



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**“DISEÑO DE UN YATE DE 36 PASAJEROS PARA LAS ISLAS
GALÁPAGOS”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

JORGE ISAAC MENDOZA MARCHÁN

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mis padres, Siria y Clímaco Mendoza, y a mi hermano José por sus esfuerzos continuos y el apoyo económico brindado en tiempos difíciles. También dedico este logro a mi esposa amada, Gina Ayala, quien me ha acompañado durante estos últimos años, siendo mi soporte y motivación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Dios por darme la vida, por su amor incondicional y por permitirme terminar esta etapa con bendición. A los profesores de la facultad de ingeniería marítima, en especial al PhD. José Marín y a mi tutor Ing. Hugo Jama por impartir sus conocimientos ingenieriles en toda mi carrera estudiantil, dándome paso a la etapa profesional.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jorge Isaac Mendoza Marchán* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Jorge Isaac Mendoza Marchán

EVALUADORES

.....
Nombre del Profesor

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Nombre del Profesor

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño de un yate con capacidad para 36 pasajeros para las Islas Galápagos. El proyecto surge de la necesidad de una embarcación nueva de una empresa de turismo que opera en la zona, debido a que la mayoría de la flota sobrepasan los 25 años de vital útil. El nuevo diseño beneficia a la empresa por la satisfacción de los servicios que pueda brindar a los turistas a bordo, la protección del medio marino porque cumple las normas de MARPOL y a la población local porque aumentará el flujo económico.

El desarrollo del proyecto se basó en la espiral del diseño identificando grupos tecnológicos. Para obtener el diseño definitivo se realizaron tres vueltas a la espiral; conceptual, preliminar y detalle. El diseño conceptual describe los requerimientos del armador y las regresiones lineales en las que se obtuvieron las primeras dimensiones del barco. En el diseño preliminar se desarrollaron todos los grupos tecnológicos del yate usando la clase ABS. En el diseño de detalle se realizaron mejoras sugeridas por parte del armador, un experto y el tutor.

Finalmente, del diseño definitivo se obtuvo un yate de eslora de 42.8 metros que alcanza una velocidad de crucero de 12 nudos. Las formas del casco son finas en proa y anchas en sección media, llegando a popa con una ligera reducción. La construcción del casco es en acero y la superestructura de aluminio. Además, cuenta con áreas de recreación como: Restaurante, boutique, bar, salón, jacuzzi, biblioteca, gimnasio y solarium. Las especificaciones técnicas obtenidas satisfacen los requerimientos del armador y la clase.

Palabras Clave: Yate, Clasificadora, Espiral de diseño, Islas Galápagos.

ABSTRACT

The present work describes the design of a 36 passengers yacht for the Galapagos Islands. The project arises from the need for a new vessel from a tourism company that operates in the area, because the majority of the fleet exceeds 25 years of useful life. The new design benefits the company by satisfying the services it can offer to tourists on board, the protection of the marine environment because it complies with MARPOL standards and the local population because it will increase the economic flow.

The development of the project was based on the design spiral identifying technological groups. To obtain the final design three turns were made to the spiral; conceptual, preliminary and detail. The conceptual design describes the owner's requirements and the linear regressions in which the first dimensions of the ship were obtained. In the preliminary design all the technological groups of the yacht were developed using the ABS class. In the detailed design, suggested improvements were made by the owner, an expert and the tutor.

Finally, a yacht of 42.8 meters in length that reaches a cruising speed of 12 knots was obtained from the definitive design. The hull forms are thin in the bow and wide in mid-section, reaching aft with a slight reduction. The construction of the hull is made of steel and the aluminum superstructure. In addition, it has recreational areas such as: Restaurant, boutique, bar, lounge, Jacuzzi, library, gym and solarium. The technical specifications obtained satisfy the requirements of the owner and the class.

Keywords: Yacht, Class, Design Spiral, Galapagos Islands.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE PLANOS	X
CAPÍTULO 1	11
1. Introducción	11
1.1 Descripción del problema	11
1.2 Justificación del problema.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 Marco teórico	12
1.4.1 Concepto del buque proyecto	12
1.4.2 Tecnología de grupo	13
1.4.3 Espiral de diseño.....	14
1.4.4 Entidades marítimas y sus regulaciones	15
CAPÍTULO 2.....	17
2. Metodología	17
2.1 Diseño conceptual	17
2.2 Diseño preliminar.....	19

2.2.1	Líneas de formas.....	19
2.2.2	Distribución General.....	20
2.2.3	Arreglo Estructural.....	21
2.2.4	Resistencia y Propulsión	21
2.2.5	Estabilidad.....	22
2.2.6	Sistemas Auxiliares	23
2.2.7	Planta eléctrica.....	24
2.3	Etapa complementaria del diseño.....	25
2.3.1	Amarre y Fondeo.....	25
2.3.2	Maniobrabilidad	26
2.4	Mejoras e implicaciones.....	28
2.4.1	Mejoras requeridas por parte del armador	28
2.4.2	Mejoras requeridas por parte de un experto	29
2.4.3	Mejoras requeridas por parte del tutor	29
2.4.4	Implicaciones de los cambios implementados	30
CAPÍTULO 3.....		31
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	31
3.1	Diseño preliminar	31
3.2	Etapa complementaria del diseño.....	33
3.2.1	Amarre y fondeo.....	33
3.2.1	Maniobrabilidad	35
3.3	Mejoras e implicaciones.....	37
3.3.1	Mejoras requeridas por parte del armador	37
3.3.2	Mejoras requeridas por parte de un experto	39
3.3.3	Mejoras requeridas por parte del tutor	44
3.3.4	Implicaciones de los cambios implementados	45

3.4 Costo del proyecto	46
CAPÍTULO 4	48
4. Conclusiones Y Recomendaciones.....	48
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
APÉNDICES	51
APÉNDICE A	52
AMARRE Y FONDEO.....	52
APÉNDICE B	62
MANIOBRABILIDAD.....	62
APÉNDICE C	72
Escantillado de superestructura en aluminio	72
APÉNDICE D	74
ESTABILIDAD	74
APÉNDICE E	78
Presupuesto.....	78

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ABS	American Bureau Shipping
MARPOL	Marine Pollution
DNV	Det Norske Verita
TRB	Tonelaje de Registro Bruto
OMI	Organización Marítima Internacional
IACS	International Association of Classification Societies
SOLAS	Safety of Life at Sea
DIRNEA	Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos
EHP	Effective Horsepower
SHP	Shaft Horsepower
BHP	Brake Horsepower
ASTM	American Society of Testing Materials
LCF	Longitudinal Center of Flotation
LCG	Longitudinal Center of Gravity
KG	Centre of Gravity
GMT	Metacentric height transversal

SIMBOLOGÍA

m	Metro
mm	Milímetro
Knots	Nudos
Kg	Kilogramo
N	Newton
KN	Kilo newton
Rpm	Revoluciones por minuto
HP	Horse Power
BTU	British Thermal Unit
KW	Kilovatios
H	Hora
Loa	Eslora total en metros
L	97% de Loa
B	Manga en metros
D	Puntal en metros
T	Calado en metros
Pax	Pasajeros
Trip	Tripulantes
Lf	Eslora de flotación en metros
Lpp	Eslora entre perpendiculares en metros
Np	Eficiencia cuasi propulsiva
Q	Caudal
P	Potencia en Hp
d	Diámetros
CP	Centro de presión

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Crucero pequeño [1]	13
Figura 1.2 Espiral de diseño [2]	15
Figura 2.1 Regresión lineal para determinar la eslora.	18
Figura 2.2 Regresión lineal para determinar la manga.	18
Figura 2.3 Regresión lineal para determinar el calado.....	19
Figura 2.4 Proa tipo cuchara.....	20
Figura 2.5 Popa tipo abierta.....	20
Figura 2.6 Capacidad de giro [14].....	27
Figura 2.7 Consumo de BTU/H por m ²	28
Figura 3.1 Maqueta preliminar del yate.....	31
Figura 3.2. Yate, Royal Evolution [16].....	31
Figura 3.3 Maqueta final del yate.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Requerimientos y restricciones del armador	17
Tabla 2.2 Características de equipos de amarre y fondeo [13].....	25
Tabla 2.3. Balanceamiento del plano diametral	26
Tabla 2.4 Alcance de BTU en un rango de áreas	28
Tabla 2.5 Características del acero y aluminio	29
Tabla 3.1 Características principales del buque proyecto.....	32
Tabla 3.2 Características principales del Royal Evolution [16]	32
Tabla 3.3 Tabla de pesos de los accesorios de amarre y fondeo	33
Tabla 3.4 Calificación de criterios de maniobrabilidad	37
Tabla 3.5 Selección de la planta de aire acondicionado	38
Tabla 3.6 Equipo para aguas negras	38
Tabla 3.7 Desalinizadora	38
Tabla 3.8 Generadores anteriores	39
Tabla 3.9 Generadores actuales.....	39
Tabla 3.10 Comparación de la superestructura de acero y aluminio	44
Tabla 3.11 Comparación de estabilidad.....	45
Tabla 3.12 Presupuesto Escenario 1	47
Tabla 3.13 Presupuesto Escenario 2	47

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 3.1 Plano de amarre y fondeo.....	34
Plano 3.2. Diseño del timón (cotas en metros)	35
Plano 3.3 Plano diametral (cotas en metros)	36
Plano 3.4. Perfil anterior	40
Plano 3.5 Perfil actual	40
Plano 3.6 Cubierta Principal anterior	41
Plano 3.7 Cubierta Principal actual	41
Plano 3.8 Cubierta superior anterior	42
Plano 3.9 Cubierta superior actual.....	42
Plano 3.10 Cubierta de soleo anterior.....	43
Plano 3.11 Cubierta de soleo actual	43
Plano 3.12 Detalle de soldadura, unión cubierta principal y superestructura.....	45

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Las flotas de las empresas de turismo deben cumplir con regulaciones que prevengan la contaminación de la flora y fauna. Una de las empresas que operan en éstas islas cuenta con su propia flota de yates de primera clase con una capacidad de 20 a 90 pasajeros, proporcionando confort durante el tour. Sin embargo, algunas de estas embarcaciones ya sobrepasan los 25 años de vida útil que las sociedades de clasificación estipulan. Lo antes dicho provoca que la empresa se vea obligada a realizar remodelaciones a sus embarcaciones, para extender el tiempo de vida útil provocando un aumento al riesgo de zozobra.

1.2 Justificación del problema

Se desea renovar la flota de la empresa de turismo, presentando un diseño de una nueva embarcación con capacidad para 36 pasajeros optimizando los espacios de cubierta, ofreciendo así cabinas más grandes y lugares de recreación tales como: Restaurante, boutique, bar, salón, jacuzzi, biblioteca, gimnasio y solarío. Con esto se mejora la calidad del servicio asegurando clientes futuros.

El diseño de la nave cumplirá con los requerimientos de American Bureau Shipping (ABS), Marine Pollution (MARPOL) y la Autoridad Marítima Nacional, Con ello, se reducirán los riesgos de zozobra y se conservará el medio marino en las islas Galápagos.

Por medio de la realización de este diseño se ven beneficiados la empresa, el medio ambiente y la población del sitio. La empresa porque se mantendrá en la vanguardia en tecnología y eficiencia de servicio. El medio ambiente, ya que se protege a las especies marinas de la contaminación que generan las naves antiguas. Y la población del sitio, ya que aumentará el flujo económico del mercado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un yate cumpliendo los requerimientos del armador y la clase, para la renovación de la flota de una empresa de turismo en las Islas Galápagos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diseño preliminar de la embarcación que satisfaga los requerimientos del armador y los requerimientos de la sociedad ABS.
- Elaborar la etapa complementaria del diseño para alcanzar el nivel de detalles.
- Desarrollar mejoras en el diseño que permita preparar el presupuesto de acuerdo a los costos del mercado.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Concepto del buque proyecto

Los buques de pasaje se utilizan principalmente para transportar pasajeros. Según la sociedad de clasificación Det Norske Verita (DNV), los buques de pasajeros también se subdividen en categorías amplias en función de su utilización y tamaño.

- Buques de pasajeros que se utilizan solo para el tránsito de viajeros
- Los buques que además de los viajeros en tránsito también se utilizan para el tránsito de vehículos de un destino a otro.
- Buques de pasajeros que también transportan carga

De acuerdo a éstas especificaciones se presentan los siguientes tipos de buques de pasaje:

- Ferry
- Transatlánticos
- Yates
- Cruceros

Este proyecto se concentra en el buque tipo crucero.

Cruceros

Son el tipo de buques mercantes que se utilizan para el tránsito de pasajeros para viajes recreativos. Tienen instalaciones de restaurantes, bares, casinos, teatros, salones de

baile, discotecas, piscinas, gimnasios y tiendas que los convierten en un complejo flotante completo. Dependiendo de su Tonelaje de Registro Bruto (TRB), se clasifican en:

- Grandes cruceros
- Pequeños cruceros

La diferencia entre ambos consiste en que los grandes cruceros transportan mayor cantidad de pasajeros y viajan distancias más grandes debido a su autonomía, mientras que los pequeños cruceros tienen limitados sus espacios para los turistas. Este último es el recomendado para las Islas Galápagos, ya que la zona restringe el ingreso de los turistas, es decir permite un máximo de 100 pasajeros por barco. Además, no hay infraestructura de puertos y muelles que puedan atender a los cruceros grandes. Para una mejor comprensión del concepto del diseño se ha considerado el ejemplo de la Figura 1.1:



Figura 1.1 Crucero pequeño [1]

1.4.2 Tecnología de grupo

La tecnología de grupo se la puede definir como la disposición y secuencias locales de todas las facetas (grupo tecnológicos) de la operación de la empresa para llevar los beneficios de la producción en masa a una gran variedad. Este método ayuda a mejorar la productividad en la industria del diseño y construcción naval. Esta técnica fue implementada primero por Armada de los Estados Unidos y posteriormente fue adoptada por los demás países del mundo.

Todos los grupos de clasificación se definen mediante un código numérico de tres dígitos según el sistema funcional. Hay diez grupos principales, el último se utiliza

principalmente para la estimación de costos e informes de progreso. Los diez grupos principales son:

- 000. Ingeniería
- 100. Estructura del casco y superestructura
- 200. Planta de propulsión.
- 300. Planta eléctrica
- 400. Mando y Vigilancia.
- 500. Sistemas auxiliares
- 600. Equipamiento y Habitabilidad
- 700. Armamento
- 800. Integración
- 900. Maniobra logística

Para el diseño del buque proyecto se usará los grupos tecnológicos anteriores, excepto el grupo 700, ya que corresponde a buques militares.

1.4.3 Espiral de diseño

Para ser más eficiente en el diseño del yate se utiliza la espiral de diseño. Este método consiste en la realización de los grupos tecnológicos de la nave en tres etapas. En la primera etapa estos grupos son diseñados de forma conceptual (equivalente a la primera vuelta). En la segunda etapa se obtiene el diseño preliminar de la nave (equivalente a la segunda vuelta). En la tercera etapa se obtiene el diseño en detalle y definitivo de la embarcación (equivalente a la tercera vuelta). Estas fases controlan y mejoran el diseño obteniendo así producto final con calidad. En la Figura 1.2 se muestra lo explicado.

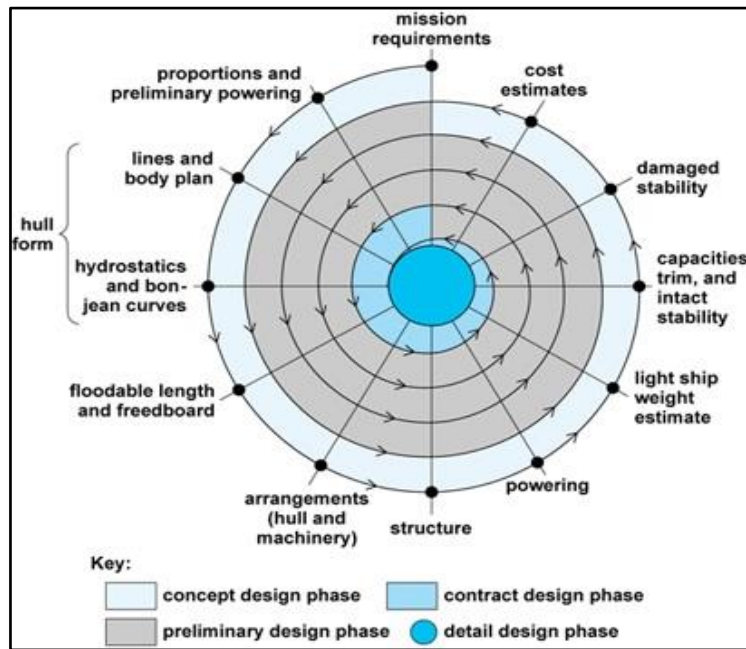


Figura 1.2 Espiral de diseño [2]

1.4.4 Entidades marítimas y sus regulaciones

Es importante citar las entidades marítimas más importantes con sus regulaciones que intervienen en el diseño del buque proyecto.

1.4.4.1 Organización Marítima Internacional (OMI)

La Organización Marítima Internacional es una asociación de las Naciones Unidas que suscita la contribución entre gobiernos y la industria de transporte para prevenir la contaminación marina y mejorar la seguridad marítima. Existen algunos convenios de esta organización que se usan en este proyecto como:

- Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS)
- Convenio internacional sobre líneas de carga
- Convenio MARPOL (Contaminación del mar).
- Código de estabilidad intacta

1.4.4.2 International Association of Classification Societies (IACS)

Es una organización que establece estándares técnicos mínimos y requisitos que abordan la seguridad marítima y la protección del medio ambiente y garantiza su aplicación coherente. Es el principal asesor de la OMI. Dedicado a buques seguros y

mares limpios, IACS hace una contribución única a la seguridad y regulación marítimas a través de soporte técnico, verificación de cumplimiento e investigación y desarrollo.

Más del 90% del tonelaje de transporte de carga del mundo está cubierto por las normas y los estándares de diseño, construcción y cumplimiento de la vida útil establecidos por las doce Sociedades Miembro de la IACS. De las doce sociedades se toma ABS como sociedad de clasificación en el diseño del buque proyecto.

1.4.4.3 Autoridad Marítima Nacional

Es un ente regulador y sancionador de delitos y contravenciones en el mar. Gestiona la seguridad de los espacios acuáticos, protege de la vida humana en el mar y salvaguarda el ambiente marino costero.

Las instituciones que comprenden la autoridad marítima nacional son:

Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos (Dirnea), Capitanía de Puerto, Aduana y Subsecretaría de Transporte y Puertos Marítimo y Fluvial.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño conceptual

El diseño del yate comenzó a partir de la entrevista con el armador, Director del Departamento de Operaciones en el MAR, representante de la empresa de turismo. Esta primera entrevista se la realizó vía telefónica, donde se dio a conocer la problemática de la empresa que desemboca en la necesidad de una embarcación nueva. Posteriormente, vía email se establecieron los requerimientos y restricciones de diseño del yate por parte del armador. Estos se plasman en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Requerimientos y restricciones del armador

Nº	Aspectos	Descripción	
1	Dimensiones y capacidades aproximadas	Eslora moldeada	45.00[m] ±5%
		Manga moldeada	8.50[m] ±5%
		Puntal moldeado	4.1[m]±5%
		Velocidad crucero	12[Knots] ±5%
		Autonomía	20 días
		Pasajeros	36
		Tripulantes	11
		Guías	3
2	Acomodación y servicios por cubierta	Motores	2, CAT 3406 o similar (Escape húmedo)
		Cubierta inferior	Cabinas 14 a 18 [m ²]
		Cubierta principal	Restaurante, Boutique, Bar, Salón, Biblioteca, Gimnasio, jacuzzi y Área de embarque
		Cubierta superior	Cabinas 14 a 18 [m ²]
3	Sociedad de Clasificación	Cubierta de soleo	Barbacoa al aire libre
		Clasificación IACS: American Bureau of Shipping (ABS)	

En la tabla anterior, se muestra las características principales de la embarcación en diseño y operación, y los servicios a prestar durante la navegación, es decir el arreglo

general de la nave. Con estos parámetros se realizó una base de datos de barcos con características similares al proyecto demandado (véase cuadernillo1 de [3]). Posteriormente por medio de regresiones lineales se obtuvieron las dimensiones principales del yate como: eslora (Figura 2.1), manga (Figura 2.2) y calado (Figura 2.3).

