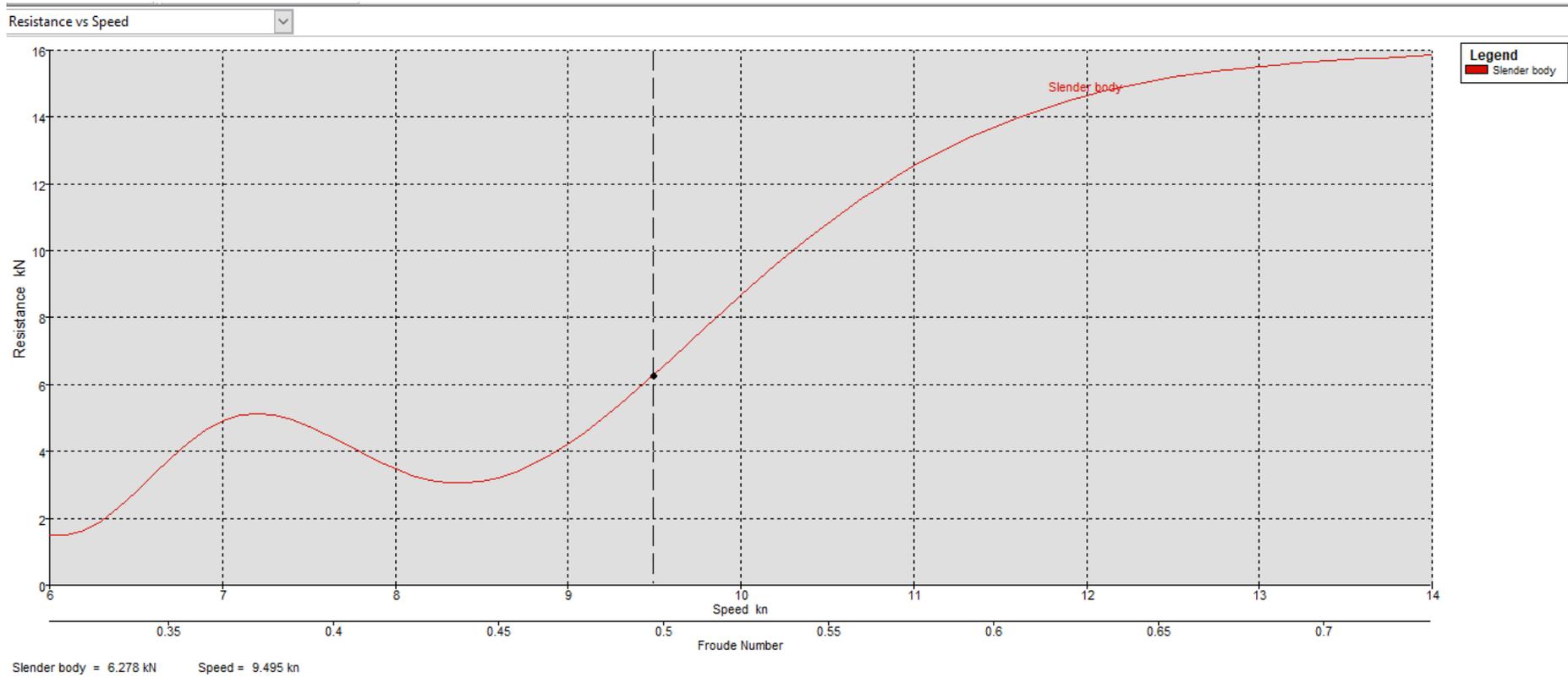


Fuente: Maxsurf Resistance

Datos: Maxsurf Resistance

Además, se obtiene el gráfico N° 9 de Resistencia y velocidad.

**Gráfico N° 9 – Curva de Resistencia – Velocidad**



Fuente: Maxsurf Resistance

Datos: Maxsurf Resistance

### 5.2.11.1 Selección del motor

El catamarán de servicio llevará 02 motores fuera de borda y según la potencia obtenida que es de 90,34 kW, se aplica lo siguiente para saber la potencia de cada motor a escoger:

- Potencia (P): 90,34 kW
- Rendimiento Propulsivo (np): 65 %

$$P_R = \frac{P}{np} = \frac{90,34}{0,65} = 138,98 \text{ kW}$$

- Potencia requerida de cada motor: 69,49 kW = 93,12 HP

Por tanto, se decide utilizar dos motores marinos de 100 HP, marca Yamaha F100BET que estarán ubicados en popa de cada casco del catamarán, el que se muestra en la figura N° 23. [29]

**Figura N° 23 – Yamaha 150AET**



Fuente: Yamaha

**Tabla N° 40 – Especificaciones técnicas del Yamaha 150AET**

Altura de espejo (pulgadas)	L: 20.30 – X: 25.3
Dirección	Control remoto
Basculación	Eléctrico
Peso (aprox.)	183 kg
Tipo de motor	L4, DOHC, 16 válvulas, 4T
Cilindrada	1596 cc
Calibre por carrera	79.0 x 81.4 mm
Potencia de Salida Kw (Hp) @ RPM	73.6 (100) @ 5500 RPM
Rango máximo de RPM de funcionamiento	5000 ~ 6000 RPM
Relación de compresión	8.9:1
Combustible	Regular
Capacidad de aceite	3.7 L
Consumo máximo de combustible	31.9 l/h @ 5500 RPM
Sistema de inducción de combustible	4 carb. con bomba de aceleración
Sistema de encendido	CDI - MICROCOMPUTER
Arranque	Eléctrico
Relación de engranajes	2.15 (28/13)
Palanca de cambio	F-N-R

Fuente: Yamaha

### 5.2.12 Estima de Pesos

Siendo un casco tipo catamarán, se tomará en cuenta que el peso de la estructura puede variar del peso hallado por las fórmulas típicas para buques convencionales. Por lo tanto, primero se calculará de la forma tradicional el peso de la estructura y luego se ha adaptado una fórmula específicamente para catamaranes. Se justificará el resultado y se hará un promedio de ellas.

#### 5.2.12.1 Método de D.G.M. Watson y A.W. Gilfillan

El método que se va a aplicar está proyectado para el cálculo de embarcaciones de acero, pero existe una correspondencia entre el peso de acero y aluminio que nos va a permitir realizar el cálculo para nuestro catamarán.

$$PST = K * E^{1,36} * (1 + 0,5 * (C_{B80D} - 0,7))$$

Con el valor de E:

$$E = L_{PP} * (B + D) + 0,85 * L_{PP} * (D - T) + 0,85 * 1,45 * L_{PP} - 11$$

$$E = 9,853 * (4,5 + 1,5) + 0,85 * 9,853 * (1,5 - 0,9) + 0,85 * 1,45 * 9,853 - 11$$

$$E = 65,29$$

Y  $C_{B80D}$ :

$$C_{B80D} = C_B + \frac{(1 - C_B)(0,80 * D - T)}{3 * T}$$

$$C_{B80D} = 0,38 + \frac{(1 - 0,38)(0,80 * 1,5 - 0,9)}{3 * 0,9}$$

$$C_{B80D} = 0,45$$

Asumiendo un valor de  $K = 0,038$  en base al “Practical Ship Design” de D.G.M. Watson para buques “Pasajeros”. [30]

**Tabla N° 41 – Coeficiente K**

Table 4.1

Type	K		Range of E	No. of ships in sample
	Mean value	Range		
Tankers	0.032	± 0.003	1500–40000	15
Chemical tankers	0.036	± 0.001	1900–2500	2
Bulk carriers	0.031	± 0.002	3000–15000	13
Container ships	0.036	± 0.003	6000–13000	3
Refrigerated cargo	0.034	± 0.002	4000–6000	6
Coasters	0.030	± 0.002	1000–2000	6
Offshore supply	0.045	± 0.005	800–1300	5
Tugs	0.044	± 0.002	350–450	2
Research ships	0.045	± 0.002	1300–1500	2
Ro-Ro ferries	0.031	± 0.006	2000–5000	7
Passenger ships	0.038	± 0.001	5000–15000	4
Frigates and corvettes	0.023	not known		

Por lo tanto, el peso equivalente en acero:

$$PST = K * E^{1,36} * (1 + 0,5 * (C_{B80D} - 0,7))$$

$$PST = 0,038 * 65,29^{1,36} * (1 + 0,5 * (0,45 - 0,7))$$

$$PST = 9,77 \text{ ton}$$

El libro nos muestra que para buques de aluminio se reemplaza el valor del peso de acero en base a que 1 tonelada de aluminio equivale 2,9 toneladas de acero:

$$PAL = WST/2,9$$

$$PAL = 9,77/2,9$$

$$PAL = 3,37 \text{ ton}$$

### 5.2.12.2 Método de A. Osorio

Se deduce la fórmula siguiente:

$$WST = \left(\frac{L_{PP}}{10}\right)^{1,376} * \left(\frac{B * D}{100}\right)^{0,7449} * (0,0542 - 0,017 * C_B) * 1000$$

$$WST = \left(\frac{9,853}{10}\right)^{1,376} * \left(\frac{4,5 * 1,5}{100}\right)^{0,7449} * (0,0542 - 0,017 * 0,38) * 1000$$

$$WST = 6,28$$

Al convertirlo para aluminio:

$$PAL = WST/2,9$$

$$PAL = 6,28/2,9$$

$$PAL = 2,17 \text{ ton}$$

### 5.2.12.3 Método alternativo para catamaranes

Se aplicará el método de Watson, del libro “Proyecto de buques y artefactos” de Fernando Junco en el tomo “Cálculo del desplazamiento”, adaptándose a catamaranes, de la siguiente forma a continuación:

Se calcula el numeral de equipo necesario para este método:

$$NE = 83,16 * (B + T) + 0,85 * L * (D - T) + 0,85$$

Como es un catamarán se hará lo siguiente:

- Primero se calculará el numeral de equipo para un patín (sin superestructura):

$$NE = 83,16 * (4,5 + 0,9) + 0,85 * 10 * (1,5 - 0,9) + 0,85$$

$$NE = 59,88$$

Con esto se obtiene:

$$WSTO = K * E^{1,36}$$

$$WSTO = 0,038 * 59,88^{1,36}$$

$$WSTO = 9,40 \text{ ton}$$

- Este valor se corrige por el coeficiente de bloque de forma que:

$$WST = WSTO * (1 + 0,5 * (C_B - 0,7))$$

$$WST = 9,40 * (1 + 0,5 * (0,38 - 0,7))$$

$$WST = 7,90 \text{ ton}$$

- Se hace la conversión acero – aluminio, de un solo casco:

$$PAL = WST / 2,9$$

$$PAL = 7,90 / 2,9$$

$$PAL = 2,72 \text{ ton}$$

- Para los dos cascos sería: **PAL = 5,45 ton**

Al haber calculado el peso de aluminio por tres métodos distintos, ahora se hallará el promedio de los tres valores obtenidos y así poder determinar el peso del catamarán:

$$PAL = \frac{3,37 + 2,17 + 5,45}{3}$$

$$PAL = 3,66 \text{ ton}$$

$$PAL \approx 3,7 \text{ ton}$$

En la tabla N° 42 se muestra el plano de cargas generales que tiene la embarcación de servicios. Donde se incluye el casco, estructura y superestructura, la tripulación, tanques, etc.

**Tabla N° 42 – Plano de cargas**

	ITEM	CANTIDAD	PESO UNITARIO	PESO TOTAL (ton)
<b>PESO EN ROSCA</b>	Casco y estructura	1	3,7	3,7
	Superestructura	1	1,0	1,0
	Tripulación	11	0,09	0,99
	Motor - babor	1	0,183	0,183
	Motor - estribor	1	0,183	0,183
<b>PESO MUERTO</b>	Agua dulce - babor	1	0,175	0,175
	Agua dulce - estribor	1	0,175	0,175
	Combustible - babor	1	0,41	0,41
	Combustible - estribor	1	0,41	0,41
	Bodega - babor	1	4	4
	Bodega - babor	1	4	4
	Aguas grises - babor	1	0,11	0,11
	Aguas negras - estribor	1	0,11	0,11
	Provisiones - babor	1	0,04	0,04
	Provisiones - estribor	1	0,04	0,04
<b>TOTAL</b>				<b>15,528</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.13 Estabilidad

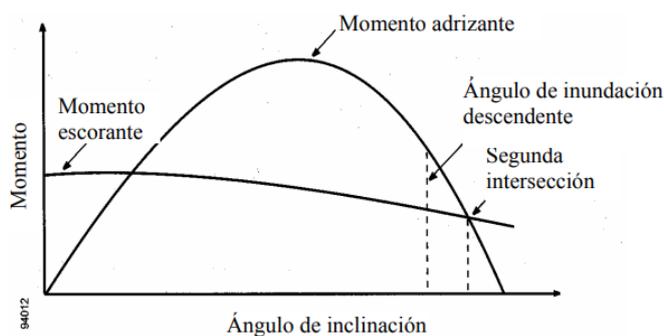
#### 5.2.13.1 Criterios de estabilidad

Para aseverar la navegación de la embarcación, los datos conseguidos del catamarán serán contrastados con los criterios de Organización Marítima Internacional (OMI). En la Resolución MSC 85/26/Add.1 ANNEX 2 Page 30 para embarcaciones con propósitos especiales recomendando los siguientes criterios:

- Para las unidades de superficie y las auto elevadoras, el área bajo la curva de momentos adrizantes hasta la segunda intersección o hasta el ángulo de inundación descendente, si este valor es menor, debe rebasar en un 40 % cuando menos el área bajo la curva de momentos escorantes producidos por el viento, hasta el mismo ángulo límite. [31]

- Para las unidades estabilizadas por columnas, el área bajo la curva de momentos adrizantes hasta el ángulo de inundación descendente debe rebasar en un 30 % cuando menos el área bajo la curva de momentos escorantes producidos por el viento, hasta el mismo ángulo límite. [31]
- La curva de momentos adrizantes debe ser positiva en toda la gama de ángulos comprendida entre la posición de adrizado y la segunda intersección. [31]

**Figura N° 24 - Curvas de momentos adrizantes y momentos escorantes**



Fuente: IMO

Para las embarcaciones de pasajeros en la Resolución parte A-749 se establecen los siguientes criterios:

- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 0,055 metro-radián hasta un ángulo de escora  $\phi = 30^\circ$  ni inferior a 0,09 metro-radián hasta  $\phi = 40^\circ$ , o hasta el ángulo de inundación descendente  $\phi_f^5$  si éste es inferior a  $40^\circ$ . Además, el área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de  $30^\circ$  y  $40^\circ$ , o entre  $30^\circ$  y  $\phi_f$  si este ángulo es inferior a  $40^\circ$ , no será inferior a 0,03 metro-radián. [31]
- El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,2 m a un ángulo de escora igual o superior a  $30^\circ$ . [31]
- El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a  $25^\circ$ . Si esto no es posible, podrán aplicarse, a reserva de lo que apruebe la Administración, criterios basados en un nivel de seguridad equivalente. [31]
- La altura metacéntrica inicial  $GM_0$  no será inferior a 0,15 m. [31]

Por tanto, al no existir un reglamento específico para un catamarán se usarán ambos criterios, la cual ampare una estabilidad apropiada para el tipo de embarcación propuesto. Las tablas mostradas se dan en conclusiones y se muestra más detallado en anexos N° 05, N° 06 y N° 07.

