

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Estudio técnico-económico de la remotorización de un buque atunero de 40 metros

INGE - 2651

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Naval

Presentado por:

Jarry Marcelo Cedeño Carrillo

Dairo Gordano Tenemea Lojano

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a la empresa que nos dio todo su apoyo para la realización de este proyecto, al Capitán Daniel, y todos los que nos supieron ayudar en cada paso de esta tesis. A los armadores y directivos de empresas pesqueras en Ecuador, con la firme convicción de que la ingeniería puede ser un pilar fundamental para la eficiencia y el crecimiento del sector. Que este estudio sirva como una herramienta de apoyo para optimizar sus operaciones y abrir nuevas oportunidades para una industria más innovadora y sostenible. Asimismo, a los profesionales del ámbito marítimo y a las futuras generaciones que se están formando en esta disciplina, con el deseo de que este estudio contribuya al desarrollo del país. Que el conocimiento y la perseverancia sean siempre el motor del progreso.

- **Jarry Marcelo Cedeño Carrillo.**

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su esfuerzo, amor y valores me han guiado en cada paso de mi vida. A mis hermanos, por su apoyo incondicional y confianza en mí. A mis amigos y compañeros, por acompañarme en este camino con palabras de aliento y motivación. Y, finalmente, a todas aquellas personas que me inspiraron a seguir adelante y nunca rendirme

- **Dairo Gordano Tenemea Lojano**

Agradecimientos

Expreso mis más sinceros agradecimientos a Dios y a la Virgen, por guiarme y cuidarme en cada paso de este camino. A mis padres, cuyo apoyo incondicional y confianza han sido la base de todo lo que he logrado y de la persona en la que me he convertido. A Melany, por acompañarme en cada etapa, en los momentos buenos y en los más difíciles. A mis hermanos y familiares, por ser un pilar fundamental en mi vida, y al señor/a Apolo Romero, por sus valiosos consejos y apoyo constante. A los profesores de mi facultad, por compartir su conocimiento y enseñanzas, que llevaré siempre conmigo en mi vida profesional. Finalmente, a mis compañeros de estudios, con quienes atravesé este camino de retos y aprendizajes, creando recuerdos que atesoraré siempre.

A quienes creyeron en mí, gracias totales.

- **Jarry Marcelo Cedeño Carrillo**

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento al ing. Jorge Faytong Durango, por su guía y conocimientos durante la realización de este proyecto. A mis profesores, en especial al Dr. Marín, cuya enseñanza y dedicación han sido fundamentales en mi formación. Al capitán Daniel y a su equipo, por brindarnos información valiosa y acceso a datos clave para nuestra investigación. A mis compañeros y amigos, por su apoyo y motivación en los momentos de mayor desafío. Y, sobre todo, a mi familia, por su paciencia, comprensión y aliento inquebrantable a lo largo de esta etapa académica. ¡A todos ustedes en verdad muchas gracias!

- **Dairo Gordano Tenemea Lojano**

Declaración Expresa

Nosotros Jarry Marcelo Cedeño Carrillo y Dairo Gordano Tenemea Lojano acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 7 de febrero de 2025

Jarry Marcelo
Cedeño Carrillo

Dairo Gordano
Tenemea Lojano

Evaluadores

**M.Sc. María Tadea Quintuña
Rodríguez**

Profesor de Materia

**Ing. Jorge Vicente Faytong
Durango**

Tutor de proyecto

Resumen

La flota atunera ecuatoriana supera los 40 años de operación con el mismo sistema propulsivo, reduciendo su eficiencia y competitividad. Este estudio evalúa la remotorización de un buque de 38 metros para determinar el sistema propulsivo más eficiente y la rentabilidad de la inversión. Con base en las características de la embarcación y los requerimientos del armador, se calculó la resistencia total y la potencia necesaria, seleccionando un conjunto motor-hélice óptimo que permita una faena de pesca adicional por año. Mediante un flujo de caja comparativo, basado en los ingresos y costos operacionales de la empresa, se analizaron los indicadores de rentabilidad. Se determinó que la hélice actual no aprovecha la potencia máxima, por lo que se seleccionó una de 1.9 metros de diámetro y 1.44 metros de paso. El análisis financiero confirmó que la inversión es rentable, con una TIR del 34.82% y un periodo de retorno menor a tres años, incluso en escenarios pesimistas no supera los cuatro años. Sin embargo, un diseño inadecuado del sistema propulsivo, como una mala elección de la hélice, podría provocar sobrecalentamiento del motor, incrementando costos de mantenimiento y tiempos de inactividad.

Palabras Clave: Sistema Propulsivo, Potencia Instalada, Desempeño de Hélice, Inversión, Rentabilidad.