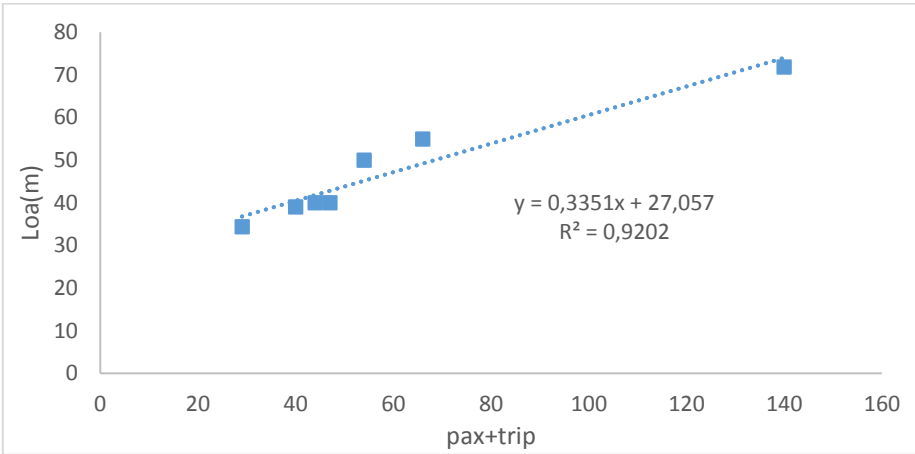


Figura 2.1 Regresión lineal para determinar la eslora.

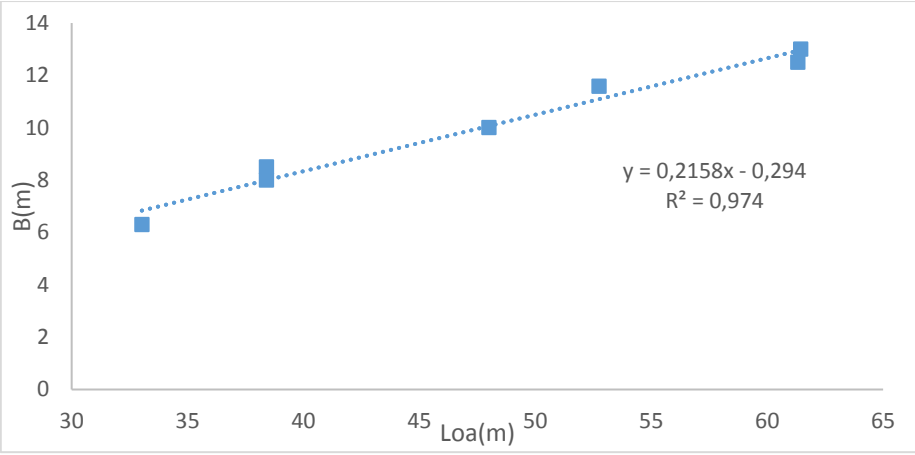


Figura 2.2 Regresión lineal para determinar la manga.

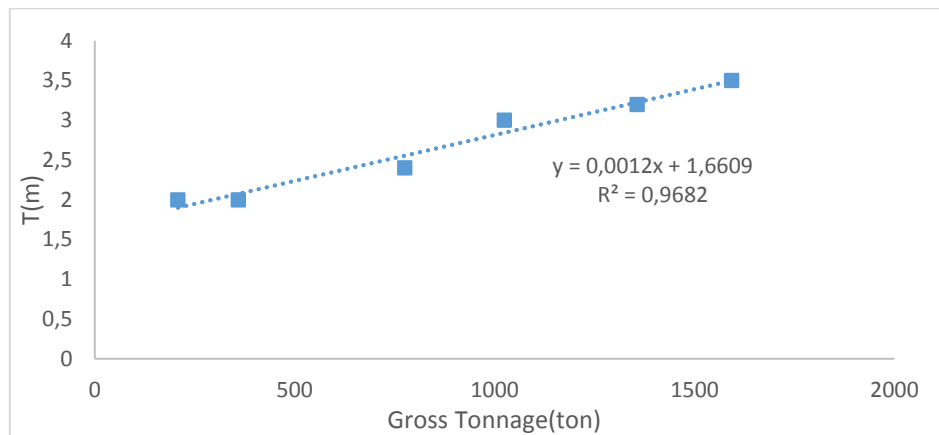


Figura 2.3 Regresión lineal para determinar el calado

Dado el requerimiento de diseño por parte del armador del número de pasajeros y tripulantes se calculó la eslora del buque. Con la longitud del buque se calculó la manga de la nave y con el Gross Tonnage se obtuvo el calado. Esos valores se obtuvieron con la ayuda de las ecuaciones de aparecieron por las regresiones lineales de las figuras anteriores. Los demás parámetros y coeficientes hidrostáticos de la nave se estimaron por medio de formulaciones semiempíricas de Alvariño [4] y Ship Design and Construcción de SNAME [5].

2.2 Diseño preliminar

2.2.1 Líneas de formas

Con las características principales y los coeficientes hidrostáticos del yate se procedió a darle forma en tres dimensiones por medio de un software de ingeniería naval. En base a experiencias de yates construidos se tomó la proa, tipo cuchara y fina para que pueda con facilidad romper las olas (Figura 2.4). En la sección media es un poco gordo para obtener espacios más grandes en cabinas y áreas comunes. En la popa se optó por usar de tipo abierta (Figura 2.5). Una vez obtenido el modelo en 3 dimensiones con la ayuda del mismo software se obtuvieron las líneas de formas (véase cuadernillo 2 de [3]).

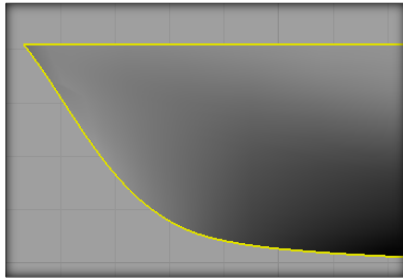


Figura 2.4 Proa tipo cuchara

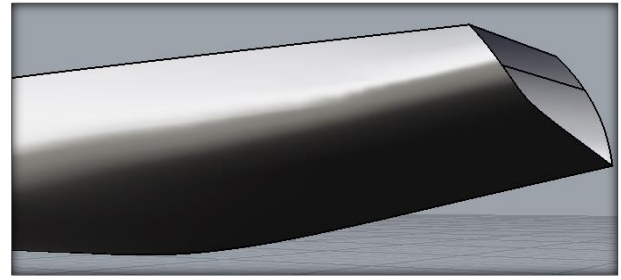


Figura 2.5 Popa tipo abierta

2.2.2 Distribución General

Para obtener una óptima distribución de espacios dentro del barco se siguieron los siguientes pasos:

Como primer punto, se calculó la cantidad de spam, para hacer el rayado estructural o en términos más simples, la subdivisión que va a tener un cuadrículado sobre el perfil del casco en el plano. Para esto se tomó la fórmula dada por ABS [6]:

$$s = 2.08L + 438 \text{ mm} \quad (2.1)$$

Como segundo punto, se establecieron la cantidad y la ubicación de los mamparos. Según ABS el número mínimo recomendado de mamparos es 3, para un yate de eslora menor a 65 metros. La ubicación de los mamparos se basó en las siguientes recomendaciones dadas por la clase:

- Los mamparos de colisión de proa y de popa están en siguiente rango.

$$0.05Lf < \text{Colisión de proa y popa} < 3 + 0.05 * Lf \quad (2.2)$$

- Los mamparos de sala de máquinas tienen un espaciamiento como mínimo el 14.5% de LPP.
- Los mamparos de división de camarotes tienen una separación considerable de 3.78 metros para alcanzar el mayor espacio posible en las habitaciones.

Como tercer punto, se estableció la ubicación de las cubiertas. Comenzando con el doble fondo cuyo valor mínimo es de 1 metro, en este caso se tomó la equivalencia a dos claros de cuadernas. Para las demás cubiertas del yate se tomó un espaciamiento de 2.4 metros, respetando los espacios de las estructuras y paso de circuitos.

Como cuarto punto, se tiene la acomodación de las áreas. Para los espacios o dimensiones de las cabinas, pasillos, escaleras, puertas, ventanas, etc., se siguió la guía de ABS para Habitabilidad [7]. En función de la autonomía del yate, esto es 20 días, se realizó la acomodación de los tanques de agua dulce, lastre, aguas negras y grises, combustible y aceite con la ayuda un software de ingeniería naval (véase cuadernillo 3 de [3]).

2.2.3 Arreglo Estructural

En base al espaciamiento entre cuadernas de 54 cm, se procedió a rayar la embarcación dentro de la eslora de escantillonado, y luego se extendió hacia los extremos de la nave. Luego se definió la razón de aspecto por zonas, 2: 1 para fondo, doble fondo y cubiertas; y una razón de aspecto de 3:1 para costados. Debido a que la embarcación es de pasajeros, el tipo de cuadernaje que se usó fue transversal.

Luego por medio de la clase se escantillonó los elementos estructurales del casco y superestructura de la embarcación. Primero se comenzó con la obtención de los espesores de planchas, esto es, fondo, doble fondo, costados, cubierta y mamparos, a lo largo del barco. Luego se calculó el módulo seccional de los refuerzos (elemento terciario) y vigas (elemento secundario y terciario). Con estos valores se seleccionaron los elementos con dimensiones comerciales en la industria naval en Ecuador. El material que se usó fue ASTM A-131.

La validación de la resistencia estructural se la realizó por medio de Ansys (véase cuadernillo 4 de [3]).

2.2.4 Resistencia y Propulsión

2.2.4.1 Selección del motor

Lo más importante es saber si el buque va alcanzar la velocidad requerida de 12 nudos, especificada por el armador. En esto radica la potencia del motor, para su obtención se calcula el EHP (Effective Horsepower) utilizando el método de Holtrop del software de ingeniería. Posteriormente el SHP (Shaft Horsepower) y finalmente el BHP (Brake Horsepower), las formulaciones se presentan a continuación:

$$SHP = \frac{EHP}{\eta_p} \quad (2.3)$$

$$BHP = 1.1 * 1.15 * SHP \quad (2.4)$$

Para la potencia del motor se consideró un factor del 10% de seguridad y un factor del 15% ya que el motor trabajaría al 85% de la potencia total.

2.2.4.2 Selección del reductor

Conociendo las características del motor, específicamente su rpm y su torque, se calculó los rpm de la hélice (ecuación 2.5) obteniendo así la razón de reducción.

$$RPM = (15.75 * \frac{HP_{motor}^{0.2}}{D})^{1/0.6} \quad (2.5)$$

Con el torque del motor y la razón de reducción se seleccionó el reductor.

2.2.4.3 Selección de la hélice, ejes y accesorios

Con la ayuda de un software de ingeniería naval se seleccionó una hélice que absorbiera el 90% de la potencia del motor.

Para la selección de los ejes se necesita calcular el diámetro del eje de cola, eje en el tubo de la cola y el eje intermedio. Esto se lo realizó con ayuda de la formulación de ABS:

$$D = 100K^3 \sqrt[3]{\left(\frac{H}{R}\right)(C1/(U + C2))} \quad (2.6)$$

A partir de estos valores se procedió a seleccionar los bocines, los sellos, prensa estopa y las bridas (véase cuadernillo 5 de [3]).

2.2.5 Estabilidad

Una vez estimado todos los pesos de la embarcación por grupo tecnológico, se analizaron los criterios de estabilidad de la OMI a diferentes condiciones de cargas (siendo las más críticas). Estas condiciones corresponden a tres:

- Lanzamiento: Corresponde al barco recién construido.
- Salida de puerto: 100% Consumible + 100% Carga.
- Llegada a puerto: 10% Consumible + 100% Carga.

Los criterios de estabilidad que intervinieron fueron [8]:

- Criterios con respecto a las propiedades de la curva del brazo adrizante.
- Criterio severo de viento y rolo.
- Criterios especiales para barco de pasaje.

La validación de los criterios se la realizó por medio de un software de ingeniería naval (véase cuadernillo 6 de [3]).

2.2.6 Sistemas Auxiliares

2.2.6.1 Sistema de combustible

El diseño del sistema depende de la ubicación de los tanques de combustible, el tanque diario, los lodos y los generadores. Este sistema se subdivide en los siguientes subsistemas:

- Sistema de entrega de generadores
- Llenado de tanques de entrega
- Llenado de tanque diario
- Sistema de transferencia
- Sistema purificado

Para el cálculo del tanque diario se usó la siguiente formulación:

$$C_{\text{Tanque Diario}} = 1,17 * 2 * ce(\text{gal/h}) * 9(h) \quad (2.7)$$

Donde ce es el consumo del motor y generador. El 17% corresponde a 10% para lodo, 2% de estructura, 5% para venteo. El 2 en la fórmula aparece porque existe retorno.

Selección de elementos del circuito

Con el caudal y la velocidad de diseño de succión y descarga [9], se calcularon los diámetros de las tuberías, cuyo material se eligió de acuerdo a la compatibilidad del fluido. Para la selección de la bomba se calculó la potencia con la siguiente fórmula [10]:

$$BHP = \frac{Q(\text{gpm}) * Le(m) * 3.28 * \text{peso específico}}{3960 * \text{eficiencia}} \quad (2.8)$$

2.2.6.2 Sistema de achique

En este sistema se calcularon el diámetro del colector principal (ecuación 2.9) y el de los ramales (ecuación 2.10).

$$d = 25 + 1.68\sqrt{L(B + D)} [mm] \quad (2.9)$$

$$d = 25 + 2.16\sqrt{C(B + D)} \text{ [mm]} \quad (2.10)$$

2.2.6.3 Sistema contra incendios

Para el diseño del sistema contra incendios se usó algunas recomendaciones del SOLAS [11], tenemos:

- Las bombas contra incendio de emergencia, su entrada de agua de mar, tubería de aspiración – descarga y sus válvulas de aislamiento se encontrarán fuera del espacio de máquinas.
- Se pondrá una válvula por cada boquilla de contra incendios.
- Presión de las boquillas contra incendio:

$$\begin{cases} \text{arqueo bruto} \geq 6000 = 0.27 \text{ N/mm}^2 \\ \text{arqueo bruto} < 6000 = 0.25 \text{ N/mm}^2 \end{cases}$$

2.2.6.4 Sistema de agua dulce

Para obtención de los diámetros de tuberías de este circuito se siguió la recomendación de ABS [12], que indica que el mínimo requerido es 1.5" para la línea principal, también indica que las velocidades del circuito no debe exceder 2.3 [m / s] y el mínimo de 0.6 [m / s]. Para la selección de la bomba, se calculó la potencia con la ecuación 2.8. Para mayor detalles véase cuadernillo 7 de [3].

2.2.7 Planta eléctrica

Para esta etapa del proyecto se ha diseñado de forma preliminar la mayoría de los sistemas en los grupos tecnológicos, de manera que a partir de esto se estableció un listado de todos los equipos eléctricos de la embarcación en diferentes condiciones de funcionamiento para estimar la potencia eléctrica de la nave. La potencia considerada fue la de los equipos y de la iluminación del barco. Los porcentajes de consumo varían de acuerdo a la condición de funcionamiento, a considerarse tres, navegación, maniobra y puerto (véase cuadernillo 8 de [3]).

Para la selección de los generadores se estimó la potencia con la siguiente fórmula:

$$P_T = \frac{1.25*(P_{iluminación}+P_{equipos})}{0.8} \quad (2.11)$$

2.3 Etapa complementaria del diseño

2.3.1 Amarre y Fondeo

En la primera etapa complementaria del diseño se seleccionaron los equipos que participan en el amarre y fondeo de la embarcación. Para ello se calculó el número de quipo (EN) y con este valor se obtuvo las características principales del ancla, de la cadena, de los cales de remolque y las líneas de amarre (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Características de equipos de amarre y fondeo [13]

EN	175.0
Características del ancla	
Masa por ancla (kg)	570
Número de anclas	2
Cadena del ancla	
Longitud (m)	302.5
Diámetro- Grado 2 (mm)	20.5
Cables del remolque	
Longitud (m)	180
Carga Ruptura (KN)	112
Líneas de amarre	
Números de líneas	3
Longitud por cada línea (m)	120
Carga Ruptura (KN)	59

Con estas características se diseñó la caja de la cadena y el escobén, además se seleccionaron del mercado los siguientes elementos y equipos (véase el apéndice A):

- Ancla y cadena
- Líneas de amarre
- Bitas
- Guía cabos
- Retenedor de cadena
- Cabestrante

2.3.2 Maniobrabilidad

2.3.2.1 Timón

Para el diseño del timón se tomaron las siguientes consideraciones y formulaciones de Alvariño [4].

- El claro superior (entre la popa y la parte superior del timón) no debe ser inferior al 6% de la altura de la base con la línea de popa.
- El claro inferior (entre la parte inferior del timón y la línea de base) no debe ser inferior al 8% de la altura de la base con la línea de popa.
- El área de la pala varía entre 1.5% y 2.5% del producto LPP*T

$$C = AR/H \quad (2.12)$$

$$A_R = \frac{TL}{100} [1 + 50CB^2 * (\frac{B}{L})^2] \quad (2.13)$$

La ecuación 2.12 se usó para obtener la cuerda del timón y la ecuación 2.13 para el área mínima de la pala.

2.3.2.2 Plano diametral

El balanceamiento del plano diametral se basa en que el centro longitudinal del plano diametral se encuentre entre el LCG y LCF del barco. Los elementos participantes del plano diametral fueron la carena, timón y la orsa. Los cálculos de los parámetros mencionados se muestran en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Balanceamiento del plano diametral

Detalle	Distancia desde Sección media(m)	Área (m ²)	Momento de inercia (m ³)
Perfil debajo de la línea de agua	0.12	99	11.88
Timón	-18.3	2.18	-39.89
Orsa	-14.18	5.4	-76.57
	Suma	108.76	-144.48
	Plano diametral	LCG´(m)	-1.33
	Barco	LCG(m)	-1.20
		LCF(m)	-3.10

2.3.2.3 Criterios de maniobrabilidad

Los criterios que se analizaron en la nave según ABS fueron (véase apéndice B):

Capacidad de giro

Es la medida de la capacidad de girar el buque usando el timón, siendo el resultado un avance a 90° de cambio de cabecera, y diámetro táctico definido por la transferencia a 180° en cambio de rumbo.

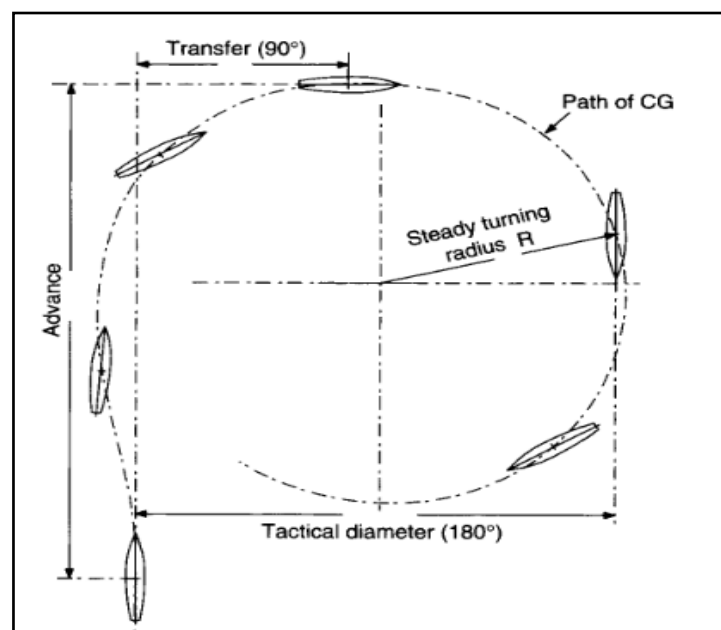


Figura 2.6 Capacidad de giro [14]

Facilidad de evolución inicial

La capacidad de evolución inicial se define por la respuesta al timón en un cambio de rumbo en la partida, en términos de distancia recorrida antes de la ejecución de una desviación en el rumbo.