### 5.2.13.2 Estabilidad a diferentes condiciones de carga

#### ➤ Primera condición: Saliendo de puerto

En el programa Maxsurf Stability, se realizarán los cálculos como se observa en la tabla N° 43 los datos de los pesos en base a la primera condición, y sus características en la tabla N° 44.

**Tabla N° 43 – Primera condición de carga**

ITEM NAME	QUANTIFY	UNIT MASS (t)	TOTAL MASS (t)	LONG. ARM (m)	TRANS. ARM (m)	VERT. ARM (m)
CASCO Y ESTRUCTURAS	1	3.7	3.7	4.382	0	0.75
SUPERESTRUCTURA	1	1	1	7.5	0	1.5
PERSONAS	11	0.09	0.99	3.5	0	1.5
MOTOR - BABOR	1	0.183	0.183	0.2	-1.625	0.253
MOTOR - ESTRIBOR	1	0.183	0.183	0.2	1.625	0.253
AGUA DULCE - BABOR	100%	0.175	0.175	6.598	-1.623	0.604
AGUA DULCE - ESTRIBOR	100%	0.175	0.175	6.598	1.623	0.604
COMBUSTIBLE - BABOR	100%	0.41	0.41	5.994	-1.62	0.656
COMBUSTIBLE - ESTRIBOR	100%	0.41	0.41	5.994	1.62	0.656
BODEGA - BABOR	65%	4	2.6	2.983	-1.62	0.699
BODEGA - ESTRIBOR	65%	4	2.6	2.983	1.62	0.699
AGUAS GRISES - BABOR	0%	0.11	0	7.796	-1.625	0.3
AGUAS GRISES - ESTRIBOR	0%	0.11	0	7.796	1.625	0.3
AGUAS NEGRAS - BABOR	100%	0.04	0.04	8.195	-1.582	1.103
AGUAS NEGRAS - ESTRIBOR	100%	0.04	0.04	8.195	1.582	1.103
<b>Total Loadcase</b>			<b>12.508</b>	4.05	0	0.825
<b>FS correction</b>						0.068
<b>VCG fluid</b>						0.894

Fuente: Elaboración propia

Datos: Maxsurf Stability

Tabla N° 44 – Características en la primera condición de carga

Heel to starboard (deg)	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
<b>GZ m</b>	-1.35	-1.31	-0.67	0.00	0.67	1.31	1.35	1.17	0.95	0.71	0.44	0.17	-0.10	-0.36	-0.60	-0.81	-0.98	-1.11
<b>Area under GZ curve from zero heel m.deg</b>	27.20	13.50	3.28	0.00	3.29	13.50	27.23	39.90	50.55	58.88	64.64	67.69	68.01	65.68	60.87	53.82	44.85	34.38
<b>Displacement t</b>	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51	12.51
<b>Draft at FP m</b>	0.36	0.69	0.74	0.75	0.74	0.69	0.36	-0.09	-0.68	-1.57	-3.18	-7.65	n/a	-9.26	-4.86	-3.34	-2.56	-2.07
<b>Draft at AP m</b>	0.56	0.72	0.75	0.75	0.75	0.72	0.56	0.27	-0.09	-0.63	-1.63	-4.49	n/a	-6.37	-3.51	-2.49	-1.93	-1.54
<b>WL Length m</b>	9.97	9.96	9.90	9.83	9.90	9.96	9.97	9.96	9.96	9.96	9.97	10.03	10.03	10.03	10.03	10.02	10.02	10.02
<b>Beam max extents on WL m</b>	1.97	4.30	4.54	4.50	4.54	4.30	1.97	1.80	1.61	1.40	1.14	1.25	1.40	1.51	1.60	1.73	1.96	2.31
<b>Wetted Área m<sup>2</sup></b>	35.62	39.89	41.50	41.61	41.49	39.89	35.62	36.09	36.28	36.20	35.65	34.54	33.36	32.50	32.46	33.12	35.17	38.84
<b>Waterpl. Área m<sup>2</sup></b>	8.33	17.53	19.45	19.18	19.45	17.53	8.32	7.52	7.25	7.45	8.34	10.01	11.92	13.69	14.68	15.27	15.22	15.05
<b>Prismatic coeff. (Cp)</b>	0.74	0.75	0.76	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70	0.69	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68
<b>Block coeff. (Cb)</b>	0.93	0.43	0.47	0.66	0.47	0.43	0.93	1.01	1.02	0.97	0.84	0.73	0.68	0.59	0.54	0.48	0.44	0.50
<b>LCB from zero pt. (+ve fwd) m</b>	4.03	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.03	4.02	4.00	3.98	3.96	3.96	3.96	3.97	3.98	3.99	4.00	4.01
<b>LCF from zero pt. (+ve fwd) m</b>	4.64	4.17	4.10	4.09	4.10	4.17	4.64	4.73	4.82	4.93	5.02	5.04	4.92	4.77	4.69	4.64	4.63	4.54
<b>Max deck inclination deg</b>	30.02	20.00	10.00	0.00	10.00	20.00	30.02	40.03	50.04	60.04	70.03	80.02	90.00	99.99	109.98	119.97	129.96	139.94
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	1.20	0.18	0.04	0.00	0.04	0.18	1.21	2.08	3.41	5.43	8.91	17.75	90.00	16.34	7.80	4.92	3.63	3.02

Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability



➤ **Segunda condición: Llegando a puerto**

En el programa Maxsurf Stability, se realizarán los cálculos como se observa en la tabla N° 45 los datos de los pesos en base a la primera condición, y sus características en la tabla N° 46.

**Tabla N° 45 – Segunda condición de carga**

ITEM NAME	QUANTIFY	UNIT MASS (t)	TOTAL MASS (t)	LONG. ARM (m)	TRANS. ARM (m)	VERT. ARM (m)
CASCO Y ESTRUCTURAS	1	3.7	3.7	5.37	0	0.75
SUPERESTRUCTURA	1	1	1	7.5	0	1.5
PERSONAS	11	0.09	0.99	3.5	0	1.5
MOTOR - BABOR	1	0.183	0.183	0.2	-1.625	0.253
MOTOR - ESTRIBOR	1	0.183	0.183	0.2	1.625	0.253
AGUA DULCE - BABOR	50%	0.175	0.088	6.598	-1.625	0.455
AGUA DULCE - ESTRIBOR	50%	0.175	0.088	6.598	1.625	0.455
COMBUSTIBLE - BABOR	50%	0.41	0.205	5.994	-1.625	0.481
COMBUSTIBLE - ESTRIBOR	50%	0.41	0.205	5.994	1.625	0.481
BODEGA - BABOR	100%	4	4	2.985	-1.617	0.907
BODEGA - BABOR	100%	4	4	2.985	1.617	0.907
AGUAS GRISES - BABOR	100%	0.11	0.11	7.796	-1.625	0.503
AGUAS GRISES - ESTRIBOR	100%	0.11	0.11	7.796	1.625	0.503
AGUAS NEGRAS - BABOR	50%	0.04	0.02	8.195	-1.598	1.053
AGUAS NEGRAS - ESTRIBOR	50%	0.04	0.02	8.195	1.598	1.053
<b>Total Loadcase</b>			<b>14.902</b>	4.056	0	0.908
<b>FS correction</b>						0.015
<b>VCG fluid</b>						0.924

Fuente: Elaboración propia

Datos: Maxsurf Stability

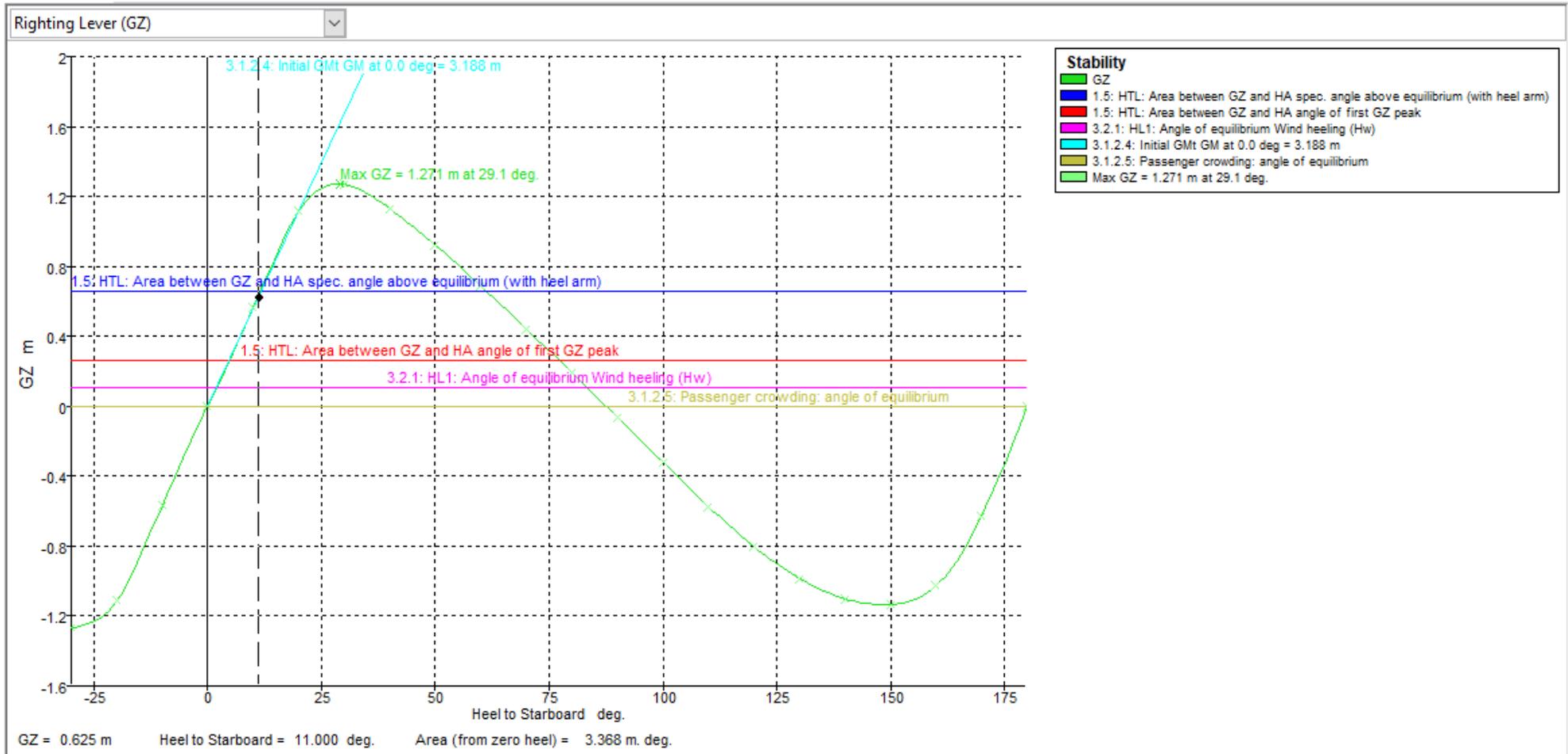
Tabla N° 46 – Características en la segunda condición de carga

Heel to starboard (deg)	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
<b>GZ m</b>	-1.27	-1.11	-0.56	0.00	0.56	1.11	1.27	1.13	0.92	0.69	0.44	0.19	-0.06	-0.32	-0.58	-0.80	-0.99	-1.10
<b>Area under GZ curve from zero heel m.deg</b>	23.53	11.36	2.77	0.00	2.77	11.34	23.61	35.73	46.00	54.06	59.70	62.88	63.52	61.59	57.09	50.17	41.19	30.70
<b>Displacement t</b>	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90
<b>Draft at FP m</b>	0.58	0.80	0.86	0.87	0.86	0.80	0.58	-0.02	-0.90	-2.20	-4.42	-10.19	n/a	-10.98	-5.42	-3.47	-2.49	-1.96
<b>Draft at AP m</b>	1.05	0.88	0.87	0.87	0.87	0.88	1.05	1.29	1.63	2.19	3.11	5.08	n/a	0.70	-0.96	-1.42	-1.42	-1.22
<b>WL Length m</b>	10.02	9.99	9.93	9.86	9.93	9.99	10.02	10.03	10.03	10.04	9.94	9.70	9.70	10.07	10.13	10.07	10.04	10.03
<b>Beam max extents on WL m</b>	3.00	4.06	4.56	4.50	4.56	4.06	3.00	2.33	1.90	1.60	1.28	1.49	1.50	1.52	1.60	1.73	1.96	2.33
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	49.55	48.15	46.51	46.68	46.51	48.15	49.55	48.63	48.69	48.98	49.09	48.99	48.59	47.84	46.75	46.66	46.89	48.54
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	8.89	17.77	20.11	19.52	20.11	17.77	8.89	5.28	4.53	4.53	4.72	4.92	5.26	5.98	7.10	7.88	10.11	12.61
<b>Prismatic coeff. (Cp)</b>	0.70	0.74	0.76	0.77	0.76	0.74	0.70	0.68	0.66	0.65	0.64	0.66	0.66	0.66	0.67	0.70	0.70	0.69
<b>Block coeff. (Cb)</b>	0.52	0.48	0.49	0.67	0.49	0.48	0.52	0.57	0.65	0.54	0.39	0.35	0.37	0.37	0.40	0.53	0.60	0.58
<b>LCB from zero pt. (+ve fwd) m</b>	4.02	4.05	4.06	4.06	4.06	4.05	4.02	3.95	3.85	3.76	3.68	3.66	3.68	3.75	3.84	3.92	3.98	4.00
<b>LCF from zero pt. (+ve fwd) m</b>	3.98	4.40	4.11	4.10	4.11	4.40	3.97	4.46	5.10	5.55	5.86	5.98	6.10	6.28	6.36	5.94	5.31	4.81
<b>Max deck inclination deg</b>	30.09	20.00	10.00	0.01	10.00	20.00	30.09	40.35	50.64	60.79	70.67	80.35	90.00	99.79	109.76	119.82	129.88	139.89
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	2.75	0.44	0.05	0.01	0.05	0.43	2.75	7.56	14.37	24.02	37.33	57.14	90.00	49.81	24.33	11.76	6.22	4.32

Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

Gráfico N° 11 – Curva de estabilidad GZ



Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

➤ **Tercera condición: Full carga**

En el programa Maxsurf Stability, se realizarán los cálculos como se observa en la tabla N° 47 los datos de los pesos en base a la primera condición, y sus características en la tabla N° 48.