Abstract

The Ecuadorian tuna fleet has been operating for over 40 years with the same propulsion system, reducing its efficiency and competitiveness. This study evaluates the re-motorization of a 38-meter vessel to determine the most efficient propulsion system and the profitability of the investment. Based on the characteristics of the vessel and the requirements of the shipowner, the total resistance and the necessary power were calculated, selecting an optimal engine-propeller assembly that allows for one additional fishing operation per year. Through comparative cash flow, based on the company's income and operational costs, the profitability indicators were analyzed. It is estimated that the current propeller does not take advantage of the maximum power, so a 1.9-meter diameter and 1.44-meter pitch propeller were selected. The financial analysis confirmed that the investment is profitable, with an IRR of 34.82% and a payback period of less than three years, even in pessimistic scenarios it does not exceed four years. However, improper propulsion system design, such as poor propeller selection, could lead to engine overheating, increasing maintenance costs and downtime.

Keywords: *Propulsion System, Installed Power, Propeller Performance, Investment, Profitability.*

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VII
Simbología	VIII
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas	X
Índice de planos	XII
Capítulo 1.....	1
1. Introducción	2
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Marco teórico	6
1.4.1. Flota atunera ecuatoriana	6
1.4.2. Remotorización de un buque	7
1.4.3. Resistencia al avance	9
1.4.4. Consideraciones generales para la hélice.....	10
1.4.5. Evaluación económica de proyectos	11
1.4.6. Valor Actual Neto (VAN).....	11
1.4.7. Tasa Interna de Retorno (TIR).	11
1.4.8. Análisis de Sensibilidad.....	12
1.4.9. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	12
1.4.10. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	13

Capítulo 2.....	14
2. Metodología	15
2.1. Proceso de remotorización	15
2.2. Empresa colaboradora.....	16
2.3. Análisis preliminar del sistema propulsivo.....	17
2.3.1. Evaluación del sistema actual	17
2.3.2. Estimación de la resistencia	21
2.3.3. Estimación de la potencia	25
2.3.4. Selección del reductor	28
2.3.5. Dimensionamiento de los ejes	29
2.3.6. Dimensionamiento de la hélice	30
2.4. Procesamiento de los datos financieros del buque de estudio	31
2.4.1. Datos de las faenas de pesca	31
2.4.2. Desglose de Costos operacionales	34
2.4.3. Sueldos y beneficios sociales de tripulantes	34
2.4.4. Alimentación y víveres	34
2.4.5. Suministro y Materiales Repuestos.....	35
2.4.6. Mantenimientos y Reparaciones	36
2.4.7. Otros Costos de Producción B/P	36
2.4.8. Combustible	37
2.4.9. Mantenimiento	38
2.4.10. Costos fijos.....	40
2.4.11. Costos de veda	40
2.5. Costos de inversión inicial	40
2.6. Análisis de factibilidad de la inversión	40
2.7. Supuestos para el flujo de caja 5 años del motor antiguo y motor propuesto.....	41
2.8. Distintos escenarios para el análisis de sensibilidad.....	41
Capítulo 3.....	43

3.	Resultados y Análisis	44
3.1.	Análisis técnico	44
3.1.1.	Estimación de la resistencia al avance	44
3.1.2.	Estimación de coeficientes propulsivos	45
3.1.3.	Potencia instalada.....	46
3.1.4.	Selección de reductor	49
3.1.5.	Selección de los ejes	50
3.1.6.	Selección de la hélice.....	51
3.2.	Análisis económico	53
3.2.1.	Días de veda.....	54
3.2.2.	Faena de pesca propuesta después del proceso de remotorización.....	54
3.2.3.	Inversión inicial	54
3.2.4.	Motor – reductor	55
3.2.5.	Hélice	55
3.2.6.	Costo de varadero	56
3.2.7.	Costo de estudio de ingeniería naval	56
3.2.8.	Resumen de la inversión	57
3.2.9.	Amortización Francesa Anual.....	57
3.2.10.	Ingresos	58
3.2.11.	Costos.....	59
3.2.12.	Combustible y Mantenimiento de máquina principal.....	61
3.2.13.	Flujo de Caja e indicadores financieros	61
3.2.14.	Análisis de sensibilidad.....	63
Capítulo 4.....		69
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	70
4.1.	Conclusiones	71
4.2.	Recomendaciones	71
Referencia Bibliográfica		73
APÉNDICES.....		77