Capacidad de detención

La capacidad de detención se mide por el "alcance de la pista" y el "alcance de la cabeza" realizado en una maniobra de popa con parada completa del motor realizada después de una aproximación constante a la velocidad de prueba hasta que la velocidad de avance en las coordenadas de la nave cambia el signo (es decir, el barco comienza a retroceder).

2.4 Mejoras e implicaciones

Una vez realizado el diseño completo del yate, se realizaron tres revisiones correspondientes al armador, un experto y el tutor del proyecto. De esta parte surgieron mejoras del proyecto con sus respectivas implicaciones que se detallan a continuación.

2.4.1 Mejoras requeridas por parte del armador

2.4.1.1 Selección de una planta de aire acondicionado

El armador se percató que no se había considerado la planta de aire acondicionado para la selección de los generadores, al tomarlo en cuenta generó un aumento en el consumo de Kilovatios hora, por tanto, demandó un generador de mayor capacidad.

Para la selección de la planta de aire acondicionado, se usaron los rangos de British Thermal Unit (BTU) por metro cuadrado descritos en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Alcance de BTU en un rango de áreas

6000 BTU	12000 BTU	18000 BTU	24000 BTU
8-12 m ²	12-16 m ²	16-25 m ²	25-30 m ²

Seguidamente, en base a esta tabla se obtuvo la Figura 2.7, que ingresando el área total considerada de la embarcación se obtiene los BTU/H necesarios para la planta de tratamiento.

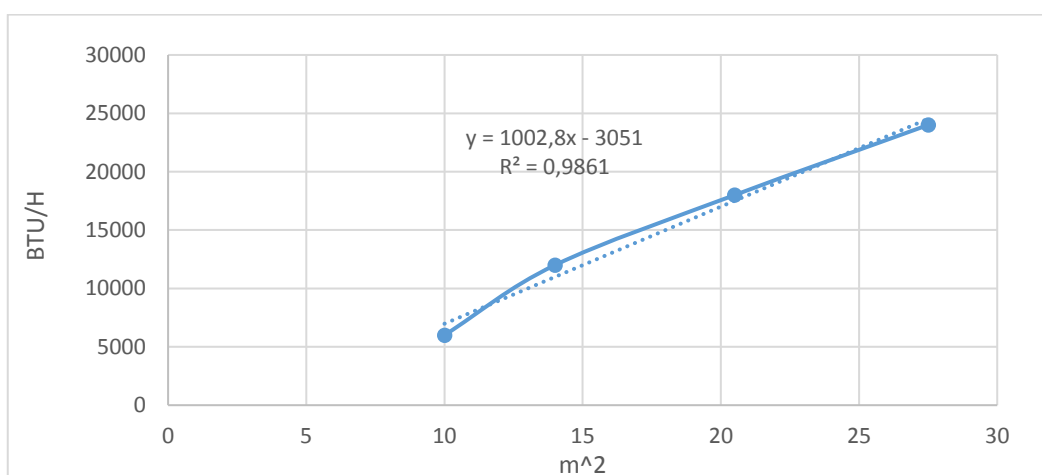


Figura 2.7 Consumo de BTU/H por m²

2.4.1.2 Selección de la desalinizadora y la planta de tratamiento de aguas negras

Existen tanques en el barco de agua dulce y para las aguas negras, pero dada la cantidad de personas a bordo, estos tanques no satisfacen la demanda, por tanto, es necesario el uso de la desalinizadora y la planta de tratamiento. Su selección consistió en satisfacer la capacidad que resta de la capacidad instalada en los tanques.

2.4.2 Mejoras requeridas por parte de un experto

2.4.2.1 Redistribución del arreglo general del yate

Dado de que existen pasillos a los costados del yate, la redistribución del arreglo general consistió en eliminar los pasillos laterales por cubierta, dejando solo pasillos centrales, generando formas más simétricas, obteniendo así mayores espacios en las cabinas y áreas comunes. Además, se añadió una escalera en torre en la sección media del barco para facilidad de acceso en las secciones del yate.

2.4.3 Mejoras requeridas por parte del tutor

2.4.3.1 Rediseño de superestructura en aluminio

En el primer diseño se había realizado la superestructura en acero, en esta mejora se cambió el material por aluminio como se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Características del acero y aluminio

Acero ASTM A-131		Aluminio 5086	
σ_u (N/mm ²)	400	σ_u (N/mm ²)	240
σ_y (N/mm ²)	235	σ_y (N/mm ²)	95
ρ (kg/m ³)	7850	ρ (kg/m ³)	2670
E(N/mm ²)	200000	E(N/mm ²)	71000
		Factor del material	
		Q	2.16
		Qo	1.90

Con las características físicas y mecánicas del aluminio 5086, se escantillonó la superestructura según ABS y se seleccionaron los elementos estructurales de acuerdo al mercado. Finalizado lo anterior se realizó el detalle de soldadura de la unión entre cubierta principal de acero y la superestructura de aluminio, basados en las normas de American Welding Society (AWS) [15].

2.4.4 Implicaciones de los cambios implementados

Dado de que se han seleccionado nuevos equipos, se ha realizado una redistribución del arreglo general y se ha cambiado el material de la superestructura, fue necesario actualizar la estabilidad del yate, proceso que se describió en el apartado 2.2.5.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Diseño preliminar

En la Figura 3.1 y en la columna tres de la se describen las características del diseño preliminar desarrolladas en los capítulos anteriores. Las formas del casco obtenidas son finas en proa y anchas en sección media, llegando a popa con una ligera reducción. Y la propulsión de la nave es con motores de mediana velocidad, reductores y hélices de paso fijo. Las dimensiones del barco se encuentran dentro del rango especificado por el armador, tal como se observó en la Tabla 2.1.

Para una mejor comprensión de los resultados, se realizó una comparación con un yate existente, cuyas características se resumen en la Figura 3.2 y la Tabla 3.2. Se puede apreciar que las especificaciones técnicas de los yates son similares. Cabe mencionar que a pesar que el yate Royal es un poco más pequeño, el motor principal tiene mayor capacidad (1100 HP), que la del yate propuesto (900 HP).

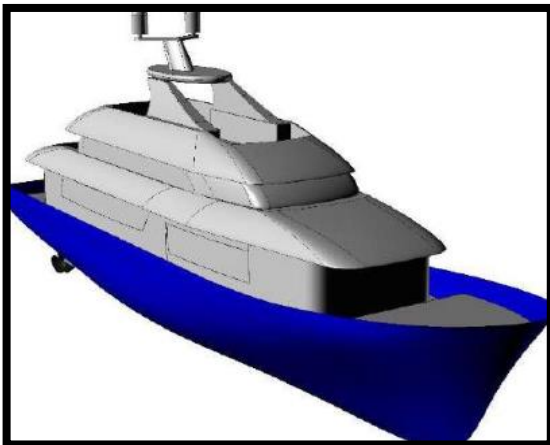


Figura 3.1 Maqueta preliminar del yate



Figura 3.2. Yate, Royal Evolution [16]

Tabla 3.1 Características principales del buque proyecto

ESPECIFICACIONES DEL YATE		
General	Material del casco	Acero
	Material de la superestructura	Acero
	Clasificadora	ABS
Dimensiones	Eslora	42.8 m
	Manga	8.94 m
	Puntal	4.1 m
	Calado	3 m
	Pasajeros	36
	Tripulantes	16
Capacidad de tanques	Diesel	60 m ³
	Agua dulce	40.6 m ³
	Aceite	1.7 m ³
Sistema de propulsión	Motor principal	2*(CAT 3508C- 900HP)
	Reductor	ZF W 3355 -Razón 2.467
	Propulsor	Z=5, P/D=0.82, DAR=0.75
	Velocidad de crucero	12 nudos
Sistema eléctrico	Generador	2*(C4.4- 118 KW)
Habitabilidad	Cabinas pasajeros dobles	14
	Cabinas pasajeros triples	3

Tabla 3.2 Características principales del Royal Evolution [16]

ESPECIFICACIONES DEL ROYAL EVOLUTION		
General	Material del casco	Acero
	Material de la superestructura	Acero
	Clasificadora	ABS
Dimensiones	Eslora	39 m
	Manga	8.6 m
	Puntal	3.6 m
	Calado	2.1 m
	Pasajeros	24
	Tripulantes	16
Capacidad de tanques	Diesel	47 m ³
	Agua dulce	22 m ³
	Aceite	0.4 m ³
Sistema de propulsión	Motor principal	2 X CUMMINS KTA 38-M1 (1100HP- 1800 rpm)
	Reductor	2.54:1
	Propulsor	Z=5, D: 110 mm
	Velocidad de crucero	12 nudos
Sistema eléctrico	Generador	2 X Dosan (120 Kw)
Habitabilidad	Cabinas pasajeros dobles	12

De acuerdo con los resultados del nivel del diseño preliminar todos los requerimientos del armador han sido satisfecho. A si mismo todas las restricciones no han sido rotas. Para proceder con el nivel de detalle habría que desarrollar los sistemas amarre y fondeo y maniobrabilidad.

3.2 Etapa complementaria del diseño

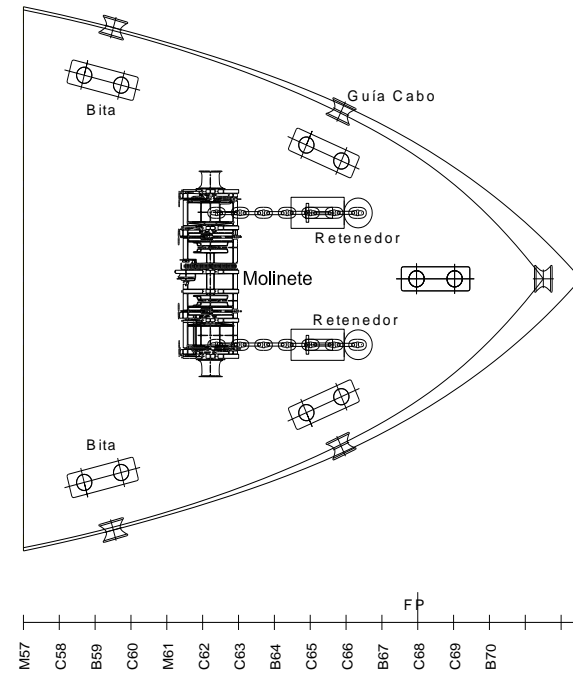
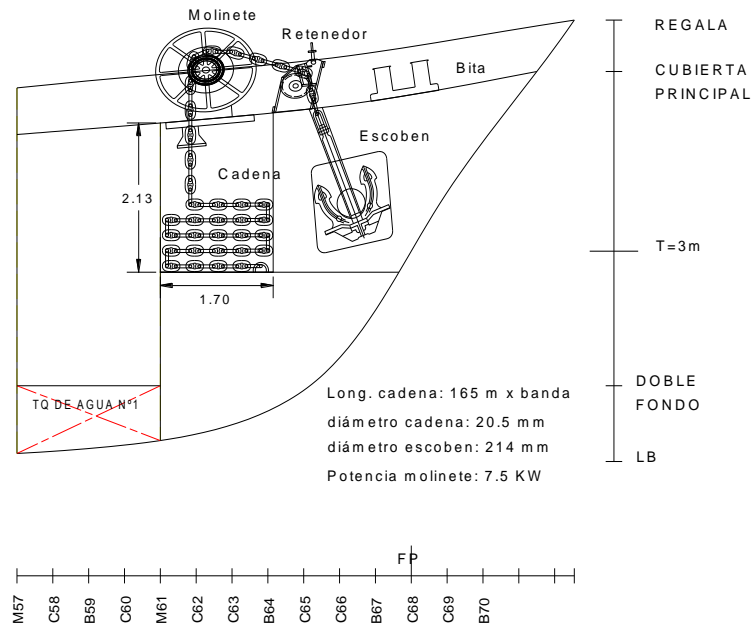
3.2.1 Amarre y fondeo

El resultado de esta etapa corresponde a la selección de los accesorios del amarre y fondeo de la embarcación, éstos son mostrados en la Tabla 3.3. Lo más significativo de éstos son los pesos que contribuyen en un análisis completo de la estabilidad del barco.

Tabla 3.3 Tabla de pesos de los accesorios de amarre y fondeo

Accesorios	Peso Unitario (ton)	Cantidad	Peso total(Ton)
ancla	0.57	2	1.14
cadena	1.62	2	3.24
Bitá	0.097	10	0.97
Guía cabo	0.097	10	0.97
Línea de amarre	0.018	3	0.053
Retenedor	0.125	2	0.25
Cabestrante	1.52	1	1.52
		Total	8.14

La cantidad de cada equipo satisface lo recomendado por la clase ABS. Es importante mencionar que la cantidad de bitas suele ser 5 por bandas. En este sistema el accesorio que aporta mayor peso es la cadena. Para mayor detalle de los equipos véase el Plano 3.1.



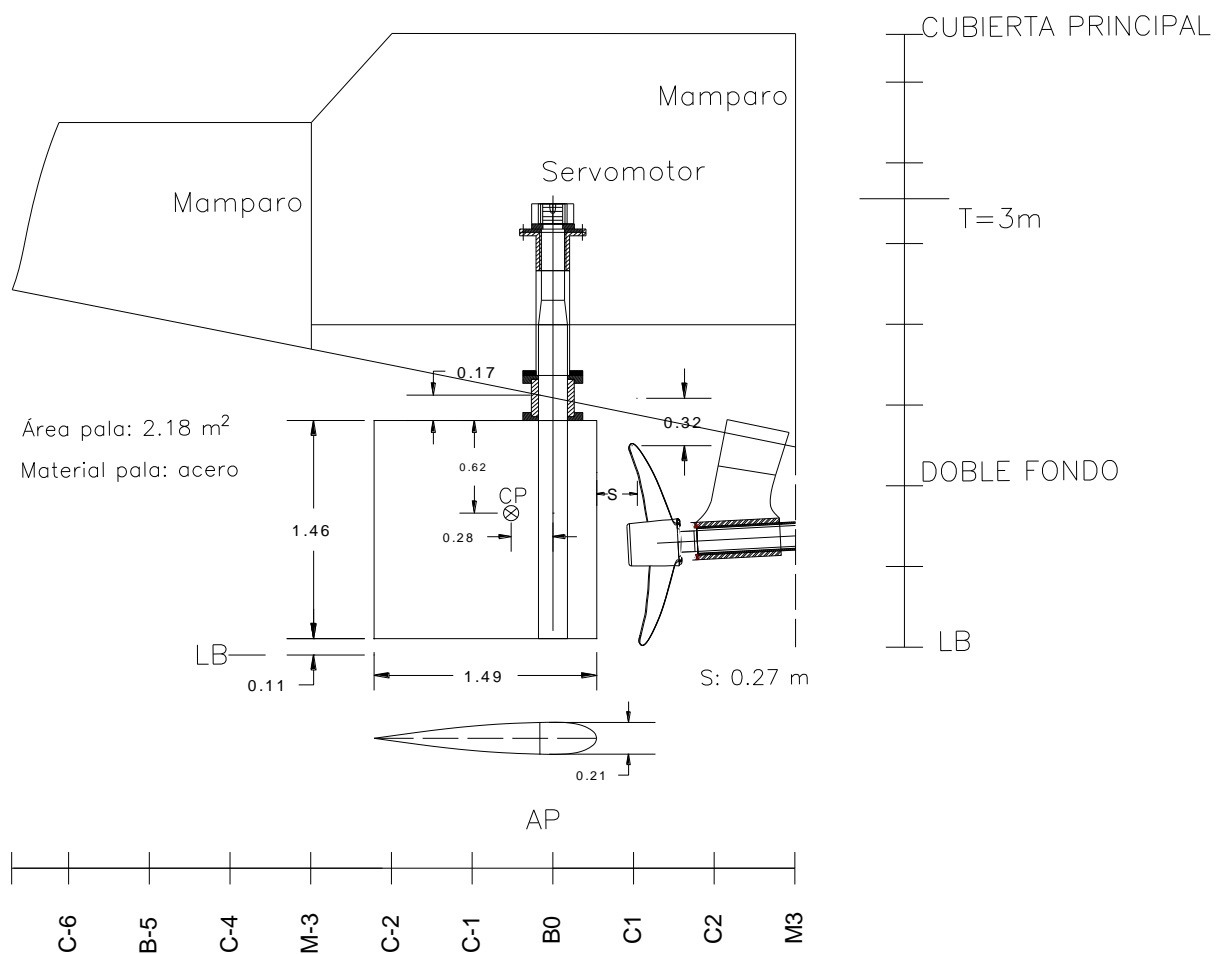
Plano 3.1 Plano de amarre y fondeo

En el Plano 3.1 se puede apreciar la ubicación espacial de los accesorios de amarre y fondeo en la proa del barco. Se detalla el mecanismo para soltar o izar el ancla, esto es la unión de la cadena, cabestrante, retenedor y ancla. También se ubicó la caja para la cadena con sus respectivas dimensiones a babor y a estribor de la nave.

3.2.1 Maniobrabilidad

3.2.1.1 Timón

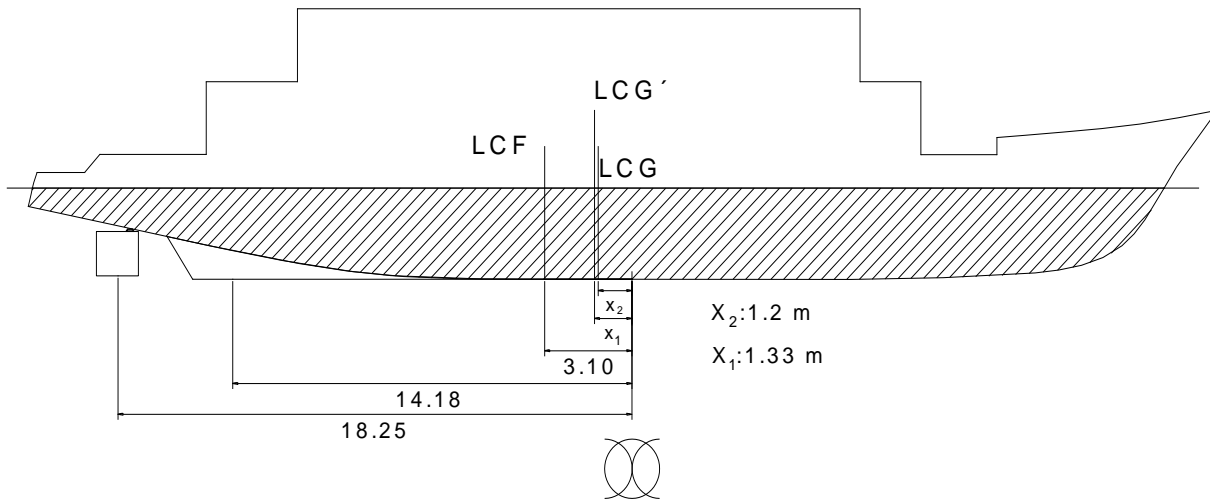
A base de los cálculos realizados en el apartado 2.3.2.1, se diseñó el timón de la embarcación, este se muestra en el Plano 3.2.