**Tabla N° 47 – Tercera condición de carga**

ITEM NAME	QUANTIFY	UNIT MASS (t)	TOTAL MASS (t)	LONG. ARM (m)	TRANS. ARM (m)	VERT. ARM (m)
CASCO Y ESTRUCTURAS	1	3.7	3.7	5	0	0.75
SUPERESTRUCTURA	1	1	1	7.5	0	1.5
PERSONAS	11	0.09	0.99	3.5	0	1.5
MOTOR - BABOR	1	0.183	0.183	0.2	-1.625	0.253
MOTOR - ESTRIBOR	1	0.183	0.183	0.2	1.625	0.253
AGUA DULCE - BABOR	100%	0.175	0.175	6.598	-1.623	0.604
AGUA DULCE - ESTRIBOR	100%	0.175	0.175	6.598	1.623	0.604
COMBUSTIBLE - BABOR	100%	0.41	0.41	5.994	-1.62	0.656
COMBUSTIBLE - ESTRIBOR	100%	0.41	0.41	5.994	1.62	0.656
BODEGA - BABOR	100%	4	4	2.985	-1.617	0.907
BODEGA - BABOR	100%	4	4	2.985	1.617	0.907
AGUAS GRISES - BABOR	100%	0.11	0.11	7.796	-1.625	0.503
AGUAS GRISES - ESTRIBOR	100%	0.11	0.11	7.796	1.625	0.503
AGUAS NEGRAS - BABOR	100%	0.04	0.04	8.195	-1.582	1.103
AGUAS NEGRAS - ESTRIBOR	100%	0.04	0.04	8.195	1.582	1.103
<b>Total Loadcase</b>			<b>15.528</b>	4.059	0	0.905
						0
<b>VCG fluid</b>						0.905

Fuente: Elaboración propia

Datos: Maxsurf Stability

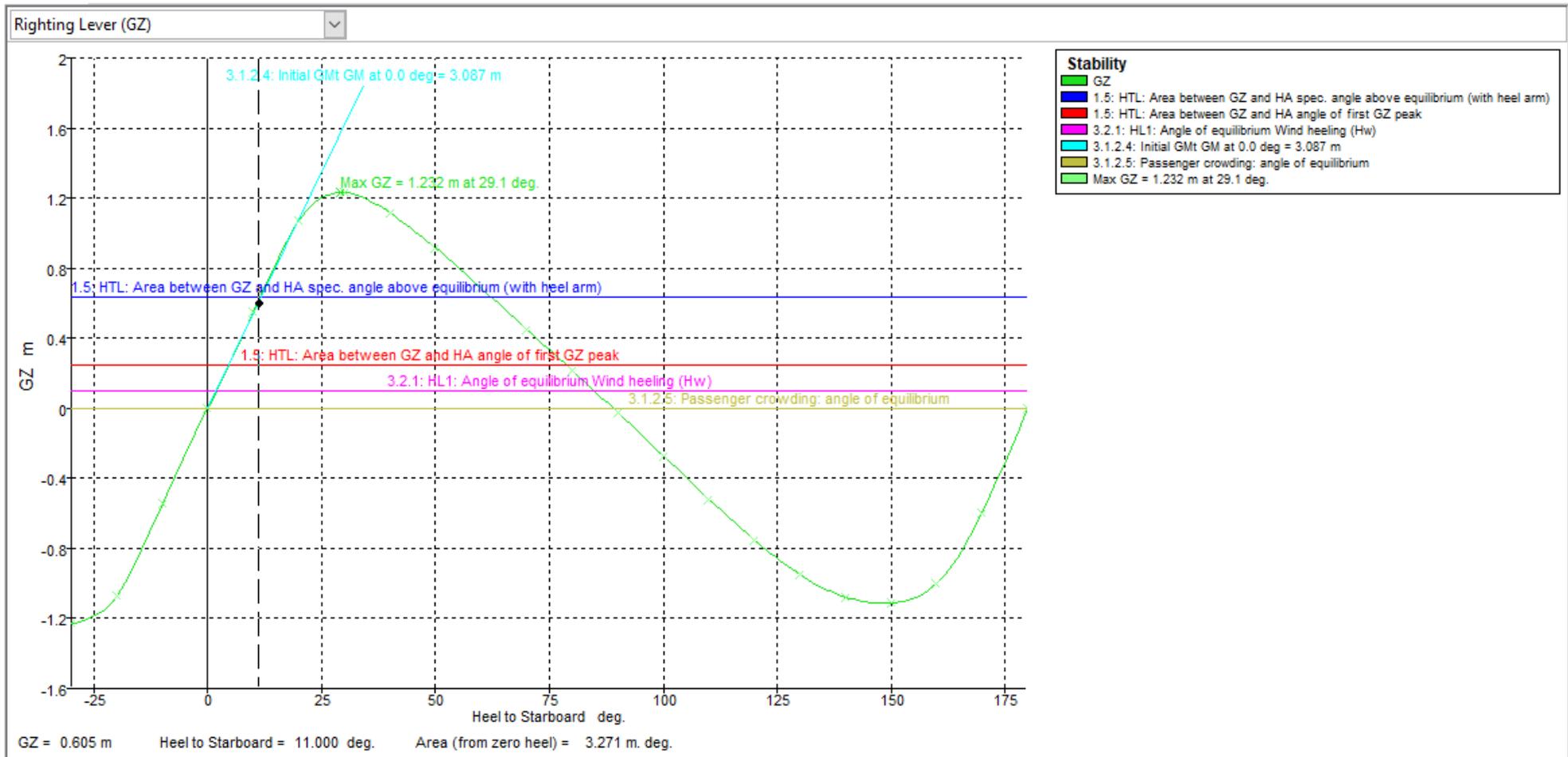
Tabla N° 48 – Características en la segunda condición de carga

Heel to starboard (deg)	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
<b>GZ m</b>	-1.23	-1.07	-0.55	0.00	0.55	1.07	1.23	1.11	0.92	0.69	0.45	0.22	-0.02	-0.27	-0.52	-0.75	-0.95	-1.08
<b>Area under GZ curve from zero heel m.deg</b>	22.71	10.97	2.69	0.00	2.70	10.95	22.78	34.63	44.80	52.82	58.52	61.85	62.81	61.34	57.39	51.02	42.46	32.24
<b>Displacement t</b>	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53	15.53
<b>Draft at FP m</b>	0.66	0.83	0.89	0.90	0.89	0.83	0.66	0.12	-0.79	-2.17	-4.47	-10.60	n/a	-11.85	-5.78	-3.68	-2.56	-1.95
<b>Draft at AP m</b>	1.12	0.92	0.90	0.90	0.90	0.92	1.12	1.44	1.92	2.69	4.00	7.43	n/a	4.07	0.55	-0.61	-1.08	-1.10
<b>WL Length m</b>	10.02	10.00	9.94	9.87	9.94	10.00	10.02	10.06	10.08	10.11	10.01	9.74	9.66	9.95	10.25	10.14	10.06	10.04
<b>Beam max extents on WL m</b>	3.00	3.98	4.57	4.50	4.57	3.98	3.00	2.33	1.96	1.73	1.58	1.48	1.50	1.52	1.60	1.73	1.96	2.33
<b>Wetted Area m<sup>2</sup></b>	53.73	50.49	47.81	48.01	47.81	50.48	53.73	53.02	52.99	53.35	53.47	53.42	53.15	52.58	51.77	51.20	51.15	51.72
<b>Waterpl. Area m<sup>2</sup></b>	10.12	17.71	20.31	19.65	20.31	17.71	10.12	6.12	5.02	5.12	5.30	5.24	5.01	5.11	5.87	6.64	8.31	11.50
<b>Prismatic coeff. (Cp)</b>	0.70	0.74	0.76	0.77	0.76	0.74	0.70	0.66	0.63	0.59	0.57	0.59	0.62	0.64	0.64	0.67	0.70	0.69
<b>Block coeff. (Cb)</b>	0.49	0.49	0.49	0.67	0.49	0.49	0.49	0.46	0.41	0.29	0.30	0.32	0.33	0.33	0.34	0.45	0.58	0.60
<b>LCB from zero pt. (+ve fwd) m</b>	4.03	4.05	4.06	4.06	4.06	4.05	4.03	3.96	3.85	3.74	3.66	3.61	3.61	3.66	3.76	3.86	3.95	4.00
<b>LCF from zero pt. (+ve fwd) m</b>	3.93	4.45	4.12	4.10	4.12	4.45	3.93	4.02	4.28	4.60	4.90	5.17	5.49	5.97	6.22	6.11	5.73	5.04
<b>Max deck inclination deg</b>	30.08	20.01	10.00	0.00	10.00	20.01	30.08	40.36	50.73	60.95	70.84	80.47	90.00	99.63	109.52	119.61	129.78	139.85
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	2.63	0.53	0.05	0.00	0.05	0.53	2.63	7.65	15.38	26.21	40.64	61.31	90.00	58.22	32.68	17.29	8.52	4.90

Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

Gráfico N° 12 – Curva de estabilidad GZ



Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

### 5.2.13.3 Resultados de estabilidad

#### ➤ Primera condición: Saliendo de puerto

En la tabla N° 49, muestra que el catamarán de servicios cumple con la condición mencionada. Se puede observar a más detalle y con los cálculos conseguidos del programa Maxsurf Stability en anexos N° 05.

**Tabla N° 49 – Conclusión de la primera condición de carga**

	CODE	VALOR	CRITERIO	
<b>HSC multi, Intact</b>	Area from 0 to 30	$\geq 3,151$	20,962	Pass
	Angle of maximum GZ	$\geq 10$	25,5	Pass
	HTL: Area between GZ and HA	$\geq 1,604$	6,212	Pass
		$\geq 1,604$	7,819	Pass
	HL1: Angle of equilibrium	$\leq 16$	2	Pass
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	Area 0 to 30	$\geq 3,151$	27,226	Pass
	Area 0 to 40	$\geq 5,157$	39,897	Pass
	Area 30 to 40	$\geq 1,719$	12,671	Pass
	Max GZ at 30 or greater	$\geq 0,2$	1,352	Pass
	Angle of maximum GZ	$\geq 25$	25,5	Pass
	Initial GMt	$\geq 0,15$	3,814	Pass
	Passenger crowding: angle of equilibrium	$\leq 10$	0	Pass

Fuente: Elaboración propia

Datos: Maxsurf Stability

#### ➤ Segunda condición: Llegando a puerto

En la tabla N° 50, muestra que el catamarán de servicios cumple con la condición mencionada. Se puede observar a más detalle y con los cálculos conseguidos del programa Maxsurf Stability en anexos N° 06.

**Tabla N° 50 – Conclusión de la segunda condición de carga**

	CODE	VALOR	CRITERIO	
<b>HSC multi, Intact</b>	Area from 0 to 30	$\geq 3,151$	22,452	Pass
	Angle of maximum GZ	$\geq 10$	29,1	Pass
	HTL: Area between GZ and HA	$\geq 1,604$	5,623	Pass
		$\geq 1,604$	6,534	Pass

	HL1: Angle of equilibrium	$\leq 16$	1,9	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	Area 0 to 30	$\geq 3,151$	23,607	Pass
	Area 0 to 40	$\geq 5,157$	35,733	Pass
	Area 30 to 40	$\geq 1,719$	12,126	Pass
	Max GZ at 30 or greater	$\geq 0,2$	1,269	Pass
	Angle of maximum GZ	$\geq 25$	29,1	Pass
	Initial GMt	$\geq 0,15$	3,188	Pass
	Passenger crowding: angle of equilibrium	$\leq 10$	0	Pass

Fuente: Elaboración propia

Datos: Maxsurf Stability

➤ **Tercera condición: Full carga**

En la tabla N° 51, muestra que el catamarán de servicios cumple con la condición mencionada. Se puede observar a más detalle y con los cálculos conseguidos del programa Maxsurf Stability en anexos N° 07.

**Tabla N° 51 – Conclusión de la tercera condición de carga**

	CODE	VALOR	CRITERIO	
HSC multi, Intact	Area from 0 to 30	$\geq 3,151$	21,659	Pass
	Angle of maximum GZ	$\geq 10$	29,1	Pass
	HTL: Area between GZ and HA	$\geq 1,604$	5,406	Pass
		$\geq 1,604$	6,272	Pass
	HL1: Angle of equilibrium	$\leq 16$	1,9	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	Area 0 to 30	$\geq 3,151$	22,778	Pass
	Area 0 to 40	$\geq 5,157$	34,634	Pass
	Area 30 to 40	$\geq 1,719$	11,855	Pass
	Max GZ at 30 or greater	$\geq 0,2$	1,231	Pass
	Angle of maximum GZ	$\geq 25$	29,1	Pass
	Initial GMt	$\geq 0,15$	3,087	Pass
	Passenger crowding: angle of equilibrium	$\leq 10$	0	Pass

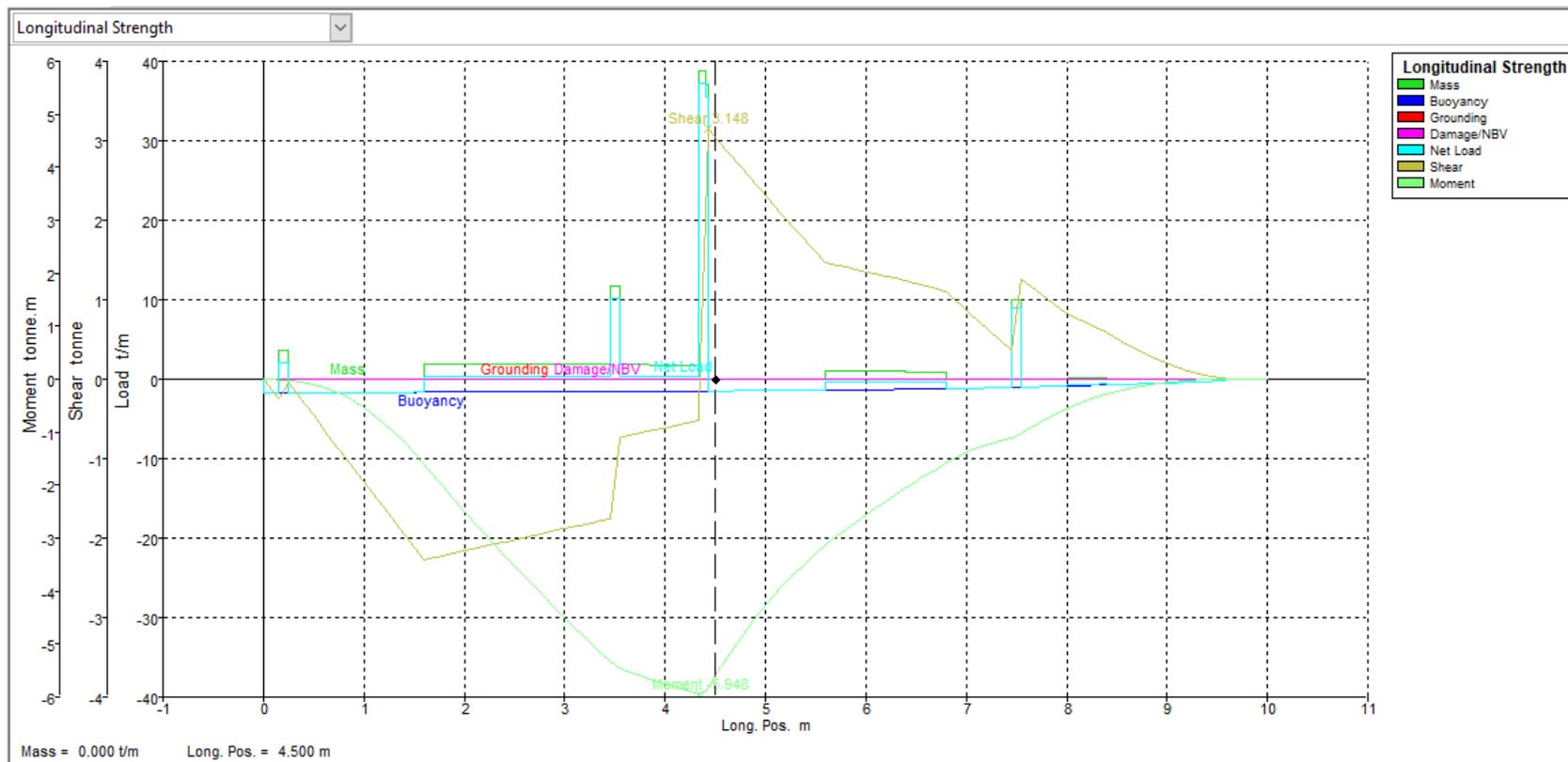
Fuente: Elaboración propia

Datos: Maxsurf Stability

### 5.2.13.4 Planos de cargas

#### ➤ Primera condición: Salida de puerto

Gráfico N° 13 – Plano de cargas de la primera condición

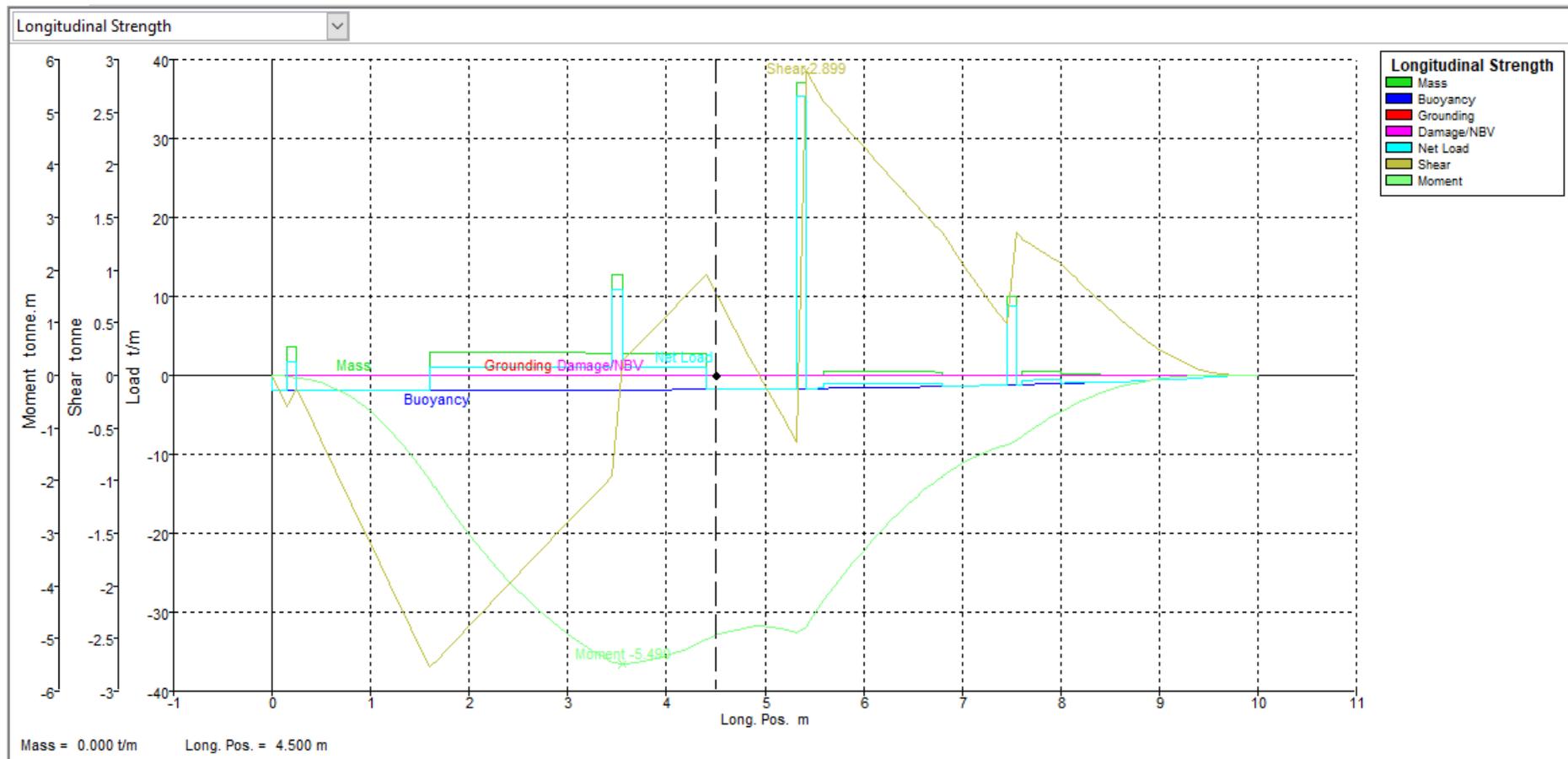


Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

➤ Segunda condición: Llegando a puerto

Gráfico N° 14 – Plano de cargas de la segunda condición

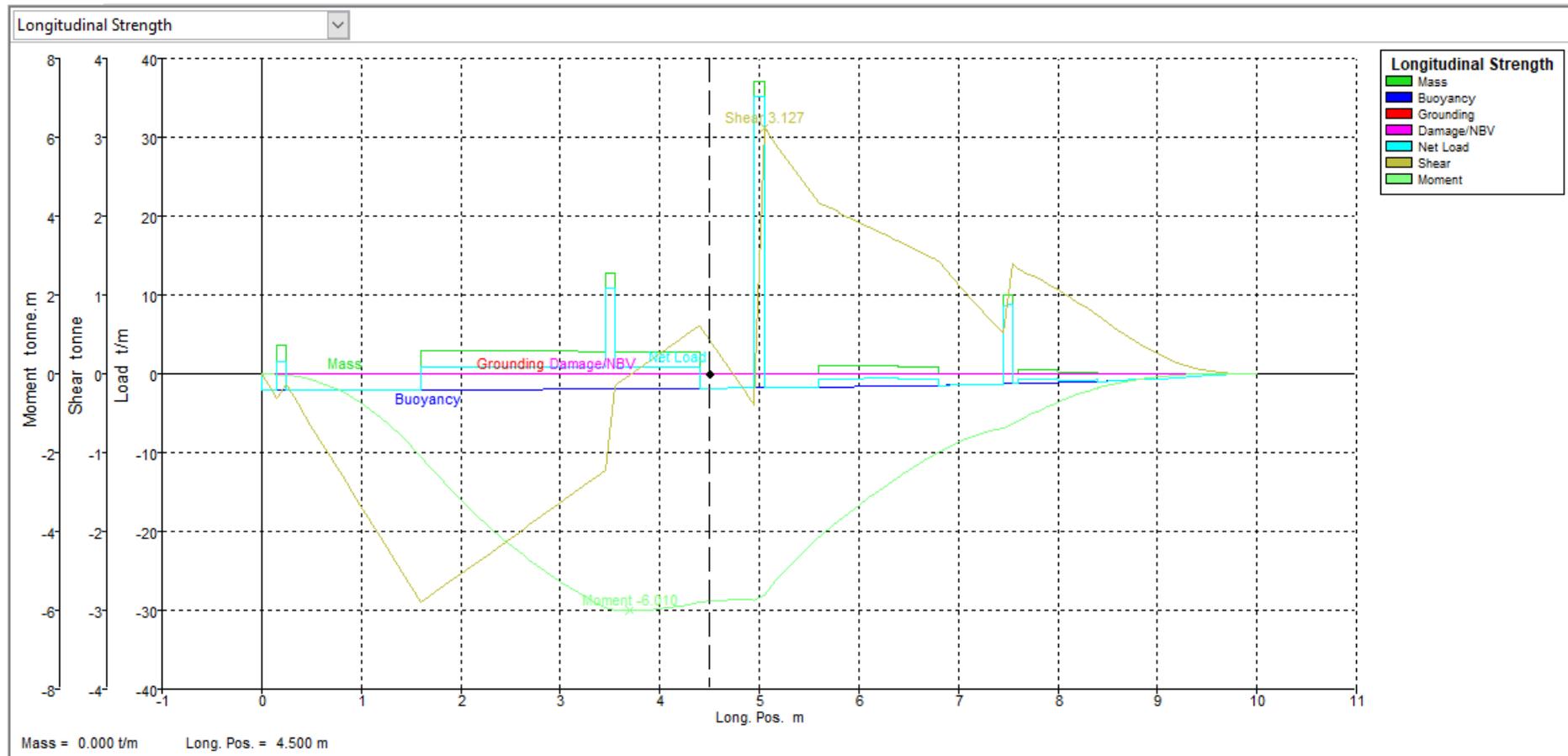


Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

➤ Tercera condición: Full carga

Gráfico N° 15 – Plano de cargas de la tercera condición



Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

## **5.3 Sistema de seguridad y salud ocupacional a bordo**

### **5.3.1 Protección de tripulación**

- La tripulación debe identificar las medidas para abordar y gestionar los riesgos.
- La superficie de cubierta y el piso del espacio de trabajo a bordo, debe estar acondicionada permitiendo minimizar que el personal resbale.
- Instalar un sistema apropiado de cabos salvavidas dotado de todos los cables, cabos y grilletes necesarios.
- El catamarán debe disponer de medios adheridos para que una persona logre subir a bordo desde el agua.
- Cualquier accidente debe ser notificado a la autoridad competente para su investigación.

### **5.3.2 Dispositivos de salvamento**

#### **5.3.2.1 Balsas salvavidas**

- Debe resistir 30 días de exposición en el exterior, sin importar la condición del mar.
- Debe resistir saltar encima de ella con una altura mínima de 4,5 m, armado o sin armar.
- Debe resistir una caída al agua de 18 m de altura, conservando su estado como del equipo.
- El equipo normal de toda balsa salvavidas debería ser el siguiente: aro flotante, cuchillo de mango flotante, achicador, dos esponjas, dos anclas, dos remos, tres abrelatas, un botiquín de primeros auxilios, un silbato, cuatro cohetes lanzabengalas, seis bengalas de mano, dos señales fumígenas flotantes, una linterna eléctrica, un espejo de señales, un juego de aparejos de pesca, alimentos con una ración de 2 400 kcal para cada persona en la balsa, medicamentos, vaso graduado inoxidable, recipientes de agua con 1,5 l por persona, ayudas térmicas e instrucciones de cómo sobrevivir.

### **5.3.2.2 Chalecos salvavidas**

- Se debe llevar un chaleco salvavidas para cada persona a bordo y debe estar aprobado por la autoridad competente.
- Los chalecos salvavidas deben ser accesibles y su colocación debe estar visiblemente indicado.
- Todas las personas a bordo, después de una demostración deben colocárselos, sin ayuda en 1 min como máximo.
- La persona que esta puesta el chaleco salvavidas podrá saltar desde 4,5 m de altura como mínimo, y como mínimo de 1 m con los brazos sobre la cabeza, sin sufrir lesiones tanto la persona como el dispositivo.
- Cada chaleco salvavidas debe sujetar una luz y un silbato.
- El chaleco salvavidas debe contar con una rabiza u otro medio zafable y flotable para sujetarse al chaleco de otra persona en el agua.

### **5.3.2.3 Aros salvavidas**

- Las embarcaciones igual o superior a 7 m, como mínimo, debe contar con un aro salvavidas dotado de una rabiza flotante de 18 m como mínimo.
- Los aros salvavidas deben ser accesibles y su colocación debe estar visiblemente indicado para ser lanzados con rapidez.
- Los aros salvavidas deben estar pintados de un color que se diferencie con el mar y estar señalizada con la matrícula o las marcas de identificación que la embarcación.
- Debe contar con un diámetro interior de 400 mm como mínimo y un diámetro exterior de 800 mm como máximo.
- Estar fabricado de manera que soporte la caída al agua desde una altura de 30 m.

### **5.3.2.4 Señales de socorro**

- La embarcación debe disponer de medios para hacer señales de socorro eficaces, tanto en el día como en la noche, y sean inspeccionados por la autoridad competente.

- La embarcación, como mínimo, debe llevar lo siguiente:
  - ✓ 04 cohetes con paracaídas, pudiendo sustituirse 02 de ellos por bengalas de mano.
  - ✓ 02 bengalas de mano
- Las señales de socorro deben estar aprobadas por la autoridad competente e ir correctamente colocadas y ubicadas en un lugar seco de fácil acceso, indicadas claramente.

#### **5.3.2.5 Cuestiones diversas**

- Todos los dispositivos de salvamento como chalecos salvavidas, dispositivos flotantes, aros salvavidas, entre otros deben estar dotados de materiales retrorreflectantes y supervisado por la autoridad competente.
- Para ayuda de operaciones aéreas de salvamento, la parte del techo de la superestructura debe pintarse de un color visible, mostrando la matrícula u otras marcas de identificación de la embarcación. Asimismo, los costados de la superestructura deben contar con marcas similares que facilite la búsqueda.
- La autoridad competente debe certificar de que la tripulación a bordo reciba la formación apropiada del uso y mantenimiento de los dispositivos de salvamento, llevando a cabo registros periódicos del equipo.
- La embarcación debe disponer como mínimo del siguiente equipo de seguridad: una linterna, un silbato, un espejo, pasamanos y de medios apropiados para rescatar a las personas del agua.

#### **5.3.3 Radiocomunicaciones**

- Este dicta los equipos mínimos para que una embarcación pueda navegar en función de su zona de navegación. Tal como indica, obliga a llevar a bordo:
  - ✓ Radio VHF con LSD,
  - ✓ VHF portátil
  - ✓ GPS

### 5.3.4 Equipo de señalización

- La visibilidad de las luces para las embarcaciones menores de 12 m de eslora, son:
  - ✓ Luz de tope, 2 millas;
  - ✓ Luz de costado, 1 milla;
  - ✓ Luz de alcance, 2 millas;
  - ✓ Luz de remolque, 2 millas;
  - ✓ Luz todo horizonte blanca, roja, verde o amarilla, 2 millas.

### 5.3.5 Equipo náutico

- La embarcación debe contar con un compás.
- La embarcación debe estar dotada de dispositivos para determinar la profundidad del agua y detección de peces.
- La embarcación puede contar con un radar.