En el Plano 3.2 se detalla las dimensiones obtenidas del timón (altura y cuerda), con un perfil NACA0015. Se distinguen las holguras de la pala respecto al casco, línea base y hélice. Se aprecia también la ubicación del centro de presión (CP) de la pala.

3.2.1.2 Plano diametral

En el Plano 3.3 se detalla el centro longitudinal del plano diametral (LCG'), el LCG y LCF del barco. Además, se incluyen el centro longitudinal gravitacional del timón y la orsa para una mejor comprensión de resultados.



Plano 3.3 Plano diametral (cotas en metros)

Dado que el centro longitudinal del plano diametral (LCG') se encuentra entre el LCF y LCG del casco, se concluye que la embarcación está balanceada.

3.2.1.3 Criterios de maniobrabilidad

En la Tabla 3.4 se presenta el resumen de los requerimientos de maniobrabilidad que estipula la OMI y ABS para la nave. Cada uno de estos criterios recibe una calificación del 1 al 5, donde 1 representa baja maniobrabilidad y 5 alta maniobrabilidad. Las calificaciones fueron asignadas a base de formulaciones deducidas de un análisis estadístico de barcos construidos o por simulaciones matemáticas de los movimientos de los buques [14].

Tabla 3.4 Calificación de criterios de maniobrabilidad

Medidas de maniobrabilidad	Criterios y Estándar	Maniobra	Estándar IMO	Requerimientos ABS
Requerido para la notación de clase opcional				
Capacidad de giro	Diámetro táctico	Radio de Giro	TD < 5L	Rtd=3
	Avance		Ad < 4.5L	Aprueba
Curso de cambio y capacidad de comprobación de guiñada	Primer ángulo de rebasamiento	Prueba Zig-zag 10/10	$\alpha_{101} \leq f(L/V)$	Rtd=3
	Segundo ángulo de rebasamiento		$\alpha_{102} \leq f(L/V)$	Aprueba
	Primer ángulo de rebasamiento	Prueba Zig-zag 20/20	$\alpha_{201} \leq 25$	Rtd=2
	Calificación promedio para ángulos de rebasamiento			Rtd=2.5
Capacidad de detención	Seguimiento de la pista	Parada de choque	TR < 15L	Aprueba
	Alcance de la cabeza		Ninguno	Rtd=4
			Prom. Rtd	3

Como resultado final para esta nave, se tiene una calificación promedio de 3, garantizando su maniobrabilidad.

Completado el diseño con los sistemas de amarre y fondeo, se procede a realizar mejoras sugeridas por parte de armador, un experto de barcos de pasaje y el tutor. Por lo tanto, hay necesidad de revisar los cálculos de estabilidad.

3.3 Mejoras e implicaciones

3.3.1 Mejoras requeridas por parte del armador

Selección de equipos

Se seleccionó una planta de acondicionador de aire de 50 toneladas de refrigeración, que abastece a los espacios considerados del yate, estos se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Selección de la planta de aire acondicionado

Espacios comunes (m ²)	201.35
Espacios tripulantes (m ²)	87.51
Espacios pasajeros (m ²)	218.15
Total(m ²)	507.01
BTU/H	505378.6
KW	142.28
TON	42.11
Selección de aire acondicionado	
Modelo	50
Capacidad(ton)	47.3
Potencia entrada Compresor (KW)	53.1
Potencia del ventilador(KW)	3.8
Potencia total(KW)	57
Peso(ton)	2.36
Dimensiones L*W*H (m)	2.25*2.35*1.99

Como se describió en el subcapítulo 2.4.1, se seleccionaron la planta de tratamiento de aguas negras, tal como se muestra en la Tabla 3.6 y la desalinizadora como se indica en la Tabla 3.7.

Tabla 3.6 Equipo para aguas negras

consumo(l/día)	25
# personas	52
Días	20
Volumen diario (m ³)	1.3
Capacidad requerida(m ³)	26
Capacidad instalada(m ³)	1.20
Planta de tratamientos de aguas negras	
Capacidad para el equipo (m ³)	24.80
Días de trabajo	19
Selección	
Cantidad de equipos	1
Modelo	MarineFAST®M X-4
# personas	52
Peso estático (kg)	1100
Peso en operación (kg)	2700
Dimensiones L*W*H (m)	2.18*1.14*1.98

Tabla 3.7 Desalinizadora

consumo(l/día)	125
# personas	52
Días	20
Volumen diario (m ³)	6.5
Capacidad requerida(m ³)	130
Capacidad instalada(m ³)	40.65
Desalinizadora	
Capacidad para el equipo (m ³)	89.35
Días de trabajo	14
Selección	
Cantidad de equipos	2
Modelo	LGD 950-1
Flujo de alimentación (GPM)	4.2
Producción diaria(gal)	950
peso(kg)	82
Dimensiones L*W*H (m)	0.45*1.19*0.45

La planta de tratamientos satisface la cantidad de aguas negras producidas en el día por la dotación de la nave y, puesto que la capacidad diaria del consumo de agua dulce es considerable, se seleccionaron dos desalinizadoras. Al seleccionar estos equipos y adicionarlos en el diseño, se vio afectada la potencia eléctrica de la nave, por lo que se eligió un nuevo generador.

Tabla 3.8 Generadores anteriores

Resumen	
PT(Kw)	210.7
V A.C	440.0
Fase	3.0
Selección	
Modelo	C4.4
Cantidad	2
eKW	118
KVA	148
HZ	60
rpm	1800
g/h	8.3
dimensiones L*W*H(m)	2*1*2
peso(ton)	1.5

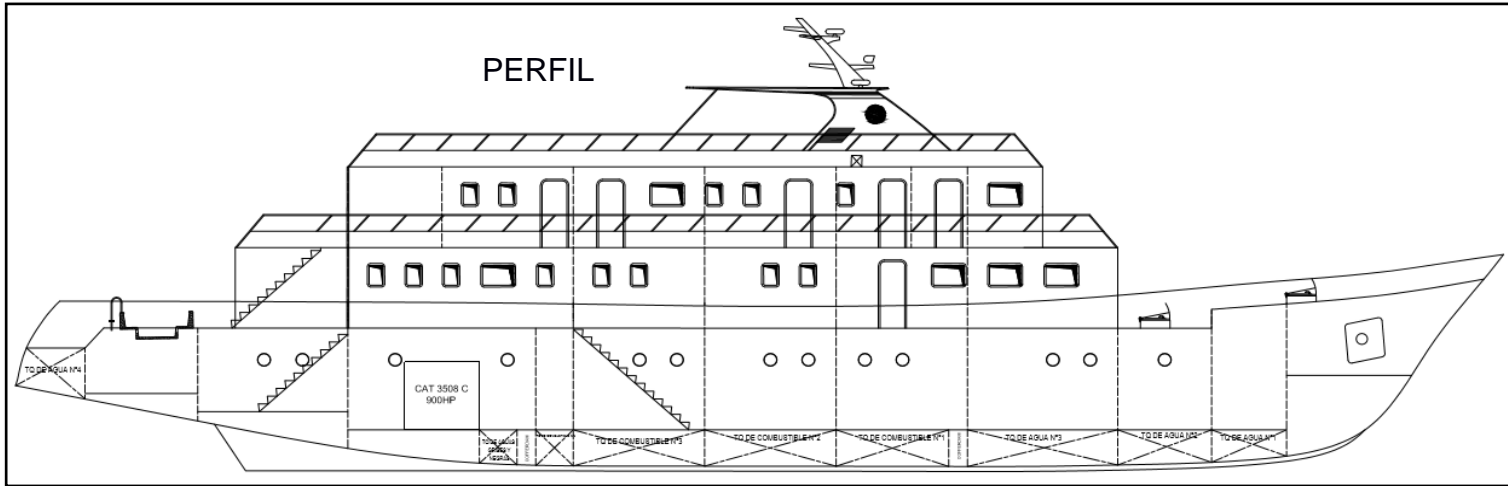
Tabla 3.9 Generadores actuales

Resumen	
PT(Kw)	255.3
V A.C	440.0
Fase	3.0
Selección	
Modelo	C7.1
Cantidad	2
eKW	138
KVA	173
HZ	60
rpm	1800
g/h	11.1
dimensiones L*W*H(m)	2.6*1*1.6
peso(ton)	2.1

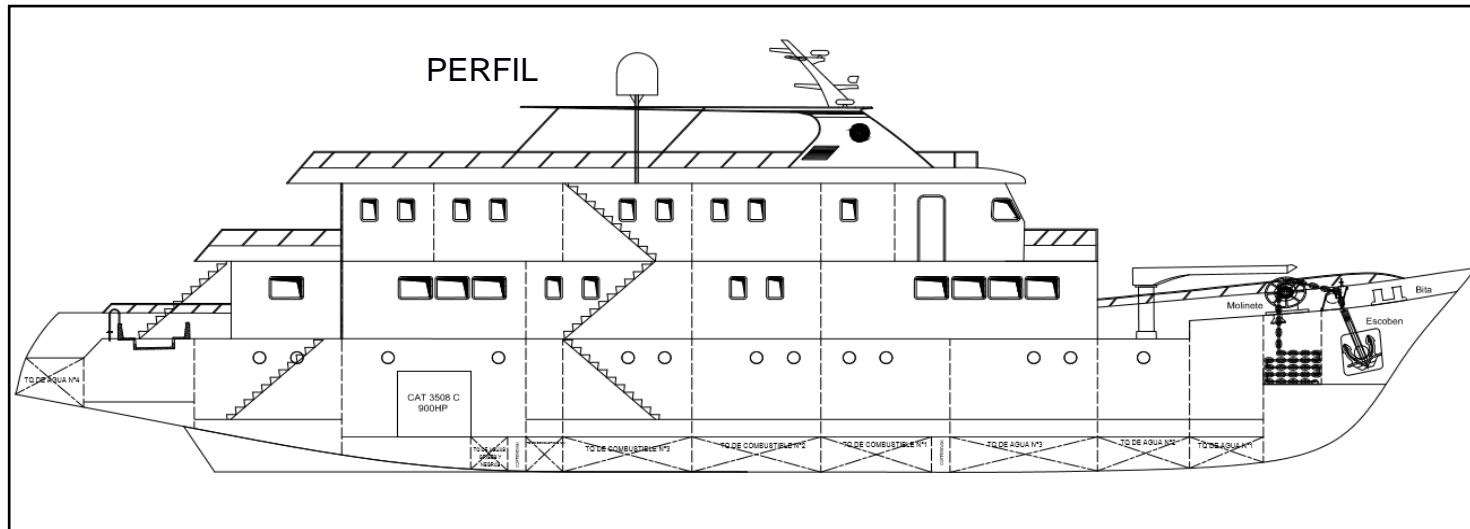
Se puede apreciar un aumento de 20 KW de los generadores actuales, para ello véase la Tabla 3.9 y respecto de los generadores anteriores, obsérvese la Tabla 3.8.

3.3.2 Mejoras requeridas por parte de un experto

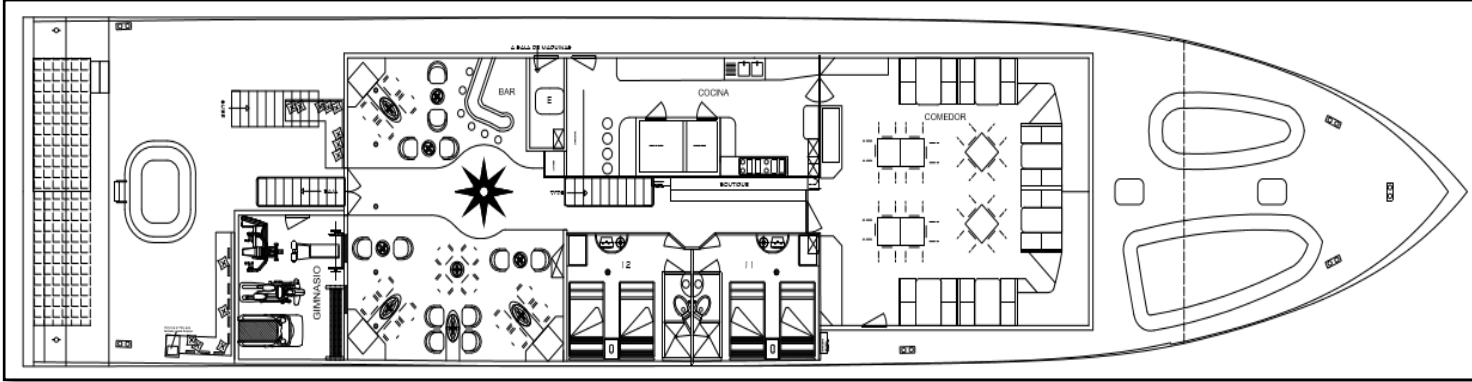
De las recomendaciones del experto descritas en el apartado 2.4.2 se realizó la redistribución del arreglo general del barco como se muestra en los siguientes planos:



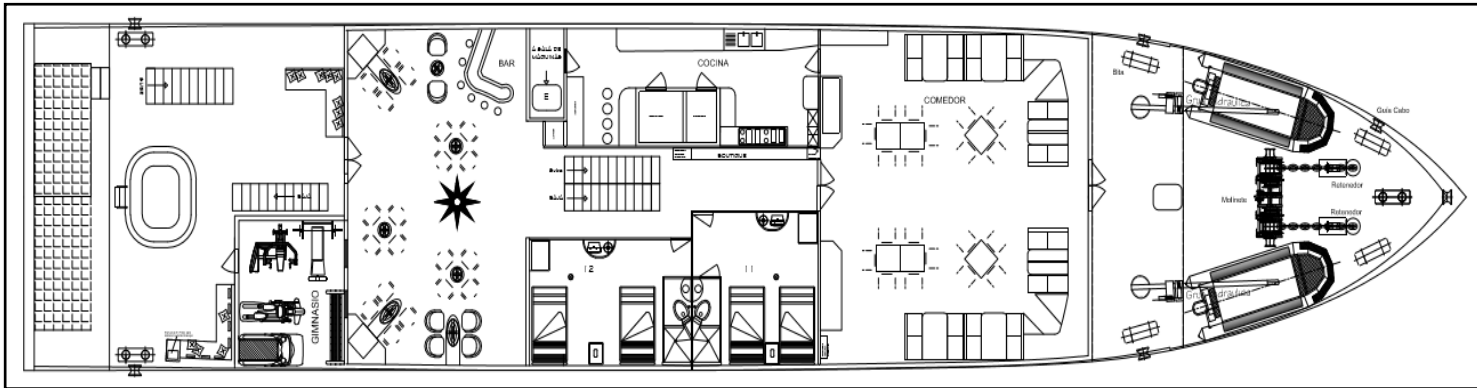
Plano 3.4. Perfil anterior



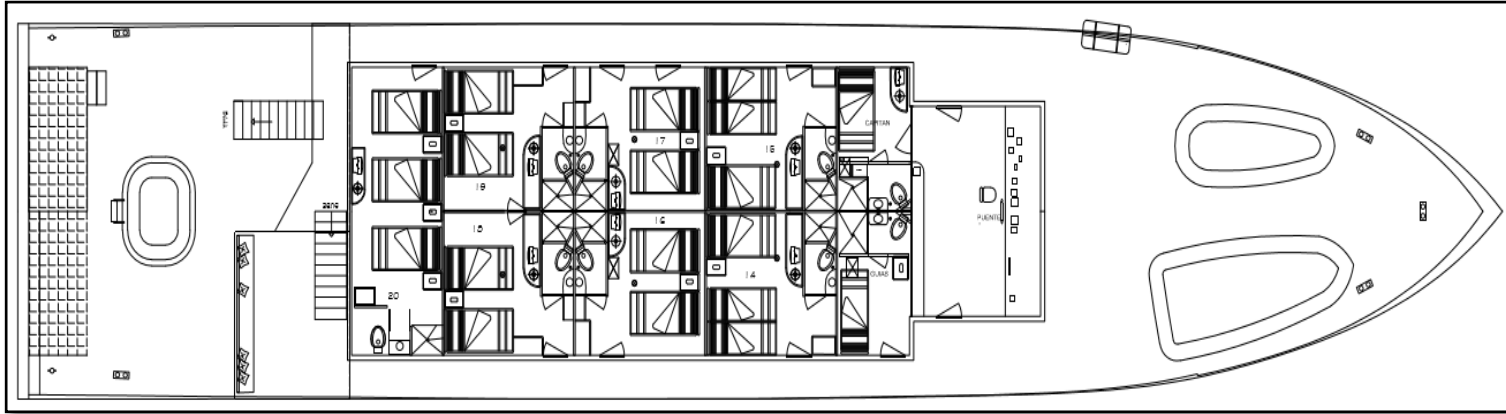
Plano 3.5 Perfil actual



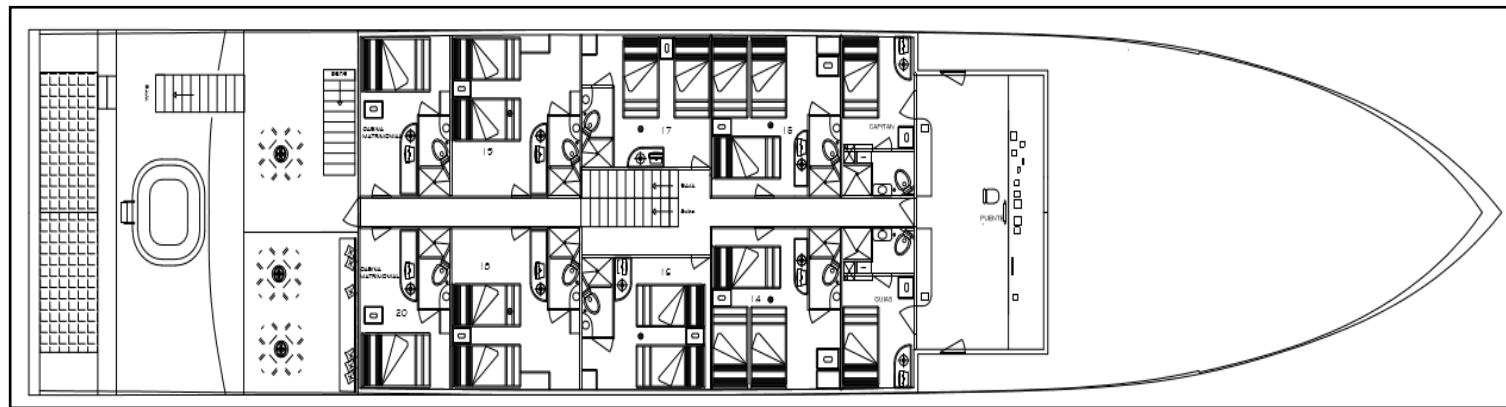
Plano 3.6 Cubierta Principal anterior



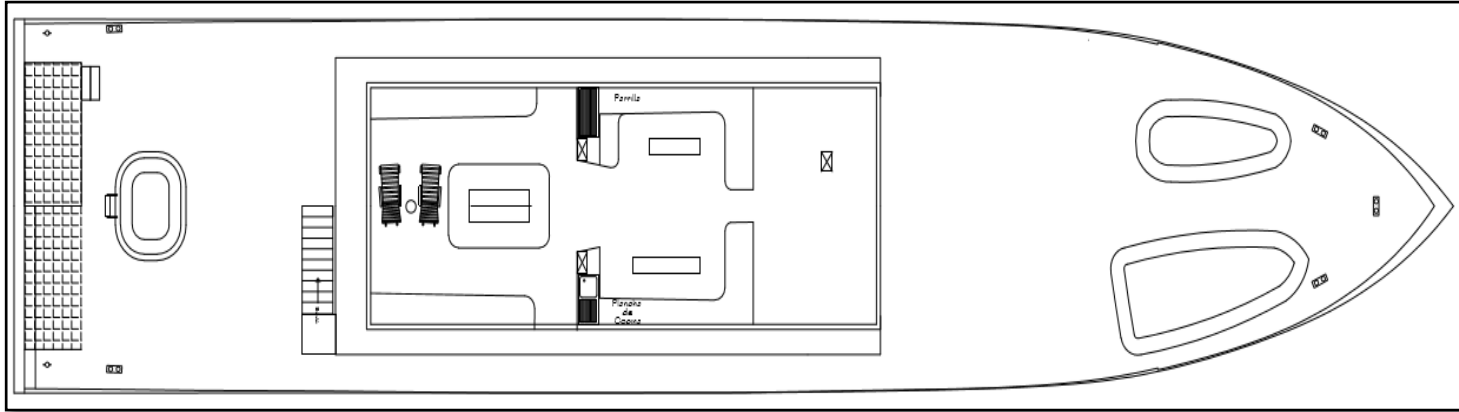
Plano 3.7 Cubierta Principal actual



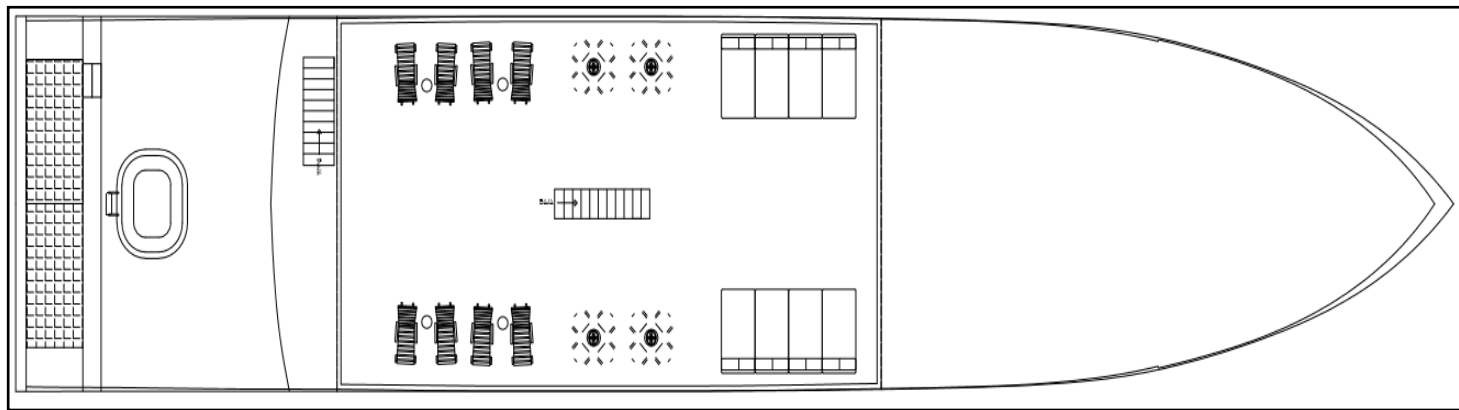
Plano 3.8 Cubierta superior anterior



Plano 3.9 Cubierta superior actual



Plano 3.10 Cubierta de soleo anterior



Plano 3.11 Cubierta de soleo actual

Los cambios hechos en el perfil del barco se ven reflejados en el Plano 3.5, que a diferencia del Plano 3.4, presenta más detalles de forma general, arreglo de la superestructura y un aumento de una torre central de escaleras.

De los planos 3.6 al 3.11, se aprecia los cambios de las cubiertas existentes, quitando los pasillos laterales y ubicando uno solo de manera central. En estos planos se ve reflejado la ganancia de espacios, obteniendo así cabinas entre 14 y 16 m².

3.3.3 Mejoras requeridas por parte del tutor

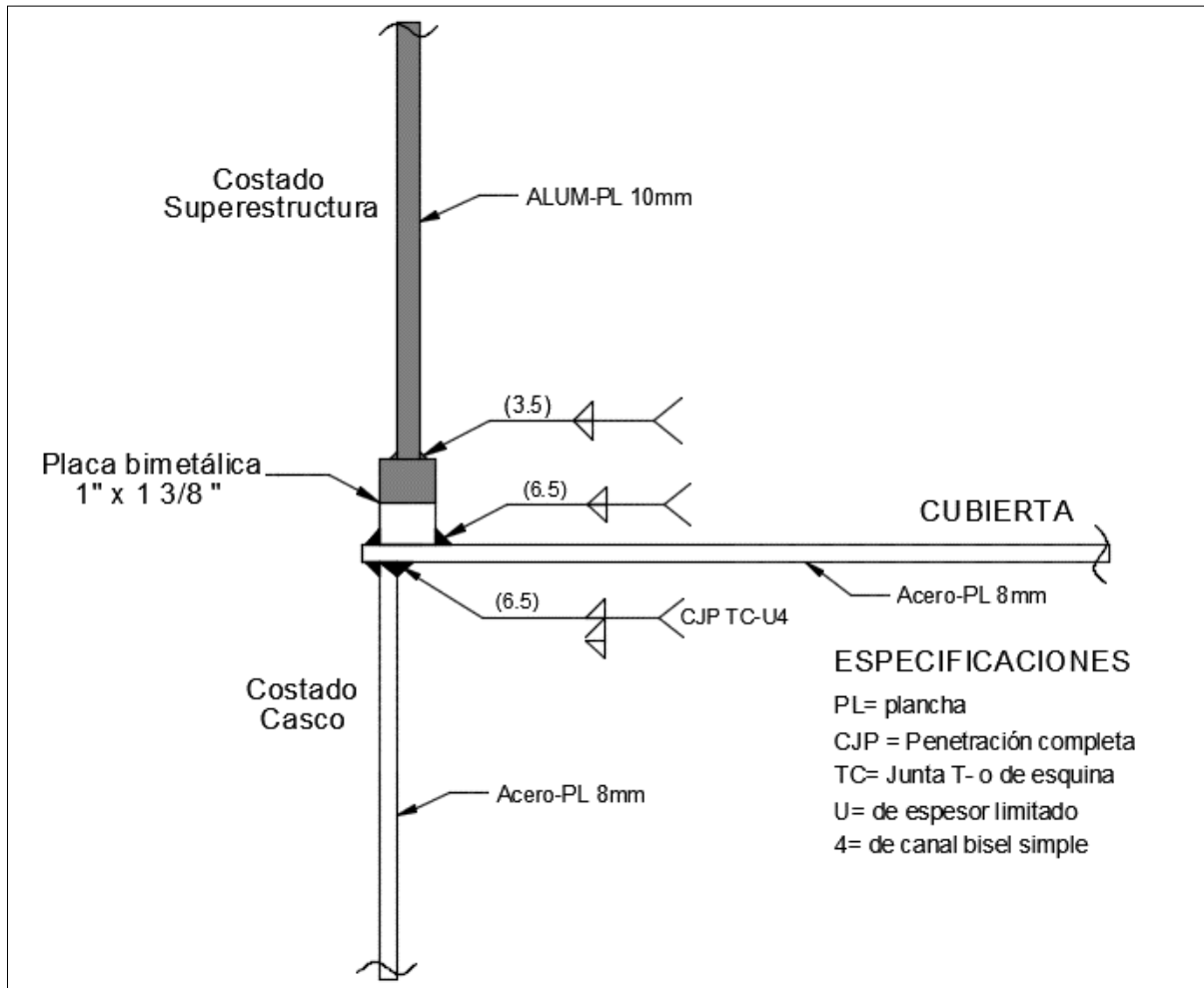
Con los elementos estructurales seleccionados (Ver apéndice C), se usó un software de ingeniería naval para calcular el peso actual de la superestructura con su respectivo centroide. La comparación de los cambios de la superestructura se resume en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Comparación de la superestructura de acero y aluminio

Superestructura	Acero	Aluminio
Peso (ton)	51	26.86
LCG(m)	-1.50	-1.53
KG(m)	7.058	7.00

Puesto que, la razón de peso específico entre el acero y el aluminio es de 3 a 1, se esperó tener la misma razón en pesos, lo que no ocurrió porque se consideró los cambios realizados en la superestructura en aluminio, tal como se lo indicó en el apartado 3.3.2. En consecuencia, se tiene una reducción en pesos de 1.9 a 1, favorable para la estabilidad del barco.

Debido a la diferencia del material entre casco y superestructura se debe adicionar una barra bimetálica que acople dichos elementos. El detalle de soldadura se presenta en el Plano 3.12. Todos los símbolos de soldadura corresponden a AWS.



Plano 3.12 Detalle de soldadura, unión cubierta principal y superestructura

3.3.4 Implicaciones de los cambios implementados

Al actualizar los pesos de la embarcación por las mejoras realizadas al diseño se obtuvo un incremento de Altura Metacéntrica transversal (GMt) y reducción en Desplazamiento, tal como se muestra en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Comparación de estabilidad

PARÁMETROS	ANTES	DESPUES
Draft Amidships m	2,647	2,517
Displacement t	513,4	479,4
Trim (+ve by stern) m	0,035	0,261
GMt m	1,853	2,108

Se comprobó la estabilidad de la embarcación. Se aplicaron los criterios de la OMI para embarcaciones de pasaje y se comprobaron su satisfacción. Además, se comprobó la respuesta adecuada con aglomeración de pasajeros a una banda (Ver apéndice D).

Maqueta final

Como resultado de los cambios realizados en el diseño, se presenta la maqueta final en la Figura 3.3. Se aprecia las formas del yate, en que la superestructura está unida al casco desde los costados. Se alcanza a visualizar algunos equipos de navegación como los pescantes, botes salvavidas, cabestrante y ancla. Además, se distinguen el puente de mando, las cabinas con sus respectivas ventanas y el Solario para disfrutar del ambiente y la comida.



Figura 3.3 Maqueta final del yate

3.4 Costo del proyecto

Con el diseño definitivo de la embarcación se realizó el presupuesto para su construcción considerando dos escenarios. El primero, corresponde a la construcción por astillero, es decir, este se encarga de la gestión total de la mano de obra y de los materiales. Y el

segundo, atañe a la construcción por astillero con aprovisionamiento del armador, para este caso él provee a la empresa los materiales requeridos en la construcción. Estos escenarios son mostrados por grupos tecnológicos en la Tabla 3.12 y Tabla 3.13. También se detalla el presupuesto por grupo tecnológicos (Ver el apéndice E).

Tabla 3.12 Presupuesto Escenario 1

Diseño e ingeniería	\$ 35,400
Grupo 100	\$ 1,204,342
Pintura	\$ 73,241
Grupo 200	\$ 1,381,600
Grupo 300	\$ 579,150
Grupo 400	\$ 118,250
Grupo 500	\$ 946,000
Grupo 600	\$ 1,765,500
Extras	\$ 70,000
Costo Total	\$ 6,173,483
Utilidad (20%)	\$ 1,234,697
Precia de venta	\$ 7,408,180

Tabla 3.13 Presupuesto Escenario 2

Diseño e ingeniería	\$ 35,400
Grupo 100	\$ 1,099,703
Pintura	\$ 61,313
Grupo 200	\$ 1,192,622
Grupo 300	\$ 498,630
Grupo 400	\$ 109,450
Grupo 500	\$ 829,400
Grupo 600	\$ 1,679,700
Extras	\$ 70,000
Costo Total	\$ 5,576,218
Utilidad (20%)	\$ 1,115,244
Precia de venta	\$ 6,691,461

La diferencia entre los dos presupuestos es un ahorro del 20% en materiales, la decisión en optar por uno de ellos se basa en el gestionamiento que involucra cada escenario. Puede suceder que, al ahorrarse en material, este no sea de tan buena calidad o que su adquisición genere problemas en tiempos de construcción.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se ha diseñado un yate con capacidad de 36 pasajeros para operar en las Islas Galápagos utilizando la espiral de diseño considerando grupos tecnológicos. Este diseño satisface los requerimientos del armador y de la clase ABS, por lo que nave protegería el medio marino sin dejar de brindar los mejores servicios de cubierta a los turistas. Luego de haber realizado tres vueltas al diseño, esto es, conceptual, preliminar y detalle (diseño definitivo), se puede concluir:

Conclusiones

La embarcación tiene la capacidad de transportar 36 pasajeros. Alcanza una velocidad de crucero de 12 nudos. Cuenta con cabinas entre 14 y 16 m² y espacios sociales como restaurante, boutique, bar, salón, jacuzzi, biblioteca, gimnasio y solarío. Además, está equipado con todos los sistemas que permite una autonomía de 20 días. Es decir, satisface todos los requerimientos del armador.

La etapa complementaria del proyecto y el desarrollo de las recomendaciones del armador, experto y tutor permitieron alcanzar el nivel de detalle del diseño. Obteniendo así un aumento de GMt y reducción de desplazamiento, es decir se alcanzó mayor estabilidad en el buque.

De manera verbal se comentó con el armador, y el reportó “que los cálculos realizados para la construcción de la embarcación iban de acuerdo a las cotizaciones realizadas por la empresa” por tanto se concluye que el presupuesto preparado es razonable.

Recomendaciones

Evaluar el confort de los pasajeros (malestar por mareo) del yate propuesto en un estado de mar 3 navegando a 12 nudos alrededor de las Islas Galápagos.

Preparar un presupuesto con el escenario de construcción por astillero internacional, considerando toda la logística de construcción, las ventajas y desventajas del uso de la mano de obra y materiales extranjeros.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. M. Online, «CRUISE SHIPS,» Febrero 2011. [En línea]. Available: <http://cruiseship-s.blogspot.com>. [Último acceso: 4 Enero 2019].
- [2] MarineWiki, «Ship design spiral,» 21 Enero 2011. [En línea]. Available: <http://www.marinewiki.org>. [Último acceso: 5 Enero 2019].
- [3] J. I. Mendoza, «Diseño conceptual y preliminar de un yate con capacidad de 36 pasajeros,» ESPOL, Guayaquil , 2018.
- [4] R. A. Castro, J. J. Azpíroz y M. M. Fernández, El proyecto básico del buque mercante, Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Navales, 1997.
- [5] Sname, Ship Design and Construction, Jersey: Sname, 2003.
- [6] ABS, PART 3 HULL CONSTRUCTION AND EQUIPMENT, Houston: American Bureau of Shipping , 2014.
- [7] ABS, CREW HABITABILITY ON SHIP, Houston: American Bureau of Shipping , DECEMBER 2001.
- [8] MSC, ADOPTION OF THE INTERNATIONAL CODE ON INTACT STABILITY, 2008.
- [9] R. Harrington, Marine Engineering, SName, 1971.
- [10] CAMERON, HYDRAULIC-DATA, INGERSOLL RAND: 16th.
- [11] OMI, SOLAS, LONDRES: OMI, 2009.
- [12] ABS, PART 4, Houston: American Bureau of Shipping , 2017.
- [13] ABS, Anchoring, Mooring and Towing Equipment, Houston: American Bureau of Shipping , 2017.
- [14] ABS, VESSEL MANEUVERABILITY, Houston: American Bureau of Shipping , 2006.
- [15] AWS, Structural Welding code, Miami: American Welding Society, 2010.
- [16] R. S. P. f. Cruises, «Royal Evolution,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.royalevolution.com>. [Último acceso: 10 Enero 2019].

APÉNDICES

APÉNDICE A

AMARRE Y FONDEO

1. Numeral de equipo

$$EN = K\Delta^{2/3} + mBh + nA$$

Donde:

k=1

m=1

n=0.1

Δ = desplazamiento [ton].

B= manga del barco [m].

h= altura desde el calado de diseño hasta la última cubierta en superestructura [m].

a= francobordo [m].

A= área del perfil del casco y superestructura sobre la línea de flotación de carga de verano que se encuentran dentro de la longitud de la Regla [m²].

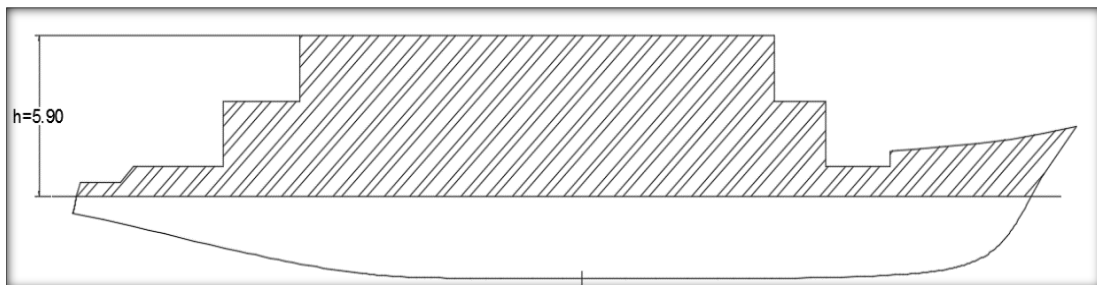


Figura 0. 1 Área sobre la línea de flotación

Tabla 0.1 Numeral de equipo

k	1
m	2
n	0.1
Δ (ton)	624
B(m)	8.94
a(m)	1.1
h(m)	5.9
A(m ²)	158.6
EN	194.4

2. Selección de elementos

2.1 Anclas

Se eligió las anclas tipo Hall, cuyas dimensiones se presenta en la Figura 0. 2.

Peso Nominal (kg)	A	B	C	D	E	H
100	378	540	91	395	750	230
125	405	580	97	425	810	248
150	432	612	104	452	855	264
180	459	650	111	480	910	280
240	510	720	122	530	1010	310
280	534	760	130	560	1060	325
300	540	770	131	570	1080	331
320	560	790	132	580	1100	338
360	580	820	139	610	1150	353
420	610	860	146	640	1200	370
480	640	900	153	670	1260	387
520	652	920	158	680	1295	400
570	670	950	162	700	1330	408
660	710	1000	170	740	1440	430
780	750	1060	180	780	1480	465
850	770	1090	185	800	1530	468
900	780	1110	189	820	1550	477
1020	820	1160	197	860	1620	500
1140	850	1200	204	890	1680	520
1290	880	1250	212	920	1750	540
1440	920	1300	221	960	1820	560
1590	950	1340	228	990	1880	580
1740	980	1380	235	1020	1930	600
1920	1010	1430	243	1060	2000	620
2100	1040	1470	250	1090	2060	640
2280	1070	1510	257	1120	2110	650
2460	1100	1550	264	1150	2170	670
2640	1120	1590	270	1180	2230	690

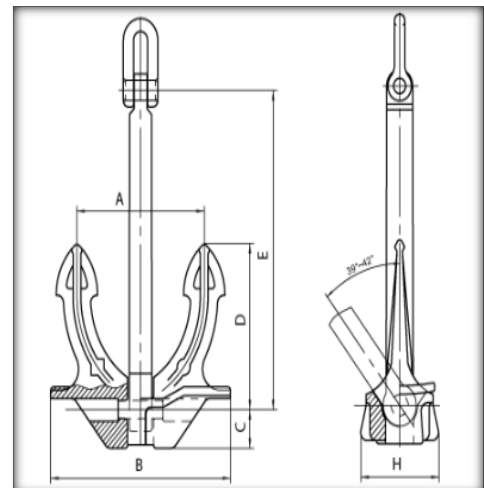


Figura 0. 2 Características del ancla

2.2 Escoben

El escobén es un conducto que va desde la cubierta del castillo de proa al forro exterior que permite el paso de la cadena del ancla y la aloja durante la navegación del buque.

El diámetro se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$D = k \times d$$

Donde

d: es el diámetro de la cadena en mm.

K=10.4 para d=25 mm y 7.5 para d=100 mm.