## 5.4 Evaluación económica del proyecto

Se planteará con la finalidad de poder evaluar la factibilidad económica del proyecto trayendo consigo detalles sobre todos los costos de construcción, de materiales, de equipamiento e instrumentos del catamarán como embarcación de servicios.

Los puntos por tratar en este objetivo son:

- ✓ Definir el monto de inversión total que se requiere, así como también determinar el tiempo en el cual será realizada la obra
- ✓ Determinar el presupuesto de ingreso y egreso que implicara en el proyecto
- ✓ Analizar los costos y gastos que se ha de generar en el proyecto
- ✓ Resumir la evaluación económica del proyecto

### 5.4.1 Aspectos financieros

Suponiendo que el proyecto se debe llevar a cabo a través de opciones financieras como:

- El total de la inversión inicial obtenida mediante un préstamo bancario.
- La totalidad de la inversión inicial generada por el privado.

### 5.4.2 Cálculo de la demanda

Para realizar el cálculo de la demanda, contaremos con dos informaciones principales, para hacer la estimación de la eventual demanda y determinar el flujo de servicios por viaje de la embarcación:

- La embarcación tipo catamarán promediara en temporada alta un 80% de su capacidad por los meses de junio, julio, octubre, noviembre, diciembre y enero.
- La embarcación tipo catamarán promediara en temporada baja un 50% de su capacidad por los meses febrero, marzo, abril, mayo, agosto y septiembre.

### 5.4.3 Cálculo del flujo de servicios

Dado que la embarcación realiza un promedio de 3 viajes por día y teniendo en cuenta la información brindada, se obtendría la siguiente cantidad de toneladas:

$$T_A = 0,8 * 8$$

$$T_A = 6,4 \approx 6 \text{ (toneladas por temporada alta)}$$

$$T_B = 0,5 * 8$$

$$T_B = 4 \text{ (toneladas por temporada baja)}$$

Esta sería la cantidad estimada de toneladas por viaje, como son 3 viajes diarios, se obtendrán 18 toneladas por día en temporada alta y 12 toneladas en temporada baja.

Para realizar el flujo estimado de carga en el 1<sup>er</sup> año se hará multiplicando la cantidad total estimada de toneladas y el número de días en que operará la embarcación al año, en este caso serán 300 días aproximadamente. Entonces se tiene que para temporada alta los días operacionales serán 120 y en temporadas bajas serán 180 días aproximadamente. Como consecuencia, tenemos:

$$X_1 = A * B$$

Donde:

$X_1$ : Flujo estimado de toneladas en temporada alta

A: Promedio diario estimado de viajes

B: Número de días operacionales

$$X_1 = 18 \times 120$$

$$X_1 = \mathbf{2\ 160\ ton}$$

$$X_2 = A * B$$

Donde:

$X_2$ : Flujo estimado de viajes en temporada baja

A: Promedio diario estimado de viajes

B: Número de días operacionales

$$X_2 = 12 \times 180$$

$$X_2 = \mathbf{2\ 160\ ton}$$

$$\text{Total: } X = X_1 + X_2$$

$$X = 2\ 160 + 2\ 160$$

$$X = \mathbf{4\ 320\ ton}$$

Por consiguiente, el flujo diario promedio de toneladas durante los meses de operación del catamarán serán los siguientes:

Cantidad de toneladas diarias promedio:  $\frac{X_1+X_2}{300} = 14,4 \approx \mathbf{14 \text{ toneladas diarias}}$

#### 5.4.4 Estimación de ingresos

Se muestra a continuación en la tabla los ingresos por años, desde el 2021 hasta el 2030 teniendo en cuenta la estimación del flujo de toneladas que se realizó en el cálculo de la demanda en la parte superior. El costo cancelado por cargamento incluye el valor de la carga incluido otros servicios. Además, se tendrá un aumento en el número de toneladas de un 5% con respecto al año anterior, donde el pago promedio estimado de cada viaje será 70 dólares.

**Tabla N° 52 – Estimación de ingresos a diez años**

AÑO	TONELADAS	VALOR	INGRESO ANUAL
2021	364	210	76440
2022	382	210	80262
2023	401	210	84275
2024	421	210	88489
2025	442	210	92913
2026	465	210	97559
2027	488	210	102437
2028	512	210	107559
2029	538	210	112937
2030	565	210	118584

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.5 Estimación de costos

Se realizará la estimación de costos del catamarán, considerando aquellos elementos que componen dicha embarcación, en el cual encontraremos todos los costos de construcción, costos de materiales, costos de equipamiento, más costos directos y gastos generales mensuales, con el fin de generar una idea del costo total daremos el valor del dólar americano al cambio con la fecha 08 de octubre del 2020, 1 US\$ igual a 3.58 sol peruano

➤ **Inversión inicial**

Compuesta por los costos de materiales, costos de equipamiento general, costo de equipamiento de acomodaciones, costos de equipos de navegación, costos de instrumentos electrónicos, costos de construcción, y costos de equipos varios, todos estos se hallarán detalladamente en el anexo N° 10.

➤ **Costo total de construcción del catamarán**

En la siguiente tabla se mostrará el resumen de estimación costo total del catamarán. Cabe indicar que los valores de los 2 primeros ítems corresponden a precios exactos determinados, los otros ítems corresponden a precios estimativos obtenidos a través de catálogos de centros comerciales y otras embarcaciones de características similares.

**Tabla N° 53 – Tabla de resumen de estimación de costos**

<b>ÍTEM</b>	<b>VALOR TOTAL (\$)</b>
Costo de materiales	47765
Costo de equipamiento general	34580
Costo de equipamiento de acomodaciones	1899
Costo de equipos de navegación	2112
Costo de instrumentos electrónicos	2042
Costo de construcción	24012
Costo de equipos varios	514
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>112 923</b>

Fuente: Elaboración propia

➤ **Capital de trabajo**

Se calculará en base a un mes de operación del catamarán. Comprendiendo las temporadas altas y bajas, abarcando los siguientes ítems:

- **Combustible y lubricante**

Como son tres viajes al día, cada uno de 1 hora da un total 3 horas. Al mes se multiplica por 26 días. El consumo es de 31,9, l/hr. Finalmente, el precio del litro se calculó a 0.799 dólares. Según la fórmula:

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo} \left( \frac{\text{Lt}}{\text{h}} \right) * \left( \frac{\text{h}}{\text{d}} \right) * \left( \frac{\text{d}}{\text{m}} \right) * \left( \frac{\text{Precio}}{\text{Lt}} \right)$$

$$\text{Costo combustible mensual} = 31,9 * 1,5 * 26 * 0,799$$

$$\text{Costo combustible mensual} = 994,04 \text{ dolares} \rightarrow \text{para un 1 motor}$$

$$\text{Costo combustible mensual} = 1988,07 \text{ dolares} \rightarrow \text{para 2 motores}$$

El consumo de aceite lubricante se estima al 1 % del valor del Costo mensual del combustible:

$$\text{Costo combustible mensual} = 19,88 \text{ dolares}$$

Suma total seria: **2008 dolares**

- **Gasto del personal**

El capitán es contratado por un mes de operación se mostrarán detalladamente en el anexo N° 10, siendo el monto de **1120 dólares**.

- **Mantenimiento:** 140.00 dólares

- **Gastos de administración:** Detallado en el anexo N° 10, son 900 dólares.

#### 5.4.6 Retorno de la inversión

El retorno de la inversión se elaboró teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

**Tabla N° 54 – Tabla de retorno de inversión**

<b>INVERSION MENSUAL</b>	<b>PRECIO (DÓLARES)</b>
Combustible/Lubricante	2008
Personal	1120
<b>TOTAL</b>	<b>3128</b>

Fuente: Elaboración propia

➤ **Ingreso bruto**

**Tabla N° 55 – Tabla de ingreso bruto**

<b>ÍTEM</b>	<b>MONTO</b>
Viajes diarios	3
Costo por viaje	70
Ingreso bruto diario	210
<b>Ingreso bruto mensual</b>	<b>5460</b>

Fuente: Elaboración propia

Obtenemos por lo tanto un ingreso neto mensual de:

$$5\ 460 - 3\ 128 = 2\ 332 \text{ dólares}$$

#### **5.4.7 Periodo de recuperación de la inversión**

Periodo de la recuperación de inversión de la embarcación de pasajeros en meses  
**50 meses.**

## VI. CONCLUSIONES

- Se determino que actualmente no existe un registro actualizado de las embarcaciones de menor escala y que la información recolectada a través de IMARPE, nos muestra que la mayoría de las embarcaciones construidas en base a su eslora, capacidad de bodega, propulsión, entre otros, se encuentran dentro del límite de la embarcación proyectada tipo catamarán.
- La propuesta de diseño se basó en una embarcación tipo catamarán para servicios, para cumplir diferentes funciones, entre las principales como la carga y descarga de productos en la costa peruana y el empleo de esta embarcación para uso recreativo, todo esto basado en cálculos justificativos para saber las dimensiones principales y poder cumplir con las funciones mencionadas, verificando lo obtenido con el programa Maxsurf.
- Para la seguridad y salud ocupacional de las personas a bordo, se tomó en cuenta normativa naval, adaptando los apartados para el tipo de embarcación que se ha proyectado y puntualizando los aspectos más relevantes para una mayor seguridad, siendo mencionados detalladamente.
- La evaluación económica de la propuesta tipo catamarán me permite evaluar el tiempo determinado en cuanto se pueda recuperar la inversión y obtener las ganancias correspondientes, por tanto, al evaluar lo mencionado, se llega a la conclusión de que es óptima su construcción.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda actualizar la data de embarcaciones pesqueras tanto artesanales como industriales para saber en qué condiciones exactas se encuentra el sector pesquero.
- Se recomienda realizar detalladamente los sistemas a bordo de la embarcación, como es el sistema eléctrico, agua, aguas grises, etc.
- Se recomienda implementar un reglamento peruano detallado, en base a la seguridad y salud ocupacional de las personas a bordo.
- Se recomienda hacer un detalle más a fondo de los costos, especificando préstamos de diferentes bancos para el financiamiento y construcción de la embarcación.

## VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] E. Sánchez, «El sector pesquero crece más de 17% durante los primeros 8 meses del 2018,» infoMercado, 29 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://infomercado.pe/el-secto-pesquero-crece-mas-de-17-durante-los-primeros-8-meses-del-2018/>.
- [2] Agencia Peruana de Noticias, «Sector pesca es el más dinámico en los primeros 8 meses del 2018,» Andina, 28 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-sector-pesca-es-mas-dinamico-los-primeros-8-meses-del-2018-730992.aspx>.
- [3] I. Lozano, «El 60% de las embarcaciones son informales en el sector pesca,» La Republica, 5 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://larepublica.pe/economia/1141037-el-60-de-las-embarcaciones-son-informales-en-el-sector-pesca>.
- [4] La República, «El 70% del sector pesquero artesanal nacional es informal,» La República, 25 Enero 2015. [En línea]. Available: <https://larepublica.pe/archivo/850955-el-70-del-sector-pesquero-artesanal-nacional-es-informal>.
- [5] Fondear, S.L., «Monocasco o Catamarán. ¿Sabría decidir?,» Fondear, S.L., [En línea]. Available: [http://www.fondear.org/infonautic/Barco/Los\\_Barcos/Mono\\_Cata/Mono\\_Cata.htm](http://www.fondear.org/infonautic/Barco/Los_Barcos/Mono_Cata/Mono_Cata.htm). [Último acceso: Noviembre 2018].
- [6] Instituto Nacional de Estadística, «I Censo Nacional de la Pesca Artesanal Ámbito Marítimo 2012,» 2012.
- [7] FAO; OMI; OIT, «Directrices para la implantación de la Parte B del Código, las Directrices de aplicación voluntaria y las Recomendaciones de seguridad,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/a-i3662s.pdf>.
- [8] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, «Dirección General del Transporte Acuático,» [En línea]. Available: <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/acuatico/index.html>.
- [9] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, «Decreto Legislativo N° 1413,» 13 Setiembre 2018. [En línea]. Available: <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/acuatico/documentos/normatividad/D.LEG.%201413%20->

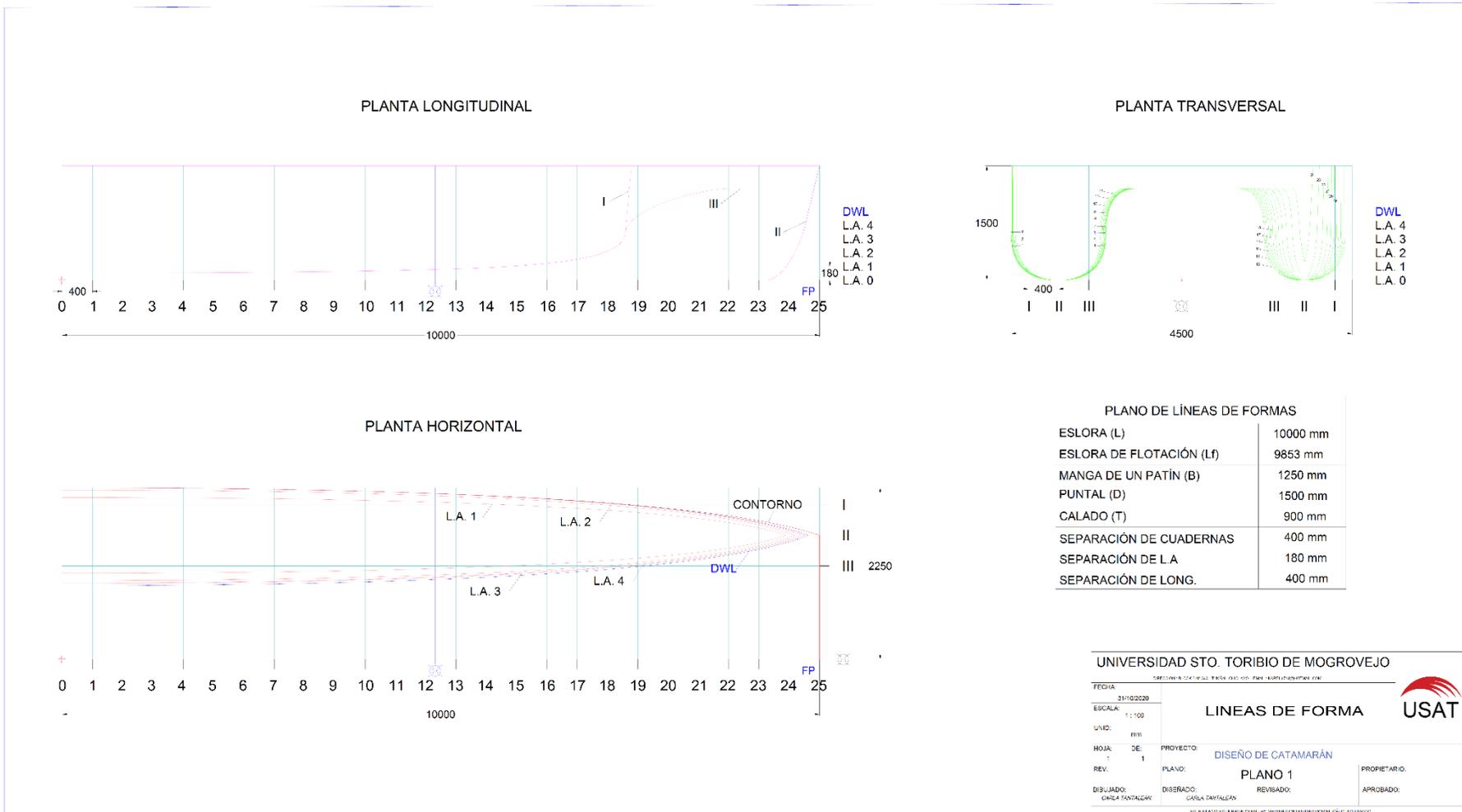
%20Decreto%20Legislativo%20Para%20Promover%20Y%20Facilitar%20el%20Transporte%20Mar%20C3%ADtimo%20en%20Tr%20C3%A1fico%20de.pdf.

- [10] A. Bonilla, «El buque y sus dimensiones,» de *Teoría del Buque*, Cádiz, San José, 1979, pp. 25 - 28.
- [11] C. Cosmidis, «Progetto Generale di un Catamarano innovativo da 87 m e studi della stabilita dinámica,» Trieste, Universidad degli studi di Trieste, 2003, p. 11.
- [12] K. Geurts, «Resistance Prediction of Cruising Motor Catamarans,» ResearchGate, 01 Enero 2009. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Koen\\_Geurts/publication/205117931\\_Resistance\\_Prediction\\_of\\_Cruising\\_Motor\\_Catamarans/links/0edae7471b2192bf1f69c8e0.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Koen_Geurts/publication/205117931_Resistance_Prediction_of_Cruising_Motor_Catamarans/links/0edae7471b2192bf1f69c8e0.pdf).
- [13] FAO; OMI; OIT, «Recomendaciones de seguridad para los buques pesqueros con cubierta de eslora inferior a 12 metros y los buques pesqueros sin cubierta,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/a-i3108s.pdf>.
- [14] The Editors of Encyclopaedia Britannica, «Catamaran,» [En línea]. Available: <https://www.britannica.com/technology/catamaran>.
- [15] R. Velasco, «Catamarán para transporte de pasaje en aguas abrigadas,» [En línea]. Available: [http://oa.upm.es/5706/1/PFC\\_ROQUE\\_VELASCO\\_SOPRANIS.pdf](http://oa.upm.es/5706/1/PFC_ROQUE_VELASCO_SOPRANIS.pdf).
- [16] T. Clements, «Vessel Stability,» Catamaran Concepts, 15 Junio 2009. [En línea]. Available: <https://catamaranconcepts.com/2009/06/15/stability/>.
- [17] J. Olivella, «Curvas hidrostáticas,» de *Teoría del buque: Estabilidad, varada e inundación*, Barcelona, Edicions UPC, 2004, pp. 23 - 25.
- [18] A. Bonilla, «Cálculos de los elementos de la carena,» de *Teoria del Buque*, Cádiz, San José, 1979, pp. 41 - 69.
- [19] A. Bonilla, «Flotabilidad, desplazamiento y coeficientes de afinamiento,» de *Teoría del Buque*, Cádiz, San José, 1979, pp. 71 - 79.
- [20] J. Olivella, «Métodos aproximados para el cálculo de flotabilidad y estabilidad,» de *Teoría del buque: flotabilidad y estabilidad*, Barcelona, Edicions UPC, 2013, pp. 43 - 57.
- [21] H. González, «Introducción a la construcción del buque I,» 1 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://arquitecturabuque.blogspot.com/2011/07/introduccion-la-construccion-del-buque.html>.

- [22] Grupo Monpex, «Aleación Aluminio 5083,» 09 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://monpex.com/wp-content/uploads/GrupoMonpex-AleacionAluminio5083.pdf>.
- [23] ALU-STOCK, «Aluminio para la Construcción Naval,» [En línea]. Available: <https://www.alu-stock.es/multimedia/descargas/18/aluminio-construccion-naval.pdf>.
- [24] Registro Italiano Naval, *Rules for the Classification of Pleasure Yachts - Part B*, Genova, 2011.
- [25] Ministerio de Producción, «Reglamento de la Ley General de Pesca,» 21 Diciembre 1992. [En línea]. Available: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per2920.pdf>.
- [26] Instituto del Mar del Perú, «Informe ISSN 0378-7702,» Lima, 2018.
- [27] A. Lyakhovitsky y V. Dubrovsky, *Multi-hull ships*, Backbone Publishing Company, 2001.
- [28] P. Sahoo, M. Salas y A. Schwetz, «Practical evaluation of resistance of high-speed Catamaran hull forms - Part I,» vol. I, 2007.
- [29] Yamaha, «150AET,» [En línea]. Available: <https://yamaha-motor.com.pe/150aet/>.
- [30] D. Watson, *Practical Ship Design*, ELSEVIER, 1998.
- [31] IMO, «Resolution MSC.267(85),» 4 Diciembre 2008. [En línea]. Available: <https://www.dicapi.mil.pe/sites/default/files/descargas/resoluciones/normativas/2012/rd-1209-2012.pdf>.

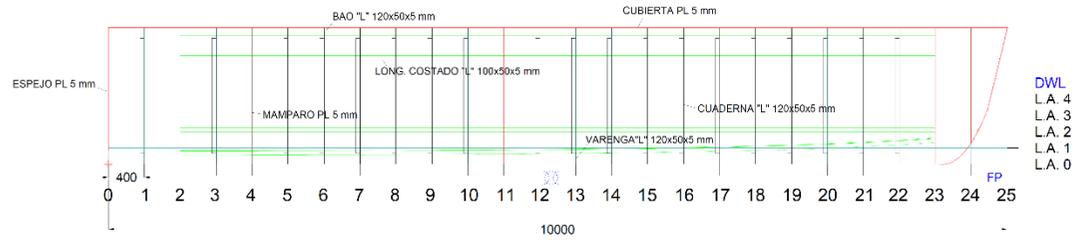
IX. ANEXOS

Anexo N° 01 – Plano de Líneas de Formas

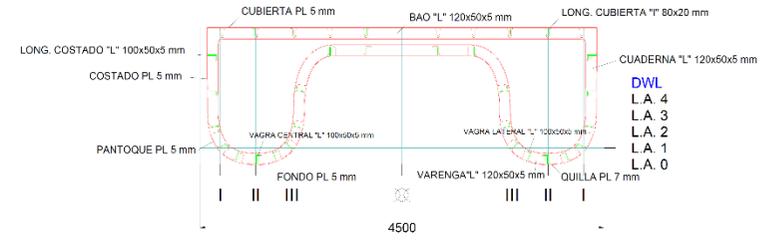


### Anexo N° 02 – Plano de Estructuras

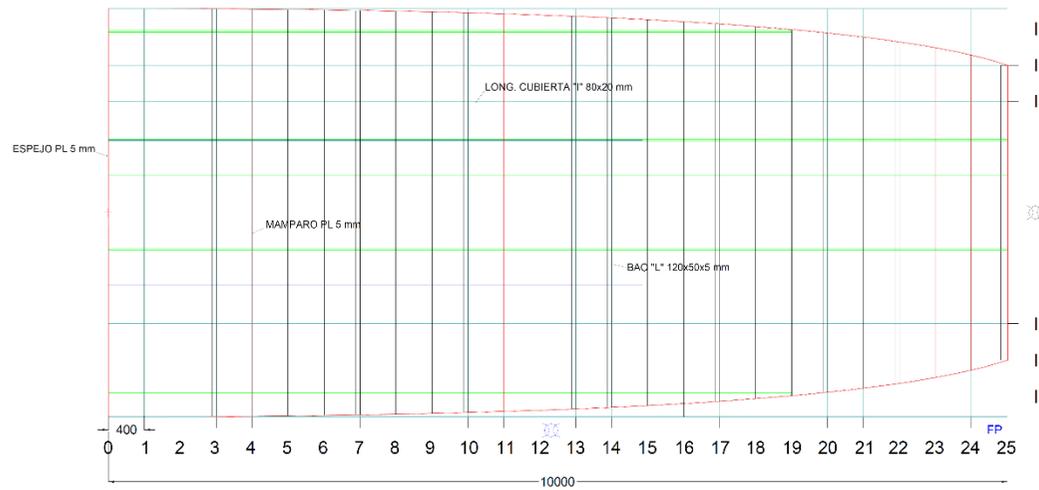
PLANTA LONGITUDINAL



CUADERNA TRANSVERSAL



PLANTA HORIZONTAL



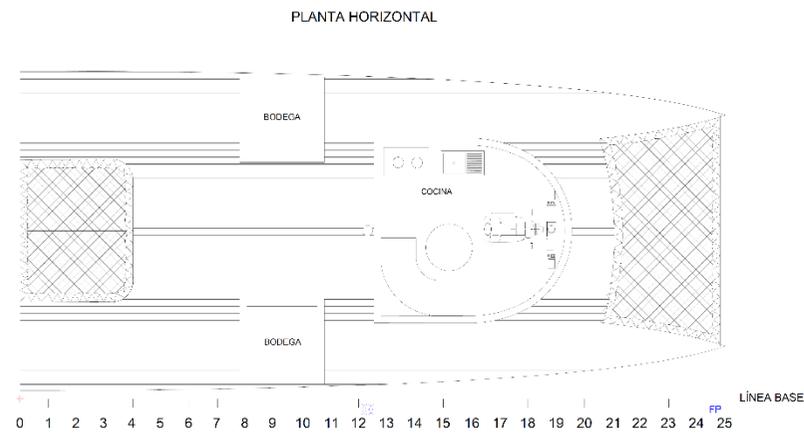
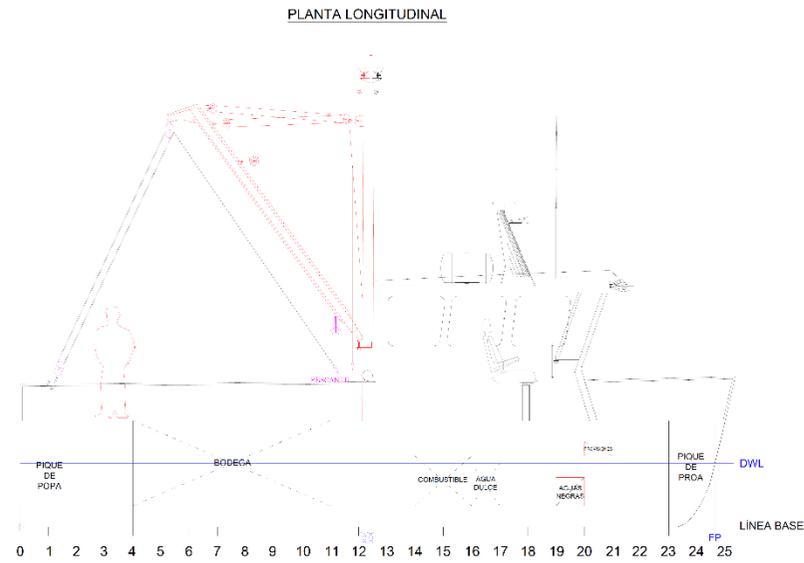
PLANO DE LÍNEAS DE FORMAS

ESLORA (L)	10000 mm
ESLORA DE FLOTACIÓN (Lf)	9853 mm
MANGA DE UN PATÍN (B)	1250 mm
PUNTAL (D)	1500 mm
CALADO (T)	900 mm
SEPARACIÓN DE CUADERNAS	400 mm
SEPARACIÓN DE L.A	180 mm
SEPARACIÓN DE LONG.	400 mm

UNIVERSIDAD STO. TORIBIO DE MOGROVEJO

FECHA: 31/10/2022  
 ESCALA: 1:100  
 UNID: mm  
 HOJA: 1 DE 1  
 REV: 1  
 PROYECTO: DISEÑO DE CATAMARÁN  
 PLANO: PLANO 2  
 PROPRIETARIO:  
 DISEÑADO: SHELIA TANTALEÁN  
 REVISADO:  
 APROBADO:  
 USAT

Anexo N° 03 – Plano de Distribución General



**PLANO DE LÍNEAS DE FORMAS**

ESLORA (L)	10000 mm
ESLORA DE FLOTACIÓN (Lf)	9853 mm
MANGA DE UN PATÍN (B)	1250 mm
PUNTAL (D)	1500 mm
CALADO (T)	900 mm
SEPARACIÓN DE CUADERNAS	400 mm
SEPARACIÓN DE L.A	180 mm
SEPARACIÓN DE LONG.	400 mm

**UNIVERSIDAD STO. TORIBIO DE MOGROVEJO**

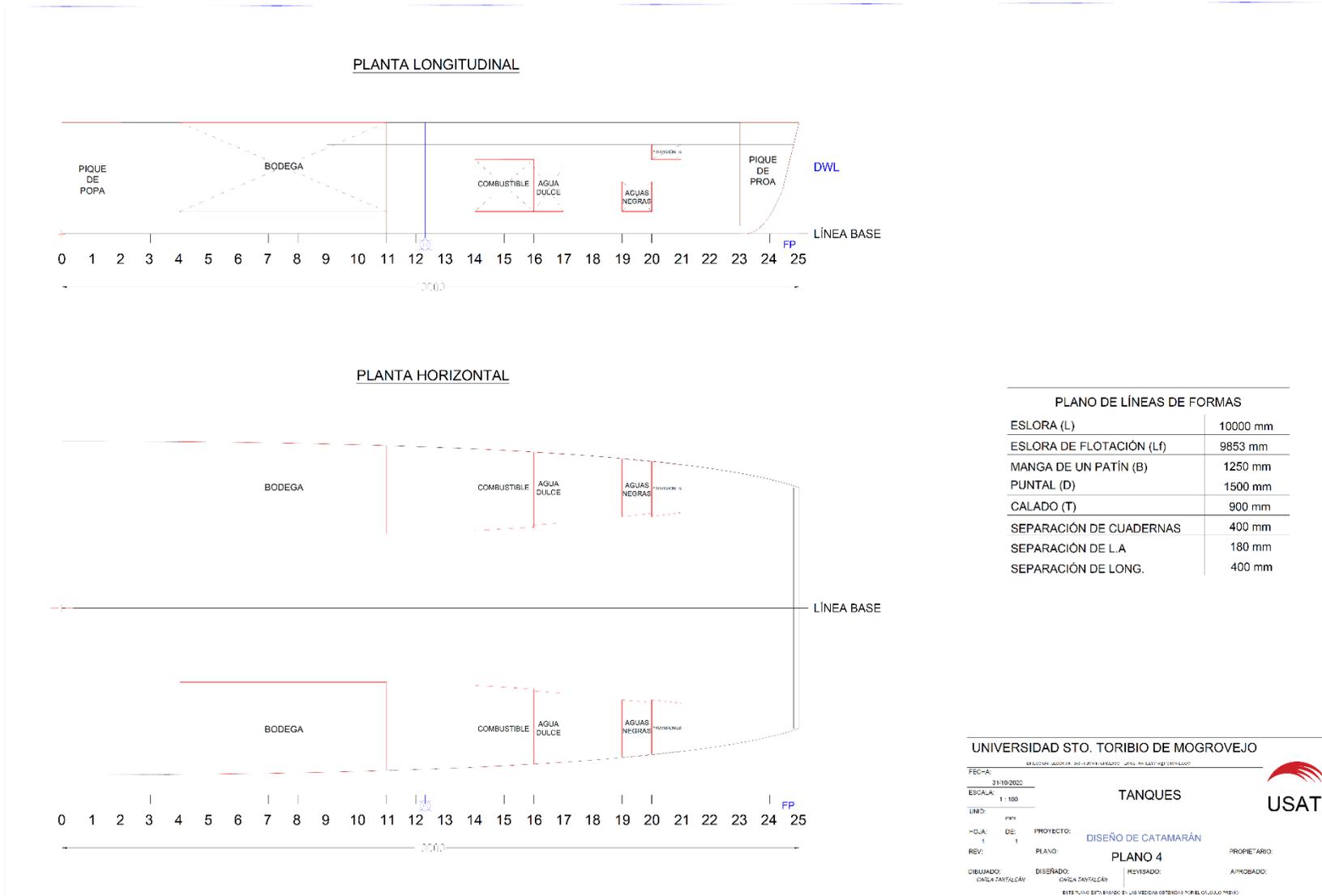
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**DISTRIBUCIÓN GENERAL**