Dado de que d=20.5mm, k=10.4

$$D = 10.4 * 20.5 \text{ mm} = 213.2 \text{ mm}$$

2.3 Cadena

Longitud y número de cadena

La longitud de cada cadena se obtiene por:

$$L_{cadena} = \frac{L_{Total}}{2} = \frac{302.5 \text{ m}}{2} = 151.25 \text{ m}$$

Se conoce que la longitud de un tramo de cadena es de 27.5 m por tanto el número total de tramos por línea es de:

$$\#tramos = \frac{L_{cadena}}{27.5 \text{ m}} = \frac{151.25 \text{ m}}{27.5 \text{ m}} = 5.5 \approx 6 \text{ tramos}$$

Caja de cadena

El volumen ocupado por cada cadena se lo obtiene por:

$$V = 0.082 d^2 * l * 10^{-4} [m^3]$$

Donde:

D= diámetro de la cadena [mm]

l=longitud de cada cadena [m]

$$V = 0.082 * 20.5^2 * 151.25 * 10^{-4} = 0.52 \text{ m}^3$$

Se debe de dejar 0.5 metros para drenaje de agua y una distancia extra de 1.2 metros entre la estiba y la parte superior.

Las dimensiones de la caja de la cadena son L*B*H= 1.7*0.5*2.13

Partes de la cadena

Los componentes de las cadenas son:

- Grillete final/Anchor shackle
- Eslabón final/ End link
- Eslabón grueso o alargado/Enlarged link
- Swivel
- Eslabón normal/Common links
- Grillete Kenter/Kenter shackle

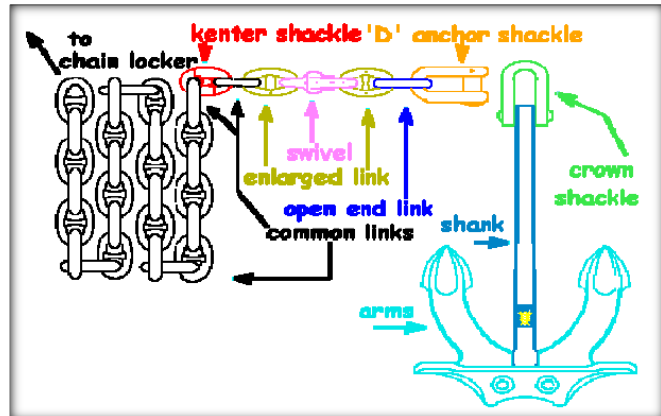


Figura 0. 3 Partes de la cadena

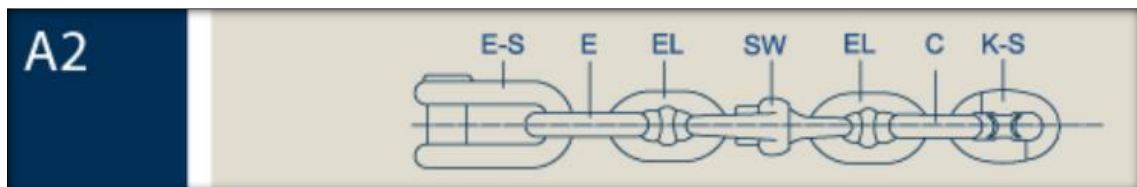


Figura 0. 4 Tipo de unión de la cadena

Las dimensiones de los componentes de la cadena dependen del diámetro= 20.5mm.

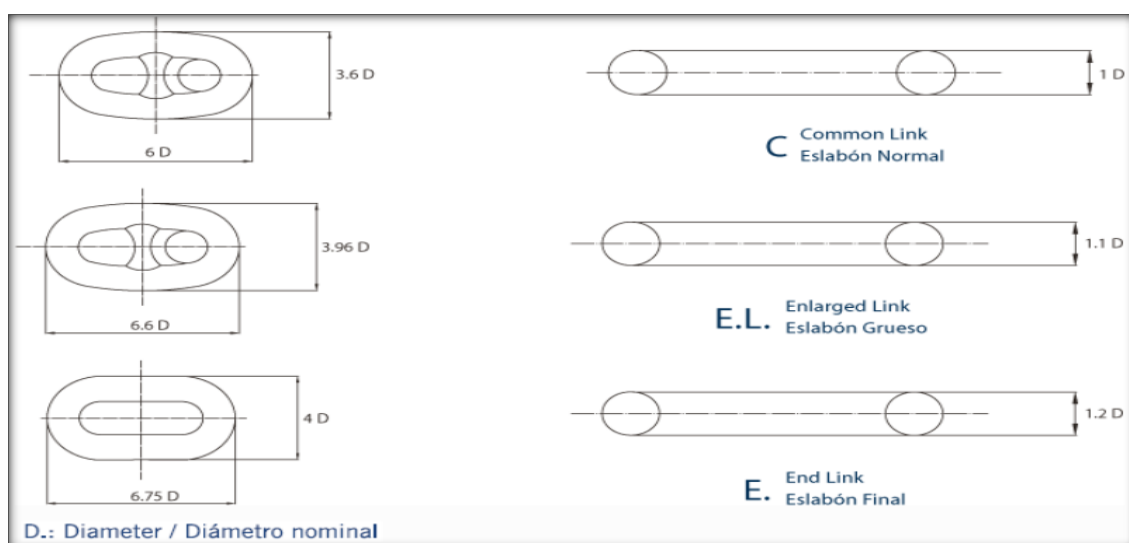


Figura 0. 5 Dimensiones de los componentes de la cadena

2.4 Peso de los elementos de la cadena

Tabla 0. 2 Pesos de los elementos de la cadena

Unión cadena-ancla	
Elementos	Pesos (kg)
Eslabón normal/Common links	0.8
Eslabón grueso o alargado /Enlarged link	1.02
Eslabón final/ End link	1.06
Grillete Kenter/Kenter shackle	1.36
Grillete final /End shackle	3.25
Swivel	2.2
Total	9.69

Tabla 0. 3 Peso total de una línea de fondeo

Peso total de la cadena-ancla			
Elementos	Peso unitario (kg)	Cantidad	Peso total
Tramos de cadena	268	6	1608
Unión cadena-ancla	9.69	1	9.69
ancla	570	1	570
		Total	2187.69

2.5 Líneas de amarre

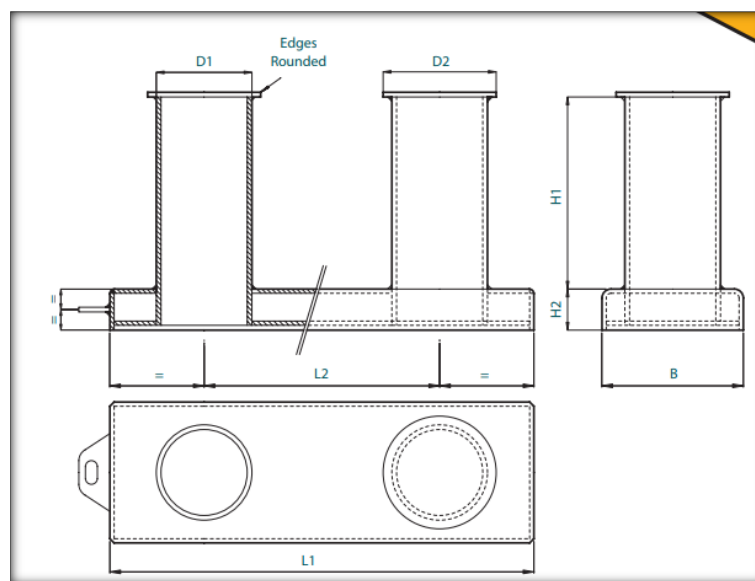
El sistema de amarre sirve para unir la embarcación a uno o más puntos fijos en muelles, boyas, etc. Dado el numeral de equipo la sociedad recomienda 3 líneas de amarre con una longitud de 120 [m] y carga de ruptura de 59 [Kn].

Tabla 0. 4 Características técnicas de las líneas de amarre

Diámetro(mm)	18
Carga Ruptura (KN)	60.72
Peso rollo 220m (kg)	32.56
Peso total de líneas(kg)	53.3

2.6 Bita

La bancada de las bitas se suelda directamente a la cubierta, excepto en el caso que la cubierta forme parte de un tanque como el caso de los petroleros, que entonces se unen a la cubierta por intermedio de una pieza, por fin de evitar posibles filtraciones. El número de bitas suele ser 5 bitas por banda. Para la selección de bitas se tomaron como valores de resistencia de rotura máxima de la línea de amarre y la línea de remolque, que son 59 KN (6.02 ton) y 112 KN (11.43 ton)



Type	Max. Bollard Load (tonne)		Tube	Plate	L1	L2	H1	H2	B	D2	Est. Weight (kg)
	Mooring	Towing	D1	D1							
100	3	6	114	100	450	250	150	75	150	150	30
125	4	8	140	125	560	315	190	80	190	190	40
160	5	10	168	160	720	400	250	90	250	225	66
200	8	16	219	200	900	500	300	100	300	265	97
250	12	24	273	250	1130	630	380	125	380	325	145
315	20	40	324	315	1430	800	480	150	480	400	309
400	32	64	406	400	1800	1000	600	175	600	480	735
500	46	92	508	500	2250	1250	750	200	750	600	1148
630	70	140	610	630	2830	1570	940	225	940	730	1673
710	82	164	711	720	3200	1750	1050	250	1050	840	2822
800	100	200	813	820	3600	2000	1200	275	1200	950	3819

Figura 0. 6. Especificaciones de las bitas

2.7 Guía cabo pánama

Los chocks son instalados a los costados del barco para dirigir las amarras de su punto fijo en la orilla al barco. El último punto puede consistir de amarre de bitas, o cabrestante.

Type	kN	W1	W2	L1	B1	R1	R2	S2	H1	H2
A3	30	200	140	450	390	R 125	R 70	7	250	275
A5	50	250	180	550	480	R 150	R 90	8	300	340
A8	80	320	225	680	585	R 180	R 112.5	9	360	415
A12	120	400	270	840	710	R 220	R 135	10	440	500
A20	200	500	320	1020	840	R 260	R160	11	520	595
A32	320	600	400	1300	1100	R 350	R 200	20	700	800

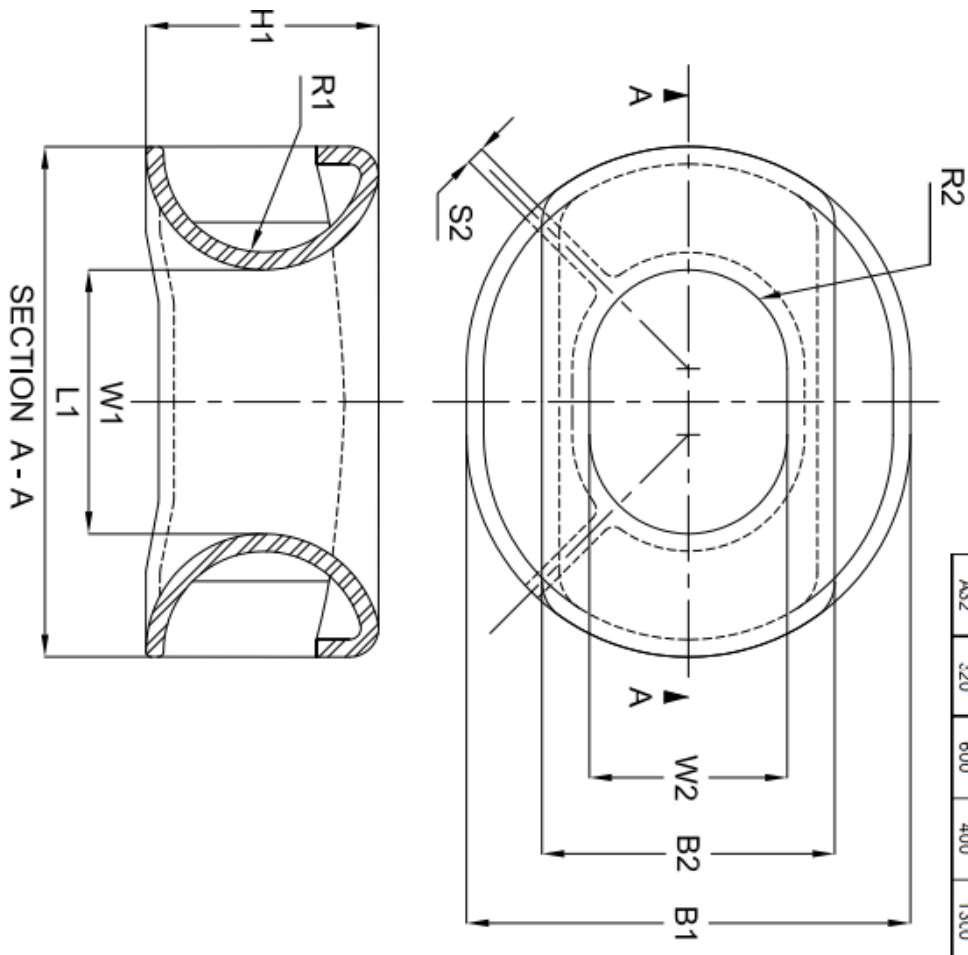
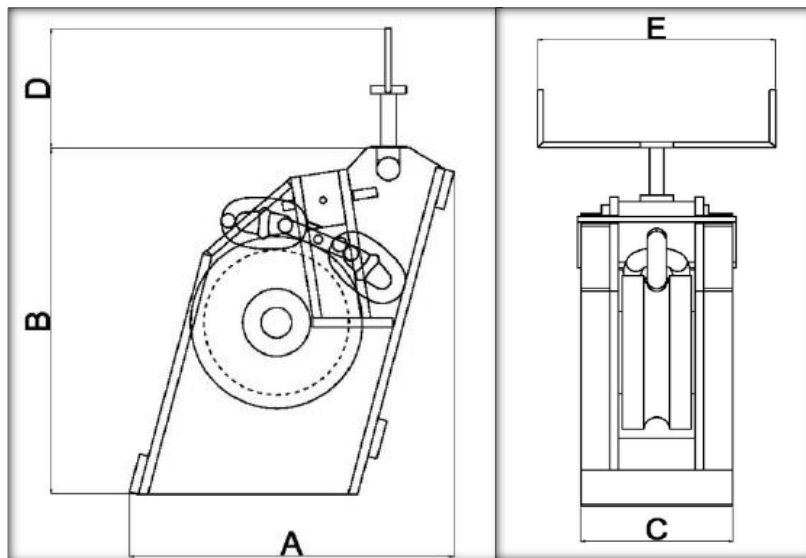


Figura 0. 7 Dimensiones de los guías cabos

2.8 Retenedor de cadena

Son usados en grupos de dos o más, y sirven para asegurar la cadena del ancla. Eliminan la tensión en un molinete, que de otro modo sería causado por las cargas de remolque.



Diam. Chain	A	B	C	D	E
20,5 - 22 - 24	453	484	225	167	351
26 - 28 - 30	528	565	262	195	410
32 - 34 - 36	679	726	337	251	527
38 - 40 - 42	793	847	393	292	615
44 - 46 - 48	906	968	449	334	703
50 - 52 - 54	1019	1089	505	376	791

Figura 0. 8 Dimensiones del retenedor

2.9 Cabestrante

Teniendo en cuenta las diversas fases de levar que son:

- Tensión de adherencia del ancla

$$T1 = 2P = 2 \times 570 = 1140 \text{ kg}$$

- Tensión para soltar el ancla

Peso de ancla dentro del agua

$$P_{agua} = 0.87 * P = 0.87 * 570 = 495.9 kg$$

Tensión de adherencia al fondo

$$Adherencia = 2P = 2 * 570 = 1140 kg$$

Peso de cadena en función del peso del ancla

$$\frac{Peso\ cadena}{Peso\ ancla} = \frac{268 * \frac{kg}{27.5\ m} * 165\ m}{570\ kg} = \frac{1608}{570} = 2.82$$

Tensión total 2

$$T_2 = 7.74P = 7.74 * 570 = 4411.8 kg$$

- Tensión para izar el ancla= rozamiento + cadena+ ancla

$$T_3 = 4.3P = 4.3 * 570 = 2451 kg$$

- Potencia para soltar el ancla

V2 = 3.6 a 5.5 [m/min]

$\eta = 0.6$ a 0.66

$$Pot_{molinete} = \frac{T_2 * V_2}{60 * \eta * 75} * 0.98 = \frac{4411.8 * 5.5 * 0.98}{60 * 0.63 * 75} = 8.38 Hp$$

- Potencia para izar el ancla

V3 = 10 a 12 [m/min]

$\eta = 0.6$ a 0.66

$$Pot_{molinete} = \frac{T_3 * V_3}{60 * \eta * 75} * 0.98 = \frac{2451 * 10}{60 * 0.63 * 75} * 0.98 = 8.65 Hp$$

La potencia mayor es efectuada para izar, considerando un factor de seguridad del 10% se tiene $9.515 hp = 7.1 kw$

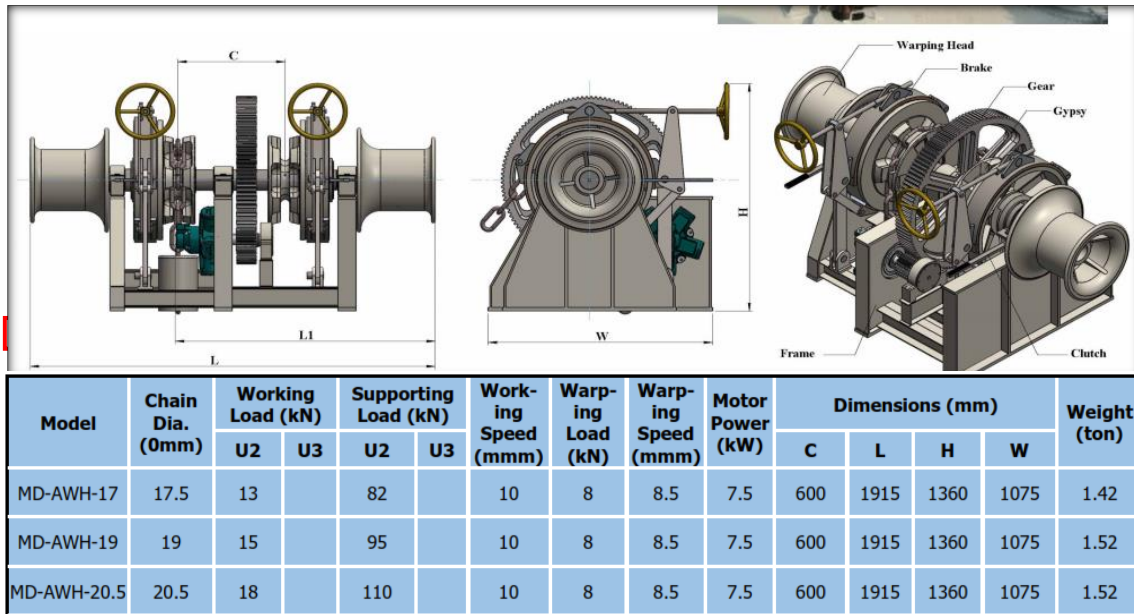


Figura 0. 9 Ficha técnica del cabestrante

APÉNDICE B

MANIOBRABILIDAD

1. Timón

El área de la pala varía entre 1.5% y 2.5% del producto LPP*T.

Tabla 0. 5 Área de la pala

L(m)	41.52
T(m)	3
B(m)	8.94
CB	0.57
AR m²	2.18
Amáx m ²	3.11
Amín m ²	1.87

Se puede observar en la segunda columna de la Tabla 0. 5, el área proyectada se encuentra dentro del rango establecido. Con este valor y el espacio disponible entre la línea base y el perfil del caco en popa se estableció las dimensiones de la pala como se muestra en la Tabla 0. 6.