**USAT**

FECHA:	21/05/2023
ESCALA:	1:30
UNID:	mm
PROYECTO:	DISÑO DE CATAMARAN
PLANO:	PLANO 3
PROYECTANTE:	REV. GUICO
PROYECTADO:	PROYECTADO

Anexo N° 04 – Plano de Tanques

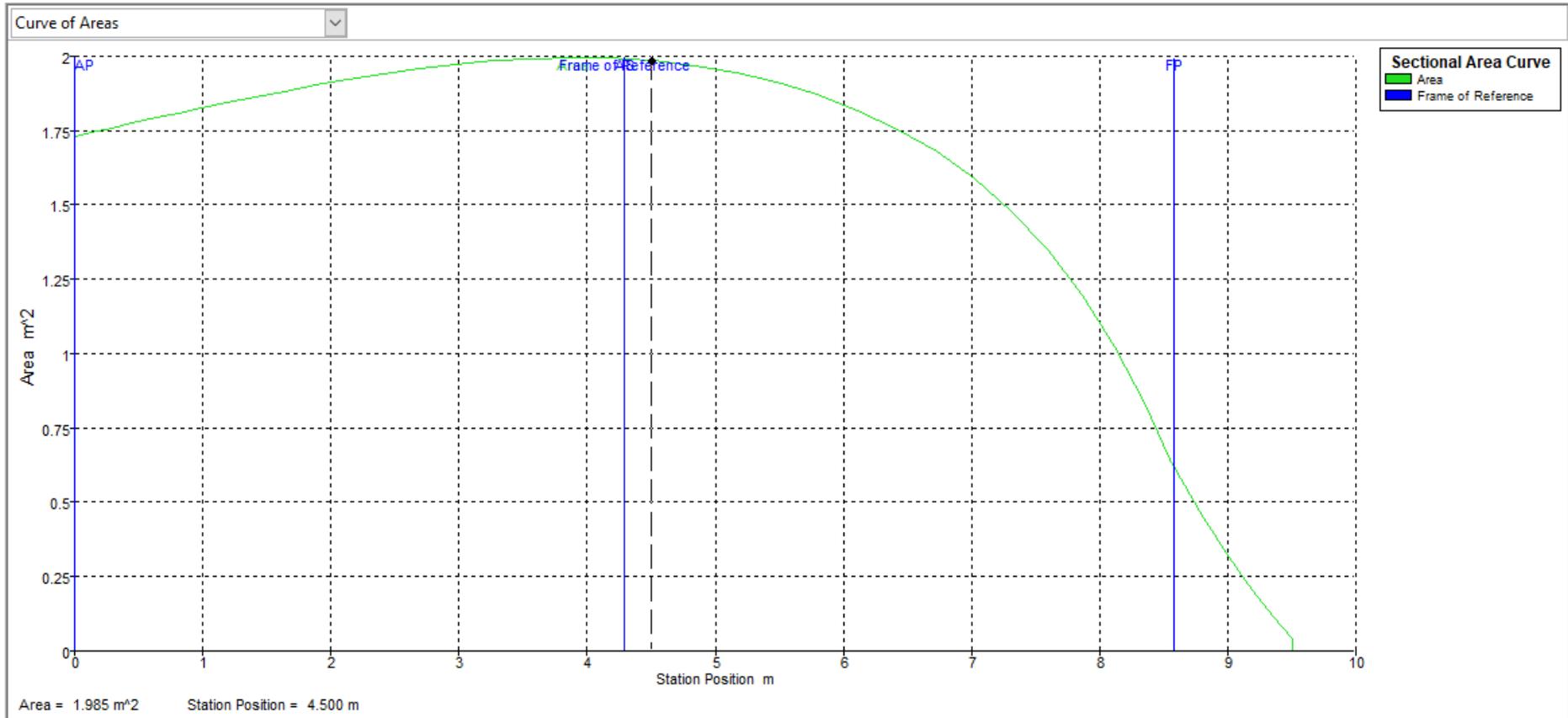


**Anexo N° 05 – Datos de Maxsurf Resistance**

ITEM	VALUE	UNITS	SLENDER BODY
LWL	9.148	m	--
Beam	5	m	--
Draft	1.044	m	--
Displaced volume	20.862	m <sup>3</sup>	--
Wetted área	69.246	m <sup>2</sup>	69.246
Prismatic coeff. (Cp)	0.852		--
Waterpl. área coeff. (Cwp)	0.822		--
1/2 angle of entrance	58.9	deg.	--
LCG from midships(+ve for'd)	-0.134	m	--
Transom área	0	m <sup>2</sup>	--
Transom wl beam	0.256	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional área	2.676	m <sup>2</sup>	--
Bulb transverse área	0.728	m <sup>2</sup>	--
Bulb height from keel	0.475	m	--
Draft at FP	1.044	m	--
Deadrise at 50% LWL	3.3	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Hard chine		--
Frontal Area	0	m <sup>2</sup>	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0.001	tonne/m <sup>3</sup>	
Appendage Area	0	m <sup>2</sup>	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0.0004		0.0004
Kinematic viscosity	1.1883E-06	m <sup>2</sup> /s	
Water Density	1.026	tonne/m <sup>3</sup>	

## Anexo N° 06 – Curva de áreas para las diferentes condiciones de carga

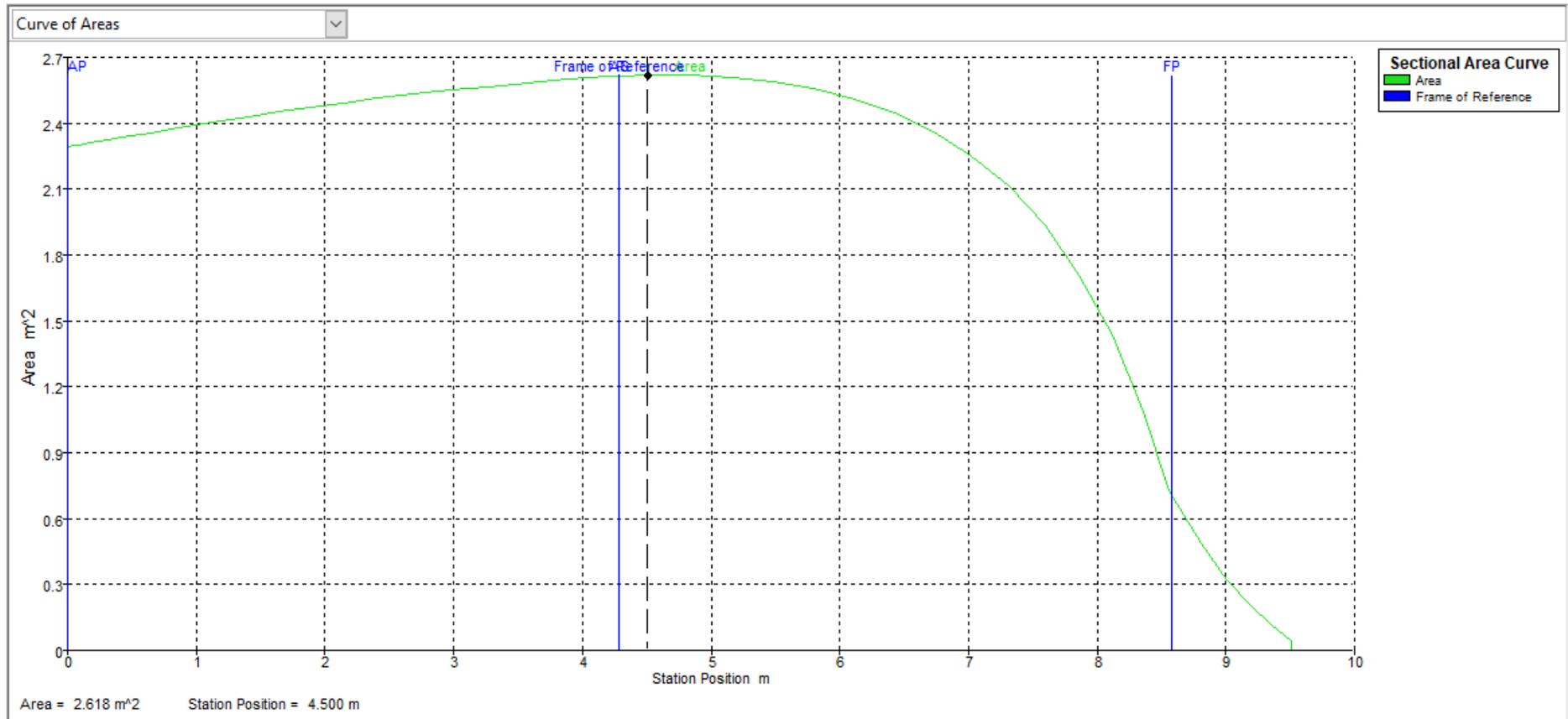
### PRIMERA CONDICIÓN: SALIDA DE PUERTO



Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

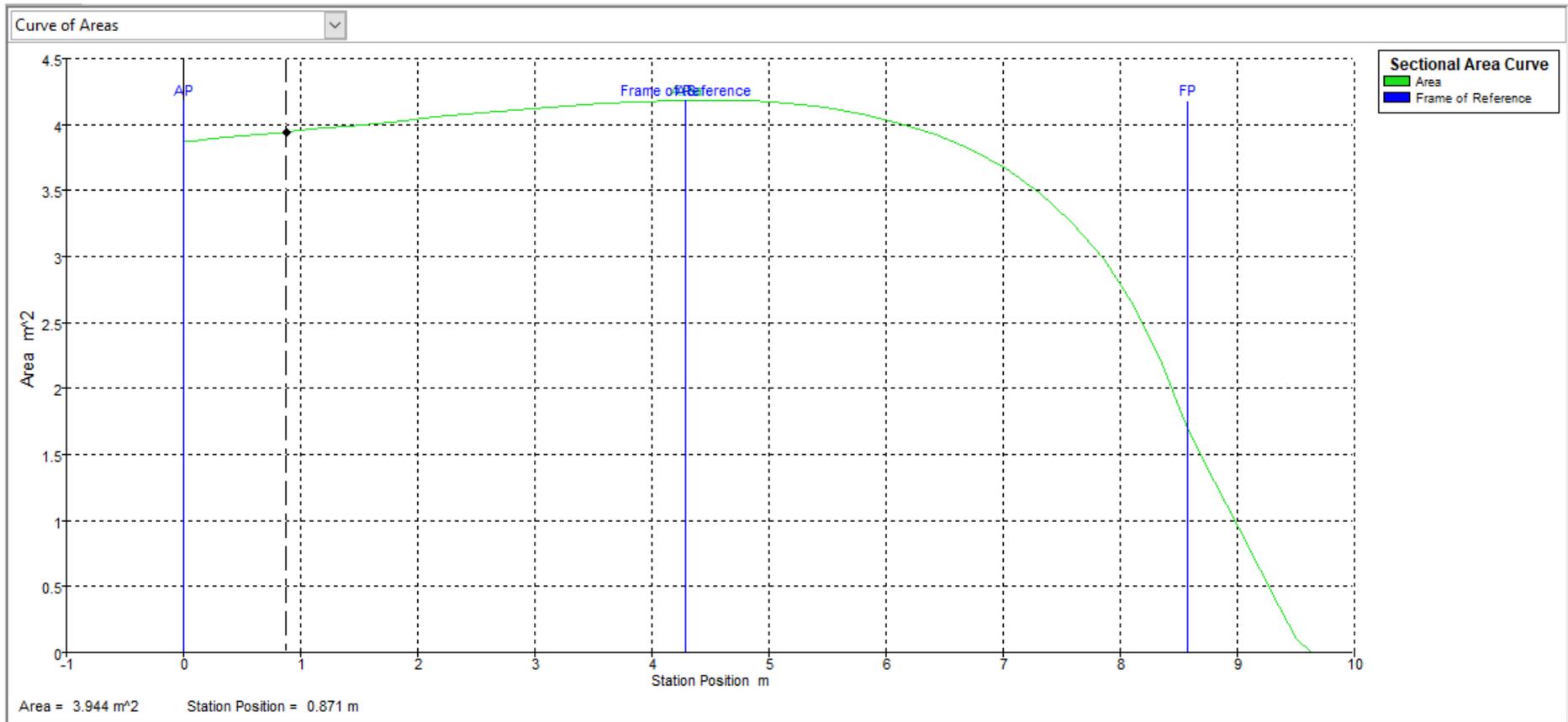
### PRIMERA CONDICIÓN: LLEGADA A PUERTO



Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

### TERCERA CONDICIÓN: FULL CARGA



Fuente: Maxsurf Stability

Datos: Maxsurf Stability

## Anexo N° 07 – Código de estabilidad: Primera condición

CODE	CRITERIA	VALUE	UNITS	ACTUAL	STATUS	MARGIN %
<b>HSC multi. Intact</b>	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30.0	deg			
	angle of max. GZ	25.5	deg	25.5		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30.0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3.1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	3.7137	m.deg	20.9619	Pass	+464.45
<b>HSC multi. Intact</b>	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10.0	deg	25.5	Pass	+154.55
<b>HSC multi. Intact</b>	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp.} \cdot D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass} =$	0				
	passenger mass: $M =$	0.075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1				
	vessel speed: $v =$	0.000	kn			
	turn radius: $R =$	200.000	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.453	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: $P =$	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	0.000	m			
	additional area: $A =$	0.000	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: $H =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0.1, 0.1	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15.0 (15.1), 15.0 (15.1)	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			

	angle of vanishing stability (with heel arm)	86.0, 86.0	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than ( $\geq$ )...				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	7.5727	Pass	+372.11
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	7.5727	Pass	+372.11
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0.000		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0.000		
	Model windage area		m <sup>2</sup>	7.486		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.124		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	7.486		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.124		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0.006		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	7.6592		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	7.6592		
	Area under Hpc + Hw, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	0.0865		
	Area under Ht + Hw, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	0.0865		
<b>HSC multi. Intact</b>	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = $n \text{Pass} M / \text{disp.} D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	0				
	passenger mass: M =	0.075	tonne			
	distance from centre line: D =	0.000	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	0.000	kn			
	turn radius: R =	0.000	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.453	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	0.000	m			
	additional area: A =	0.000	m <sup>2</sup>			
	$H = \text{mean draft} / 2$	0.373	m			

	cosine power: $n =$	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than ( $\leq$ )...				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10.0	deg	0.1	Pass	+99.40
	Intermediate values					
	Model windage area		m <sup>2</sup>	7.486		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.124		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	7.486		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.124		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0.004		
	1.1 Area 0 to 30				Pass	
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	from the greater of					
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30.0	deg			
	angle of max. GZ	25.5	deg	25.5		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30.0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3.1510	m.deg			
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	shall be greater than ( $>$ )	3.7137	m.deg	20.9619	Pass	+464.45
	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	10.0	deg	25.5	Pass	+154.55
	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $n \text{Pass} M / \text{disp.} D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n \text{Pass} =$	0				
	passenger mass: $M =$	0.075	tonne			
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	distance from centre line: $D =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1				
	vessel speed: $v =$	0.000	kn			
	turn radius: $R =$	200.000	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.453	m			