Tabla 0. 6 Dimensiones del timón

Altura disponible (m)	1.7
Claro superior (m)	0.10
Claro inferior (m)	0.14
Altura del timón (m)	1.46
Cuerda del timón(m)	1.49

Área efectiva del timón

Se estima el área efectiva del timón con las siguientes formulas, donde H es la altura del timón y C es la cuerda.

$$AR_E = k * AR_G$$

$$AR_G = \frac{H}{C}$$

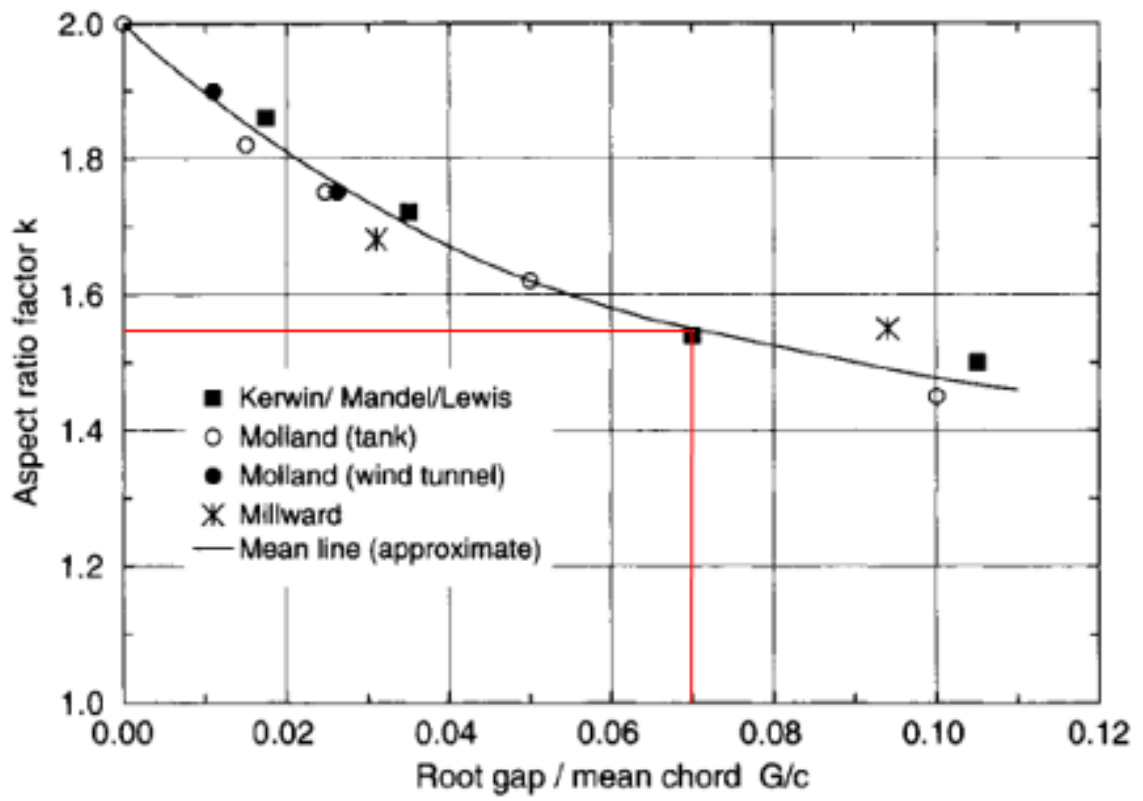


Figura 0. 10 Factor k

Tabla 0. 7 Área efectiva del timón

G(m)	0.10
C(m)	1.49
G/C	0.07
k	1.55
ARG	0.98
ARe m ²	1.52

Coeficiente de sustentación

Para obtener este coeficiente se usó la Figura 0. 11.

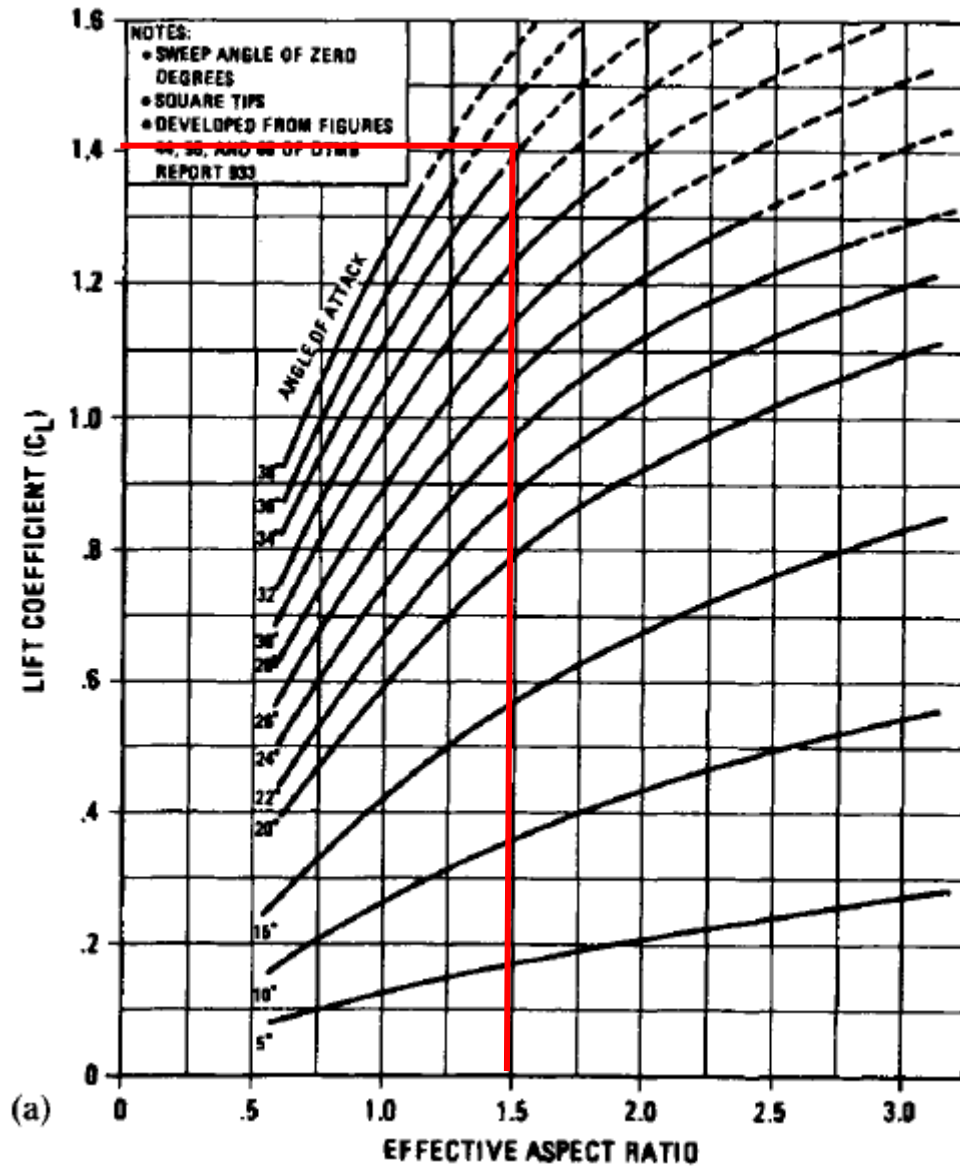


Figura 0. 11 Coeficiente de sustentación

Tabla 0. 8 Ángulo Stall

ARe m ²	1.52
α stall(o)	34
CL	1.4

Ubicación de la mecha del timón

La ubicación del centro de la mecha del timón debe estar entre $0.20C$ y $0.25C$. En este caso se tomó $0.2 C = 0.29m$.

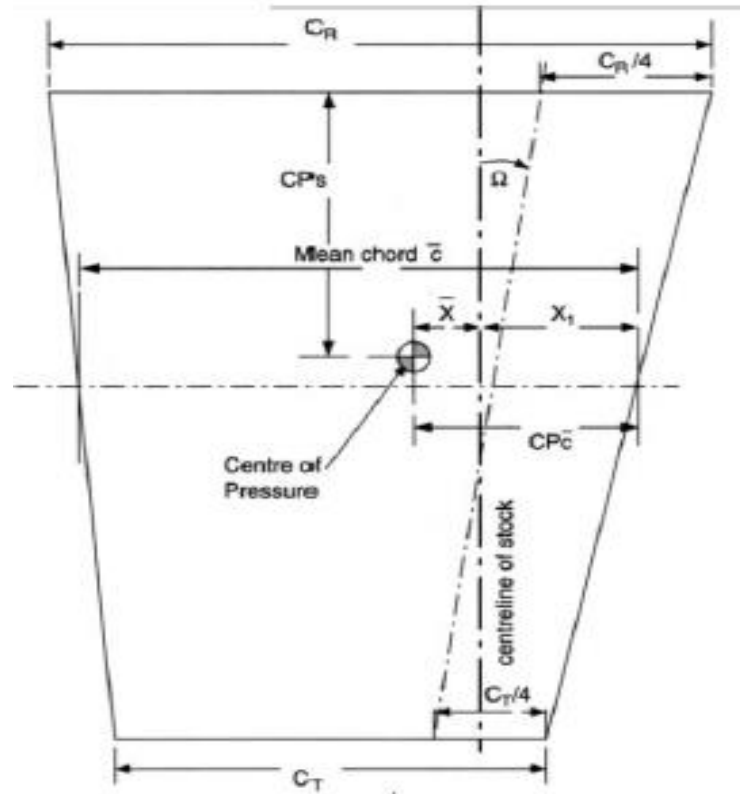


Figura 0. 12. Especificaciones del timón

Con ayuda de la Figura 0. 12, se calculó el centro de presión de la pala cuyos resultados se muestran en la Tabla 0. 9.

Tabla 0. 9 Centro de presión de la pala

CPs	0.62
CPc	0.275

2. Maniobrabilidad

En esta sección se presentan todas las formulaciones recomendadas por Alvariño, con el análisis de cada criterio.

2.1 Capacidad de giro

Diámetro de Giro

El diámetro de giro se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$DG = LPP(0.727 - 197 \frac{CB}{DEL R} + 41 \frac{TRI}{LPP} + 4.65 \frac{B}{LPP} + \frac{188}{DEL R} - 218 \frac{AR}{LPP * T * (NTI - 1)} + 1.77 \frac{V}{\sqrt{LPP}} + 25.66 \frac{AB}{LPP * T})$$

Donde V es la velocidad del buque en nudos, AR es el área lateral proyectada de cada timón en m² y AB es el área proyectada del perfil del bulbo en proa sobre crujía en m².

Tabla 0. 10 Diámetro de Giro

Lpp(m)	41.52
CB	0.57
DEL R(°)	34
TRI(m)	0.035
B(m)	8.94
T(m)	3
NTI	2
V(nudos)	12
AR(m^2)	2.18
AB(m^2)	0
DG (m)	143.81

Diámetro táctico

El diámetro táctico se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$DT = LPP(0.14 + \frac{DG}{LPP})$$

IMO requiere que el diámetro táctico no exceda 5*LPP.

Tabla 0. 11 Diámetro táctico

Lpp(m)	41.52
DG (m)	143.81
DT(m)	149.62
5*Lpp(m)	207.6

Las condiciones para otorgar una calificación se presenta en la Figura 0. 13

if $(4.26 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < TD \leq 5 \cdot L$	then $Rtd = 1$
if $(3.63 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < TD \leq (4.26 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	then $Rtd = 2$
if $(2.79 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < TD \leq (3.63 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	then $Rtd = 3$
if $(2.16 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < TD \leq (2.79 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	then $Rtd = 4$
if $(2.16 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L > TD$	then $Rtd = 5 \dots$

Figura 0. 13 Condiciones para la capacidad de giro

Donde TD es el diámetro táctico en metros, L es la eslora del buque en metros, Δ es el desplazamiento en toneladas y Rtd es la calificación de la capacidad de giro. En la fila 4 se encuentra la calificación de la capacidad de giro.

Tabla 0. 12 Calificación de la capacidad de giro

Limitante izquierdo	TD	Limitante derecho	Rtd
176.82	149.62	207.58	1
150.66	149.62	176.82	2
115.79	149.62	150.66	3
89.63	149.62	115.79	4
89.63	149.62		5

Avance

El avance se lo estima con siguiente ecuación:

$$ADVC = LPP(0.514 \frac{DT}{LPP} + 1.1)$$

IMO requiere que el avance no exceda 4.5 veces la eslora

Tabla 0. 13. Avance

Lpp(m)	41.516
DT(m)	149.62
ADVC(m)	122.57
4.5*Lpp(m)	186.822

El resultado del avance satisface el requerimiento de la OMI.

Transferencia

La transferencia se la estima con siguiente ecuación:

$$TRANS = LPP(0.531 \frac{DT}{LPP} - 0.357)$$

Tabla 0. 14. Transferencia

Lpp(m)	41.516
DT(m)	149.62
TRANS(m)	64.63

2.2 Facilidad de evolución inicial

Primer ángulo de rebasamiento 10/10 zig-zag

Según lo medido en la prueba de zigzag 10/10, el primer ángulo de rebasamiento, α_{10} , se evalúa con la siguiente función auxiliar:

$$f_{101}(L/V) = \begin{cases} 10.0 & \text{if } L/V \leq 10 \text{ sec.} \\ 5 + 0.5 \cdot (L/V) & \text{if } 10 \text{ s} < L/V < 30 \text{ sec.} \\ 20.0 & \text{if } L/V \geq 30 \text{ sec.} \end{cases}$$

Tabla 0. 15 Función auxiliar

L/V	6.73
f101	10

Condición 1:

La calificación para el primer ángulo de resbalamiento en la prueba de zigzag 10/10, $R\alpha_{10}=1$, solo se puede asignar si:

$$10.04 + 2.22Cb < f_{101}\left(\frac{L}{V}\right)$$
$$11.3 < 10$$

En este caso no aplica, por tanto, se verifica la siguiente condición:

Condición 2:

$$\frac{DELO}{DEL R} = 2.33\left(\frac{CB * B}{LPP} + 0.14\right)$$

Tabla 0. 16 Ángulo de rebasamiento

DEL R(°)	10
DELO-α_{10}(°)	6.12

Provided that condition (2.4) is satisfied:	
if $10.04 + 2.22C_b < \alpha 10_1 \leq f_{101}(L/V)$	then $Rt\alpha_{10} = 1..$
Provided that condition (2.4) is satisfied:	
if $7.42 + 2.22C_b < \alpha 10_1 \leq 10.04 + 2.22C_b$	then $Rt\alpha_{10} = 2..$
If condition (2.4) is not satisfied:	
if $7.42 + 2.22C_b < \alpha 10_1 \leq f_{101}(L/V)$	then $Rt\alpha_{10} = 2..$
Assignment of other ratings does not depend on condition (2.4) and is following formulae.	
if $3.92 + 2.22C_b < \alpha 10_1 \leq 7.42 + 2.22C_b$	then $Rt\alpha_{10} = 3$
if $1.29 + 2.22C_b < \alpha 10_1 \leq 3.92 + 2.22C_b$	then $Rt\alpha_{10} = 4$
if $\alpha 10_1 \leq 1.29 + 2.22C_b$	then $Rt\alpha_{10} = 5..$

Figura 0. 14 Condiciones, primer ángulo de rebasamiento zigzag 10/10

Tabla 0. 17 Calificación, primer ángulo de rebasamiento 10/10 zig-zag

Limitante izquierdo	$\alpha 10(^{\circ})$	Limitante derecho	Rt
11.31	6.12	10.00	1
8.69	6.12	11.31	2
5.19	6.12	8.69	3
2.56	6.12	5.19	4
	6.12	2.56	5

Segundo ángulo de rebasamiento 10/10 zig-zag

Según lo medido en la prueba de zigzag 10/10, el segundo ángulo de rebasamiento, $\alpha 10$, se evalúa con la siguiente función auxiliar:

$$f_{102}(L/V) = \begin{cases} 25.0 & \text{if } L/V \leq 10s \\ 17.5 + 0.75 \cdot (L/V) & \text{if } 10s < L/V < 30s \\ 40.0 & \text{if } L/V \geq 30s \end{cases}$$

$$\alpha 10_2 < f_{102}\left(\frac{L}{V}\right)$$

$$6.12 < 25$$

Cumple con la exigencia IMO.

Primer ángulo de resbalamiento para prueba zigzag 20/20

Según lo medido en la prueba de zigzag 20/20, el primer ángulo de resbalamiento, α_{20} , debe clasificarse de la siguiente manera.

if $20.09 + 4.44C_b < \alpha_{20_1} \leq 25$	then $Rt_{\alpha_{20}} = 1$
if $14.84 + 4.44C_b < \alpha_{20_1} \leq 20.09 + 4.44C_b$	then $Rt_{\alpha_{20}} = 2$
if $7.84 + 4.44C_b < \alpha_{20_1} \leq 14.84 + 4.44C_b$	then $Rt_{\alpha_{20}} = 3$
if $2.59 + 4.44C_b < \alpha_{20_1} \leq 7.84 + 4.44C_b$	then $Rt_{\alpha_{20}} = 4$
if $\alpha_{20_1} \leq 2.59 + 4.44C_b$	then $Rt_{\alpha_{20}} = 5 \dots$

Figura 0. 15 Condiciones, primer ángulo de rebasamiento zigzag 20/20

$$\frac{DELO}{DEL R} = 14.29 \left(\frac{CB * B}{LPP} - 0.047 \right)$$

Tabla 0. 18 Calificación, primer ángulo de rebasamiento zigzag 20/20

Limitante izquierdo	$\alpha_{102}(\circ)$	Limitante derecho	Rt
22.62	21.65	25.00	1
17.37	21.65	22.62	2
10.37	21.65	17.37	3
5.12	21.65	10.37	4
	21.65	5.12	5

Calificación resultante del ángulo de resbalamiento

$$Rt_{\alpha} = 0.5(Rt_{\alpha_{10}} + Rt_{\alpha_{20}})$$

$$Rt_{\alpha} = 0.5(3 + 2) = 2.5$$

La calificación total para maniobra de zigzag es 2.5.

2.3 Capacidad de detención

$$PP = 0.305 V^3 * DISW / (PBA * DP)$$

$$RH = 0.305 \exp(0.773 - 5 * 10^{-5} PP + 0.617 \ln(PP)) * DISW^{1/3}$$

IMO requiere que la distancia RH no exceda de 15*Lpp.

Tabla 0. 19 Parámetros de facilidad de parada

$\Delta(\text{ton})$	624.00
V(nudos)	12
PBA(40%)HP	648
DP(m)	1.35
PP	375.9
HR	215
15*Lpp	41.52
HR/Lpp	5.179
Fn	0.306

Criterios empleados por ABS para evaluar la facilidad de parada:

if $Fn(56.2 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq Fn(64.9 + 0.000139 \cdot \Delta)$	then $Rts = 2$
if $Fn(29.8 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq Fn(56.2 + 0.000139 \cdot \Delta)$	then $Rts = 3$
if $Fn(16.6 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq Fn(29.8 + 0.000139 \cdot \Delta)$	then $Rts = 4$
if $HR/L \leq Fn(16.6 + 0.000139 \cdot \Delta)$	then $Rts = 5$..

Figura 0. 16 Condiciones para evaluar la facilidad de parada

Tabla 0. 20 Calificación para la facilidad de parada

Limitante izquierdo	HR/L	Limitante derecho	Rt
21.25	5.18		1
17.21	5.18	21.25	2
9.14	5.18	17.21	3
5.10	5.18	9.14	4
	5.18	5.10	5

APÉNDICE C

Escantillonado de superestructura en aluminio

Se presenta la comparación del escantillonado en acero y aluminio, por paneles. En cada tabla se especifica el espesor del panel y los elementos estructurales seleccionados, primario, secundario y terciario.

Tabla 0. 21 Elementos estructurales del primer nivel se superestructura.

Panel cubierta superior			Panel costado y posterior - 1 er nivel			Panel frontal 1 er nivel		
Escantillón	ACERO	ALUMINIO	Escantillón	ACERO	ALUMINIO	Escantillón	ACERO	ALUMINIO
Planchaje			Planchaje			Planchaje		
tmin (mm)	6.57	10.74	tmin (mm)	5.25	8.95	tmin (mm)	6.15	10.49
t tomado(mm)	8	12	t tomado(mm)	6	10	t tomado(mm)	8.00	10
Bao de cuaderna			Cuaderna			Refuerzo		
SMmin (cm ³)	3.11	5.31	SMmin (cm ³)	7.55	12.89	SMmin (cm ³)	28.94	49.37
Selección	L 60*30*5	L 60*40*7	Selección	L 65*50*8	L 80*40*8	Selección	L 100*75*10	L 130*65*12
SM (cm ³)	4.04	5.79	SM (cm ³)	7.93	13.8	SM (cm ³)	29.00	50
Bao de bulárcama			Palmejar			Viga horizontal		
SMmin (cm ³)	18.68	31.87	SMmin (cm ³)	52.07	88.83	SMmin (cm ³)	55.95	95.45
Selección	T 80*30*6	T 80*25*8	Selección	T 165*65*6	T 200*60*8	Selección	T 250*80*6	T 325*100*6
SM (cm ³)	21.81	34.70	SM (cm ³)	114.50	194.26	SM (cm ³)	236.43	397.15
Eslora			Bulárcama			Viga vertical		
SMmin (cm ³)	71.02	121.16	SMmin (cm ³)	111.27	189.82	SMmin (cm ³)	231.52	394.96
Selección	T 150*40*6	T 150*40*10	Selección	T 165*65*6	T 200*60*8	Selección	T 250*80*6	T 325*100*6
SM (cm ³)	79.57	136.20	SM (cm ³)	114.50	194.26	SM (cm ³)	236.43	397.15

Tabla 0. 22 Elementos estructurales del segundo nivel de superestructura.

Panel cubierta de soleo			Panel costado y posterior - 2 do nivel			Panel frontal 2do nivel		
Escantillón	ACERO	ALUMINIO	Escantillón	ACERO	ALUMINIO	Escantillón	ACERO	ALUMINIO
Planchaje			Planchaje			Planchaje		
tmin (mm)	4.00	6.55	tmin (mm)	4.86	8.29	tmin (mm)	5.10	8.70
t tomado(mm)	6.00	8	t tomado(mm)	6.00	10	t tomado(mm)	6.00	10
Bao de cuaderna			Cuaderna			Refuerzo		
SMmin (cm ³)	1.70	2.90	SMmin (cm ³)	7.16	12.21	SMmin (cm ³)	9.65	16.46
Selección	L 40*25*5	L 50*25*5	Selección	L 65*50*8	L 80*40*8	Selección	L 75*50*8	L 100*50*8
SM (cm ³)	1.81	2.91	SM (cm ³)	7.93	13.8	SM (cm ³)	10.80	18
Bao de bulárcama			Palmejar			Viga horizontal		
SMmin (cm ³)	6.80	11.60	SMmin (cm ³)	51.55	87.94	SMmin (cm ³)	18.65	31.82
Selección	T 40*25*6	T 50*25*8	Selección	165*65*6	T 200*60*8	Selección	T 190*60*6	T 250*60*6
SM (cm ³)	9.61	17.31	SM (cm ³)	114.50	194.26	SM (cm ³)	129.00	202.54
Eslora			Bulárcama			Viga vertical		
SMmin (cm ³)	38.78	66.17	SMmin (cm ³)	110.11	187.84	SMmin (cm ³)	77.17	131.65
Selección	T 100*40*6	T 125*40*8	Selección	165*65*6	T 200*60*8	Selección	T 190*60*6	T 250*60*6
SM (cm ³)	44.10	81.40	SM (cm ³)	114.50	194.26	SM (cm ³)	129.00	202.54

El aluminio tiene un esfuerzo permisible menor que al acero, por tanto, el escantillón será mayor. Esto se vio reflejado en la Tabla 0. 21 y en la Tabla 0. 22.

APÉNDICE D

ESTABILIDAD

En la Tabla 0. 23 y Tabla 0. 24 se muestra la condición de salida de puerto a nivel preliminar y de detalle. En las filas de color amarilla se muestran los cambios realizados.

Tabla 0. 23 Condición, salida de puerto (nivel preliminar)

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Casco acero	1	165,799	165,799	-1,200	0,000	2,510
Superestructura acero	1	51,000	51,000	-1,500	0,000	7,058
Subtotal G100			216,799	-1,271	0,000	3,580
Motores principales	2	4,600	9,200	-9,300	0,000	2,000
Reductores	2	0,860	1,720	-11,000	0,000	1,300
ejes	2	0,730	1,460	-14,200	0,000	0,870
propulsores	2	0,180	0,360	-17,600	0,000	0,700
resto de maquinaria	1	18,500	18,500	-9,500	0,000	1,100
Subtotal G200			31,240	-9,837	0,000	1,361
Generadores	2	2,500	5,000	-9,170	0,000	1,350
Equipos	1	10,000	10,000	-9,170	0,000	1,350
Accesorios y circuitos	1	5,000	5,000	-2,000	0,000	3,500
Subtotal G 300			20,000	-7,377	0,000	1,888
Planta centrifugadora de diesel	1	0,350	0,350	-8,000	0,000	1,080
Planta tratadora de agua de sen	1	0,360	0,360	-11,000	0,000	1,080
Planta procesadora de aguas neg	1	5,000	5,000	-8,000	0,000	1,080
Desalinizadoras	2	1,500	3,000	-9,500	0,000	1,080
Subtotal G500			8,710	-8,641	0,000	1,080
Habitabilidad	1	129,000	129,000	-1,500	0,000	3,500
Pasajeros y tripulantes	1	3,900	3,900	-1,300	0,000	3,000
Provisión	1	5,200	5,200	-1,300	0,000	4,100
Pañol de cadenas	1	15,000	15,000	15,000	0,000	3,600
Subtotal G 600			153,100	0,128	0,000	3,517
Aguas negras(Bb)	10%	1,091	0,109	-8,056	-0,428	0,163
Aguas grises (Eb)	10%	1,091	0,109	-8,056	0,428	0,163
Subtotal	10%	2,181	0,218	-8,056	0,000	0,163
Diesel 4 (Bb)	90%	2,271	2,044	-6,479	-1,315	0,623
Diesel 4 (Eb)	90%	2,271	2,044	-6,479	1,315	0,623
Diesel 3 (Bb)	90%	8,112	7,301	-4,049	-1,328	0,617
Diesel 3 (Eb)	90%	8,112	7,301	-4,049	1,328	0,617
Diesel 2 (Bb)	90%	8,190	7,371	-0,289	-1,330	0,615
Diesel 2 (Eb)	90%	8,190	7,371	-0,289	1,330	0,615
Diesel 1 (Bb)	90%	6,591	5,932	3,220	-1,274	0,625
Diesel 1 (Eb)	90%	6,591	5,932	3,220	1,274	0,625
Subtotal	90%	50,329	45,296	-1,140	0,000	0,619
Fresh water4 (Bb)	90%	7,354	6,618	-20,831	-1,627	2,884
Fresh water4(Eb)	90%	7,354	6,618	-20,831	1,627	2,884
Fresh water3(Bb)	90%	8,718	7,846	7,417	-1,087	0,633
Fresh water3 (Eb)	90%	8,718	7,846	7,417	1,087	0,633
Fresh water2 (Bb)	90%	3,118	2,806	10,911	-0,711	0,687
Fresh water2 (Eb)	90%	3,118	2,806	10,911	0,711	0,687
Fresh water1 (Eb)	90%	1,134	1,021	13,337	0,388	0,747
Fresh water1 (Bb)	90%	1,134	1,020	13,336	-0,388	0,747
Subtotal	90%	40,646	36,581	-1,938	0,000	1,462
Aceite	90%	0,788	0,709	-8,091	-2,323	0,779
Aceite	90%	0,788	0,709	-8,091	2,323	0,779
Subtotal	90%	1,576	1,418	-8,091	0,000	0,779
Total Loadcase			513,363	-1,795	0,000	2,897
FS correction						0,215
VCG fluid						3,111

Tabla 0. 24 Condición, salida de puerto (nivel de detalle)

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Casco acero	1	165,799	165,799	-1,200	0,000	2,510
Superestructura aluminio	1	26,860	26,860	-1,530	0,000	7,000
peso adicional aluminio	1	1,970	1,970	-13,780	0,000	6,000
Subtotal G100			194,629	-1,373	0,000	3,165
Motores principales	2	4,600	9,200	-9,300	0,000	2,000
Reductores	2	0,860	1,720	-11,000	0,000	1,300
ejes	2	0,730	1,460	-14,200	0,000	0,870
propulsores	2	0,180	0,360	-17,600	0,000	0,700
resto de maquinaria	1	18,500	18,500	-9,500	0,000	1,100
Subtotal G200			31,240	-9,837	0,000	1,361
Generadores	2	2,100	4,200	-9,170	0,000	1,350
Equipos	1	10,000	10,000	-9,170	0,000	1,350
Accesorios y circuitos	1	5,000	5,000	-2,000	0,000	3,500
Subtotal G 300			19,200	-7,303	0,000	1,910
Planta centrifugadora de diesel	1	0,350	0,350	-8,000	0,000	1,080
Planta tratadora de agua de sen	1	0,360	0,360	-11,000	0,000	1,080
Planta procesadora de aguas neg	1	2,700	2,700	-8,000	0,000	1,080
Desalinizadoras	2	0,082	0,164	-9,500	0,000	1,080
planta de aire acondicionado	1	2,360	2,360	-18,970	0,000	2,610
Subtotal G500			5,934	-12,586	0,000	1,688
Habitabilidad	1	129,000	129,000	-1,500	0,000	3,500
Pasajeros y tripulantes	1	3,900	3,900	-1,300	0,000	3,000
Provisión	1	5,200	5,200	-1,300	0,000	4,100
ancla	2	0,570	1,140	16,000	0,000	3,600
cadena	2	1,620	3,240	18,000	0,000	3,600
bita, guía cabo y cabos	3	0,212	0,636	18,200	0,000	5,220
retenedor	2	0,125	0,250	15,500	0,000	5,360
cabestrante	1	1,520	1,520	17,000	0,000	5,360
Subtotal G 600			144,886	-0,604	0,000	3,541
Aceite	90%	0,788	0,709	-8,091	-2,323	0,779
Aceite	90%	0,788	0,709	-8,091	2,323	0,779
subtotal	90%	1,576	1,418	-8,091	0,000	0,779
Aguas negras(Bb)	10%	1,091	0,109	-8,056	-0,428	0,163
Aguas grises (Eb)	10%	1,091	0,109	-8,056	0,428	0,163
subtotal	10%	2,181	0,218	-8,056	0,000	0,163
Diesel 4 (Bb)	90%	2,271	2,044	-6,479	-1,315	0,623
Diesel 4 (Eb)	90%	2,271	2,044	-6,479	1,315	0,623
Diesel 3 (Bb)	90%	8,112	7,301	-4,049	-1,328	0,617
Diesel 3 (Eb)	90%	8,112	7,301	-4,049	1,328	0,617
Diesel 2 (Bb)	90%	8,190	7,371	-0,289	-1,330	0,615
Diesel 2 (Eb)	90%	8,190	7,371	-0,289	1,330	0,615
Diesel 1 (Bb)	90%	6,591	5,932	3,220	-1,274	0,625
Diesel 1 (Eb)	90%	6,591	5,932	3,220	1,274	0,625
subtotal	90%	50,329	45,296	-1,140	0,000	0,619
Fresh water4 (Bb)	90%	7,354	6,618	-20,831	-1,627	2,884
Fresh water4(Eb)	90%	7,354	6,618	-20,831	1,627	2,884
Fresh water3(Bb)	90%	8,718	7,846	7,417	-1,087	0,633
Fresh water3 (Eb)	90%	8,718	7,846	7,417	1,087	0,633
Fresh water2 (Bb)	90%	3,118	2,806	10,911	-0,711	0,687
Fresh water2 (Eb)	90%	3,118	2,806	10,911	0,711	0,687
Fresh water1 (Bb)	90%	1,134	1,020	13,336	-0,388	0,747
Fresh water1 (Eb)	90%	1,134	1,021	13,337	0,388	0,747
subtotal	90%	40,646	36,581	-1,938	0,000	1,462
Total Loadcase			479,403	-2,112	0,000	2,714
FS correction						0,230
VCG fluid						2,943

Se aprecia una reducción de desplazamiento entre el nivel de detalle y el preliminar.

Se analizaron los criterios de estabilidad de la OMI para esta embarcación, comparando los resultados del nivel preliminar y de detalle.

Tabla 0. 25 Criterios de estabilidad (nivel preliminar)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	16,8	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	31,513	m.deg	130,848	Pass	+315,22
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	51,566	m.deg	196,814	Pass	+281,67
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	17,189	m.deg	65,966	Pass	+283,77
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,699	Pass	+249,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	29,1	Pass	+16,36
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,853	Pass	+1135,33
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	16,0	deg	2,0	Pass	+87,23
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	80,00	%	10,72	Pass	+86,60
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)	100,00	%	396,54	Pass	+296,54
3.1 Passenger Ships	3.1.1: Passenger crowding: angle of equilibrium	10,0	deg	0,7	Pass	+92,65
3.1 Passenger Ships	3.1.2: Turn: angle of equilibrium	10,0	deg	1,0	Pass	+90,29

Tabla 0. 26 Criterios de estabilidad (nivel de detalle)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	15,9	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	31,513	m.deg	149,773	Pass	+375,27
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	51,566	m.deg	231,791	Pass	+349,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	17,189	m.deg	82,019	Pass	+377,16
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,841	Pass	+320,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	30,9	Pass	+23,64
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	2,108	Pass	+1305,33
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	

	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	16,0	deg	1,9	Pass	+87,88
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	80,00	%	9,59	Pass	+88,01
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)	100,00	%	484,46	Pass	+384,46
3.1 Passenger Ships	3.1.1: Passenger crowding: angle of equilibrium	10,0	deg	0,7	Pass	+93,14
3.1 Passenger Ships	3.1.2: Turn: angle of equilibrium	10,0	deg	0,8	Pass	+92,15

En ambos casos todos los criterios de estabilidad satisfacen lo requerido por la OMI. Cabe mencionar que en el nivel de detalle se tiene una embarcación con mayor estabilidad.

APÉNDICE E

Presupuesto

En esta sección se presenta en detalle el presupuesto obtenido por grupo tecnológico. Solo se mostrarán resultados de un escenario, esto es, construcción por astillero. El segundo escenario corresponde a un ahorro del 20% en material.

1. Grupo 000

Tabla 0. 27 Presupuesto de ingeniería

GRUPO 00		Mano de obra		Materiales y Equipos
Item	Cantidad	HH	Costo	Costo
Diseño e ingeniería	1	880	\$26,400	\$9,000
			Total G 00	\$35,400

2. Grupo 100

Tabla 0. 28 Presupuesto G100

ITEM	CTD.	Acero	Aluminio	SUBTOTAL
ESTRUCTURA				\$ 453,161.95
MATERIAL	194.63	\$177,451.07	\$ 234,514.34	
MISCELANEOS	19.46	\$ 17,745.11	\$ 23,451.43	
INSUMOS				\$ 70,034.12
OXIGENO	-	\$ 7,098.04	\$ 9,380.57	
SOLDADURA	-	\$ 8,872.55	\$ 11,725.72	
FUNGIBLES	-	\$ 14,196.09	\$ 18,761.15	
MANO DE OBRA	45842	\$11.58		\$ 530,905.76
Herramientas				\$ 150,240.00
EQUIPOS GRANDES	20	\$ 4,800.00	\$ 96,000.00	
EQUIPOS MEDIANOS	24	\$ 2,000.00	\$ 48,000.00	
MAQ-HERRALIENTAS	13	\$ 480.00	\$ 6,240.00	
TOTAL PRESUPUESTO				\$ 1,204,341.83

3. Pintura

Tabla 0. 29 Presupuesto de pintura

Pintura				Mano de obra		Materiales		
Zona	Areas(m^2)	# de capas	Descripción	\$/m^2	Costo	\$/galones	Costo	Proveedor
Obra viva	418.26	2	epóxica	\$1.50	\$ 1,254.78	\$70	\$1,740.26	JET
		2	antifouling		\$ 1,254.78	\$120	\$2,651.82	
Obra muerta	177.56	2	epóxica		\$ 532.68	\$70	\$738.78	
		1	poliuretano		\$ 266.34	\$60	\$140.72	
cubiertas	948.24	2	epóxica		\$ 2,844.72	\$70	\$3,945.35	
		1	poliuretano		\$ 1,422.36	\$60	\$751.50	
Superestructura	252.99	1	epóxica		\$ 379.49	\$70	\$467.83	
		1	poliuretano		\$ 379.49	\$60	\$200.50	
Mamparos	277.16	2	epóxica		\$ 831.48	\$70	\$768.79	
Estructura Interna	933.39	2	epóxica		\$ 2,800.18	\$70	\$2,589.06	
Prep. Superficie					\$ 1,635.32		\$ 45,645.07	
				TOTAL	\$ 13,601.61	TOTAL	\$59,639.66	
						TOTAL PINTURA	\$73,241.27	

4. Grupo 200

Tabla 0. 30 Presupuesto G200

GRUPO 200			
Ítem	Cantidad	Valor	Subtotal
Eje	2	\$ 30,000	\$ 60,000
Hélice	2	\$ 50,000	\$ 100,000
Sellos	4	\$ 3,500	\$ 14,000
prensa estopa	2	\$ 3,500	\$ 7,000
Motor y reductor	2	\$ 500,000	\$ 1,000,000
Montaje G200	1	\$ 75,000	\$ 75,000
		Subtotal	\$ 1,256,000
		TOTAL G 200	\$ 1,381,600

5. Grupo 300

Tabla 0. 31 Presupuesto G300

GRUPO 300		Montaje		Costo de materiales	
Ítem	Cantidad	HH	Costo	Costo	Total
Generador	2	2500.00	\$ 37,500	\$ 100,000	\$ 200,000
Baterías	4	200.00	\$ 3,000	\$ 4,000	\$ 16,000
Sistema eléctrico	1	8000.00	\$ 120,000	\$ 150,000	\$ 150,000
		Subtotal 1	\$ 160,500	Subtotal 2	\$ 366,000
				Total G300	\$ 579,150

6. Grupo 400

Tabla 0. 32 Presupuesto G400

GRUPO 400		Montaje		Costo de materiales	
Ítem	Cantidad	HH	Costo	Costo	Total
Equipos de navegación	1	4500	\$ 67,500	\$ 40,000	\$ 40,000
		Subtotal 1	\$ 67,500	Subtotal 2	\$ 40,000
				Total G400	118250

7. Grupo 500

Tabla 0. 33 Presupuesto G500

GRUPO 500		Montaje		Costo de materiales	
Ítem	Cantidad	HH	Costo	Costo	Total
Sistema de achique	1	2000	\$ 40,000	\$ 70,000	\$ 70,000
Sistema contraincendio	1	2000	\$ 40,000	\$ 70,000	\$ 70,000
Sistema de combustible	1	2000	\$ 40,000	\$ 70,000	\$ 70,000
Sistema de agua dulce	1	3500	\$ 70,000	\$ 80,000	\$ 80,000
Sistema de gobierno	1	3500	\$ 70,000	\$ 90,000	\$ 90,000
Amarre y fondeo	1	1500	\$ 30,000	\$ 75,000	\$ 75,000
Planta de aire acondicionado	1	2000	\$ 40,000	\$ 75,000	\$ 75,000
		Subtotal 1	\$ 330,000	Subtotal 2	\$ 530,000
				Total G500	\$ 946,000

8. Grupo 600

Tabla 0. 34 Presupuesto G600

GRUPO 600		Montaje		Costo de materiales	
Ítem	Unidad	Valor	Costo	Costo	Total
Habitabilidad	HH	1000	\$ 15,000	\$ 390,000	\$ 390,000
Recubrimiento de forro	\$/m^2	800	\$ 1,200,000		
		Subtotal 1	\$ 1,215,000	Subtotal 2	\$ 390,000
				Total G 600	\$ 1,765,500