	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	constant: a =	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	0.000	m			
	additional area: A =	0.000	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: H =	0.000	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0.1, 0.1	deg			
	to the lesser of					
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15.0 (15.1), 15.0 (15.1)	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	86.0, 86.0	deg			
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than ( $\geq$ )...				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	7.5727	Pass	+372.11
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	7.5727	Pass	+372.11
	Intermediate values					
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0.000		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0.000		
	Model windage area		m <sup>2</sup>	7.486		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.124		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	7.486		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.124		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0.006		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	7.6592		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	7.6592		

### Anexo N° 08 – Código de estabilidad: Segunda condición

CODE	CRITERIA	VALUE	UNITS	ACTUAL	STATUS	MARGIN %
<b>HSC multi. Intact</b>	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30.0	deg			
	angle of max. GZ	29.1	deg	29.1		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30.0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3.1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	3.2495	m.deg	22.4520	Pass	+590.94
<b>HSC multi. Intact</b>	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10.0	deg	29.1	Pass	+190.91
<b>HSC multi. Intact</b>	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $nPass =$	0				
	passenger mass: $M =$	0.075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1				
	vessel speed: $v =$	0.000	kn			
	turn radius: $R =$	200.000	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.476	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g disp.) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: $P =$	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	0.000	m			
	additional area: $A =$	0.000	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: $H =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0.1, 0.1	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15.0 (15.1), 15.0 (15.1)	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			

	angle of vanishing stability (with heel arm)	87.4, 87.4	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than ( $\geq$ )...				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	6.3588	Pass	+296.43
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	6.3588	Pass	+296.43
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0.000		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0.000		
	Model windage area		m <sup>2</sup>	6.301		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.184		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	6.301		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.184		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0.004		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	6.4231		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	6.4231		
	Area under Hpc + Hw, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	0.0644		
	Area under Ht + Hw, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	0.0644		
<b>HSC multi. Intact</b>	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = $n \text{Pass} M / \text{disp.} D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	0				
	passenger mass: M =	0.075	tonne			
	distance from centre line: D =	0.000	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	0.000	kn			
	turn radius: R =	0.000	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.476	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	0.000	m			
	additional area: A =	0.000	m <sup>2</sup>			
	$H = \text{mean draft} / 2$	0.433	m			

	cosine power: $n =$	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than ( $\leq$ )...				Pass	
	Wind heeling ( $H_w$ )	10.0	deg	0.0	Pass	+99.50
	Intermediate values					
	Model windage area		$m^2$	6.301		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.184		
	Total windage area		$m^2$	6.301		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.184		
	Wind heeling heel arm amplitude ( $H_w$ )		m	0.003		
	1.1 Area 0 to 30				Pass	
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	from the greater of					
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30.0	deg			
	angle of max. GZ	29.1	deg	29.1		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30.0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3.1510	m.deg			
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	shall be greater than ( $>$ )	3.2495	m.deg	22.4520	Pass	+590.94
	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	10.0	deg	29.1	Pass	+190.91
	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass} =$	0				
	passenger mass: $M =$	0.075	tonne			
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	distance from centre line: $D =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1				
	vessel speed: $v =$	0.000	kn			
	turn radius: $R =$	200.000	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.476	m			

	cosine power: $n =$	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	constant: $a =$	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: $P =$	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	0.000	m			
	additional area: $A =$	0.000	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: $H =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0.1, 0.1	deg			
	to the lesser of					
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15.0 (15.1), 15.0 (15.1)	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	87.4, 87.4	deg			
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than ( $\geq$ )...				Pass	
	$H_{pc} + H_w$	1.6040	m.deg	6.3588	Pass	+296.43
	$H_t + H_w$	1.6040	m.deg	6.3588	Pass	+296.43
	Intermediate values					
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	Pass. crowding heel arm amplitude ( $H_{pc}$ )		m	0.000		
	Turning heel arm amplitude ( $H_t$ )		m	0.000		
	Model windage area		m <sup>2</sup>	6.301		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.184		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	6.301		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.184		
	Wind heeling heel arm amplitude ( $H_w$ )		m	0.004		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	6.4231		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	6.4231		

### Anexo N° 09 – Código de estabilidad: Tercera condición

CODE	CRITERIA	VALUE	UNITS	ACTUAL	STATUS	MARGIN %
<b>HSC multi. Intact</b>	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30.0	deg			
	angle of max. GZ	29.1	deg	29.1		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30.0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3.1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	3.2495	m.deg	21.6587	Pass	+566.53
<b>HSC multi. Intact</b>	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10.0	deg	29.1	Pass	+190.91
<b>HSC multi. Intact</b>	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $nPass =$	0				
	passenger mass: $M =$	0.075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1				
	vessel speed: $v =$	0.000	kn			
	turn radius: $R =$	200.000	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.457	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g disp.) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: $P =$	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	0.000	m			
	additional area: $A =$	0.000	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: $H =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0.1, 0.1	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15.0 (15.1), 15.0 (15.1)	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			

	angle of vanishing stability (with heel arm)	88.8, 88.8	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than ( $\geq$ )...				Pass	
	Hpc + Hw	1.6040	m.deg	6.1559	Pass	+283.78
	Ht + Hw	1.6040	m.deg	6.1559	Pass	+283.78
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0.000		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0.000		
	Model windage area		m <sup>2</sup>	5.993		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.199		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	5.993		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.199		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0.004		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	6.2154		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	6.2154		
	Area under Hpc + Hw, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	0.0595		
	Area under Ht + Hw, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	0.0595		
<b>HSC multi. Intact</b>	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = $n \text{Pass} M / \text{disp.} D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	0				
	passenger mass: M =	0.075	tonne			
	distance from centre line: D =	0.000	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	0.000	kn			
	turn radius: R =	0.000	m			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.457	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	0.000	m			
	additional area: A =	0.000	m <sup>2</sup>			
	$H = \text{mean draft} / 2$	0.449	m			

	cosine power: $n =$	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than ( $\leq$ )...				Pass	
	Wind heeling ( $H_w$ )	10.0	deg	0.0	Pass	+99.53
	Intermediate values					
	Model windage area		$m^2$	5.993		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.199		
	Total windage area		$m^2$	5.993		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.199		
	Wind heeling heel arm amplitude ( $H_w$ )		m	0.002		
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30.0	deg			
	angle of max. GZ	29.1	deg	29.1		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	higher heel angle	30.0	deg			
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	required GZ area at higher heel angle	3.1510	m.deg			
	shall be greater than ( $>$ )	3.2495	m.deg	21.6587	Pass	+566.53
	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	10.0	deg	29.1	Pass	+190.91
	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass} =$	0				
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	passenger mass: $M =$	0.075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1				
	vessel speed: $v =$	0.000	kn			
	turn radius: $R =$	200.000	m			

	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.457	m			
	cosine power: $n =$	0				
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: $P =$	56.0	Pa			
	area centroid height (from zero point): $h =$	0.000	m			
	additional area: $A =$	0.000	m <sup>2</sup>			
	height of lateral resistance: $H =$	0.000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	0.1, 0.1	deg			
<b>A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15.0 (15.1), 15.0 (15.1)	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	88.8, 88.8	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than ( $\geq$ ) ...				Pass	
	$H_{pc} + H_w$	1.6040	m.deg	6.1559	Pass	+283.78
	$H_t + H_w$	1.6040	m.deg	6.1559	Pass	+283.78
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude ( $H_{pc}$ )		m	0.000		
	Turning heel arm amplitude ( $H_t$ )		m	0.000		
	Model windage area		m <sup>2</sup>	5.993		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	1.199		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	5.993		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	1.199		
	Wind heeling heel arm amplitude ( $H_w$ )		m	0.004		
	Area under GZ curve, from 0.1 to 15.1 deg.		m.deg	6.2154		

## Anexo N° 10 – Estimación de costos

### Estimación de costos de equipamiento general

Ítem	Cantidad	Unidad	U\$ unitario	Total U\$
Motor	2	u.	15000	30000
Baterías	2	u.	200	400
Bombas	4	u.	815	3260
Generadores	1	u.	920	920
<b>Costo Total</b>				<b>34580</b>

### Estimación de costos de materiales

Ítem	Cantidad	Unidad	U\$ unitario	Total U\$
Aluminio	5.5	toneladas	4500	24750
Soldadura	0.86	toneladas	3980	3423
Esquema antifouling				900
Esquema de pinturas epóxica				1350
Carpintería (materiales)				13000
			Subtotal	43423
			10% margen	4342
			<b>Total</b>	<b>47765</b>

### Estimación de costos de equipamientos de navegación

Ítem	Cantidad	u\$/Unidad	Total U\$
Chalecos Salvavidas para adultos	16	58.3	932.8
Chalecos Salvavidas para niños	2	43	86
Aros Salvavidas	4	36.59	146.36
Balsa salvavidas	1	600	600
Extintor	2	27.7	55.4
Bengalas de mano	4	8.35	33.4
Linternas	2	16.7	33.4
Luces de navegación	6	22.3	133.8
Luces de señalización	4	18.5	74
Alarmas	1	16.52	16.52
<b>Costo Total</b>			<b>2111.68</b>

### Estimación de costos de instrumentos electrónicos

Ítem	Cantidad	u\$/Unidad	Total U\$
Navegador GPS	1	742	742
Radar principal y ecosondas	1	1000	1000
Giro compas	1	150	150
Radio VHF	1	150	150
<b>Costo Total</b>			<b>2042</b>

## Estimación de costos de equipamientos de acomodaciones

Ítem	Cantidad	u\$/Unidad	Total U\$
Asiento de capitán	1	1000	1000
Sillón	2	110	220
WC	1	139	139
Lavabo	1	36	36
LCD 32"	1	194	194
DVD	1	33	33
Minicomponente	1	277	277
<b>Costo Total</b>			<b>1899</b>

## Estimación de costos de construcción

Ítem	Cantidad	N° Horas	u\$/Unidad	Total U\$
Ingeniero	1	960	6.7	6432
soldadores	3	960	6.4	6144
Mecánico - Hidráulico	1	240	5.9	1416
Carpintero	1	480	4.2	2016
Ayudante del carpintero	1	480	3.8	1824
Pintor	1	240	4.0	960
Ayudante del pintor	1	240	3.6	864
Gasfitero	1	56	2.8	156.8
Guardiero	1	960	2.1	2016
Sub Total				21828.8
10 % de error por fecha de termino				2182.88
<b>Costo total</b>				<b>24011.68</b>

## Cuadro de resumen de estimación de costos

Ítem	Valor total U\$
Costo de materiales	47765
Costo de equipamiento general	34580
Costo de equipamiento de acomodaciones	1899
Costo de equipos de navegación	2112
Costo de instrumentos electrónicos	2042
Costo de construcción	24012
Costo de equipos varios	514
<b>Costo total</b>	<b>112923</b>

**Capital de trabajo por mes****Combustible y lubricante**

Cantidad de viajes por día	=	3	
Duración de viajes (hr)	=	0.5	hr
Total de hr en un día	=	1.5	hr
Consumo de combustible	=	31.9	lt/h
N° Días al mes	=	26	días
Precio Combustible por litro	=	0.799	Dólares
Cantidad de motores	=	2	
Costo de servicio	=	70	Dólares

**Combustible:**

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo} \left( \frac{\text{Lt}}{\text{h}} \right) * \left( \frac{\text{h}}{\text{d}} \right) * \left( \frac{\text{d}}{\text{m}} \right) * \left( \frac{\text{Precio}}{\text{Lt}} \right)$$

Costo mensual	=	994.0359	Dólares	(cada motor)
Costo mensual	=	1988.0718	Dólares	

**Lubricante:** 1% del costo mensual

19.880718

Costo total :

**2008 Dólares**

**Gasto del personal**

Cargo	Sueldo (dólares)
Capitán	1120
<b>Suma</b>	<b>1120</b>

**Mantenimiento (chequeo de equipos y limpieza)**

**140 dólares**

**Gastos administrativos y ventas**

Gastos administrativos	
Ítem	Valor total U\$
Contador	180
Secretaria	230
Útiles de escritorio	80

Arriendo local		250
Luz, internet		160
<b>Total</b>		<b>900</b>

<b>Total del capital de trabajo</b>	=	4168	
<b>Costo de catamarán</b>	=	112923	
<b>Total de la inversión</b>	=	<b>117091</b>	dólares

<b>Retorno de inversión</b>
-----------------------------

<b>Inversión mensual</b>	<b>Precio (dólares)</b>
Combust./Lubri.	2008
Personal	1120
<b>Suma</b>	<b>3128</b>

<b>Ingreso bruto</b>
----------------------

Viajes diarios	=	3	
Costo por viaje	=	70	Dólares
Ingreso bruto diario	=	210	
Ingreso bruto mensual	=	<b>5460</b>	

<b>Ingreso neto mensual</b>	=	<b>2332</b>	Dólares
-----------------------------	---	-------------	---------

<b>Periodo de recuperación</b>
--------------------------------

<b>50</b>	meses
-----------	-------