APÉNDICE A Base de datos de la flota atunera ecuatoriana.....	78
APÉNDICE B Curva de desempeño del motor Yanmar 6EY17W	81
APÉNDICE C Visita al Buque de estudio	82
APÉNDICE D Reporte de prueba de mar 2024.....	83
APÉNDICE E Proveedores locales contactados.....	84
APÉNDICE F Cálculo de resistencia	85
APÉNDICE G Datos de entrada en EFICPROP.....	87
APÉNDICE H Diseño de la hélice por DISPROP.....	88
APÉNDICE I Cálculo de la hélice.....	89
APÉNDICE J Registro de capturas en 22 mareas	92
APÉNDICE K Tabla de rubros contables de costos fijos de la empresa.....	93
APÉNDICE L Supuestos para el flujo de caja de los primeros 5 años.....	94
APÉNDICE M Porcentajes en análisis de sensibilidad	97
APÉNDICE N Costo de Varadero Completo	99
APÉNDICE O Costo de Estudio de Ingeniería Naval	100
APÉNDICE P Amortización Mensual 60 cuotas.....	101
APÉNDICE Q Flujo de caja 1er Año y proyecciones de ambos casos en los 5 primeros años .	104
APÉNDICE R Entrevistas	106
PLANOS	109
PLANO DE DISTRIBUCION GENERAL	110
PLANO DE FUNDICIÓN DE LA HÉLICE	112

Abreviaturas

B/P	Buque Pesquero
CIAT	Comisión Interamericana del Atún Tropical
CNP	Cámara Nacional de Pesquería
MPCEIP	Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca
OPO	Océano Pacífico Oriental
PRI	Periodo de Recuperación de la Inversión
SLR	Speed Length Ratio
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
VP	Valor Presente

Simbología

Cb	Coeficiente de Bloque
DAR	Relación de Área de Disco
Fn	Número de Froude
Fv	Número de Froude Volumétrico
g	Gravedad terrestre
gal	Galones estadounidenses
h	Hora
HP	Caballos de fuerza (Horsepower)
kg	Kilogramos
kn	Nudos
kN	Kilonewtons
kW	Kilovatios
m	metros
mm	Milímetros
N	Newtons
P	Paso de la hélice
RPM	Revoluciones por minuto
Rt	Resistencia Total al avance
ton	Tonelada
V	Velocidad del buque
Z	Número de aspas de la hélice
\$	Dólar estadounidense

Índice de figuras

Figura 1 Flota atunera en el OPO por número de embarcaciones en el 2023.....	6
Figura 2 Distribución de edad de la flota atunera ecuatoriana en el 2024.....	7
Figura 3 Casos de aplicación de una remotorización	7
Figura 4 Principales elementos del sistema de propulsión en un proyecto de remotorización	8
Figura 5 Etapas del proceso de remotorización para la mejora del calado.....	9
Figura 6 Recomendaciones de trabajo de la hélice en varias zonas. A: Funcionamiento continuo, B: Funcionamiento por tiempo limitado, C: Pruebas de mar, D: Zona para proyecto	10
Figura 7 Metodología aplicada al proceso de remotorización	16
Figura 8 Visita al buque de estudio en el puerto de Manta.....	17
Figura 9 Transmisión de la potencia por componente de propulsión	26
Figura 10 Monograma recomendado para el diámetro del eje	30
Figura 11 Toneladas capturadas en 22 mareas	32
Figura 12 Galones consumidos por días de pesca del Motor Caterpillar	37
Figura 13 Costo de mantenimiento del motor antiguo en 2021 del buque estudio	38
Figura 14 Costo de mantenimiento del buque estudio 2022.....	39
Figura 15 Comparación de métodos de predicción de resistencia.....	45
Figura 16 Curva potencia versus velocidad estimada.....	47
Figura 17 Comparación entre potencia instalada vs teórica	48
Figura 18 Especificaciones técnicas para el motor Yanmar 6EY17W	49
Figura 19 Dimensiones de la maquina principal y reductora dadas por el fabricante	50
Figura 20 Curva de operación de la hélice propuesta.....	52
Figura 21 Modelo 3D de la hélice	52
Figura 22 Análisis de sensibilidad del precio de la tonelada de atún	64
Figura 23 Análisis de sensibilidad para el precio de combustible	65
Figura 24 Análisis de sensibilidad para los otros costos operacionales	66
Figura 25 Análisis de sensibilidad del promedio de toneladas capturadas.....	67
Figura 26 Periodo de recuperación de la inversión.....	68
Figura 27 Diagrama seleccionado.....	90

Índice de tablas

Tabla 1	Dimensiones principales del buque analizado	18
Tabla 2	Gamas usuales de los parámetros de forma en buques atuneros	19
Tabla 3	Criterios para establecimiento del tipo de casco.....	19
Tabla 4	Especificaciones generales del sistema de propulsión actual	20
Tabla 5	Prueba de mar realizada con el motor actual	20
Tabla 6	Cálculos hidrostáticos para un trimado de 0.6 m.....	21
Tabla 7	Constantes aplicadas al método Digernes mejorado.....	22
Tabla 8	Rango de aplicación del método Digernes.....	22
Tabla 9	Rango de aplicación del método de García.....	23
Tabla 10	Rango de aplicación para el método de Holtrop & Mennen.....	25
Tabla 11	Rango de aplicación para el método de Van Oortmersen.....	25
Tabla 12	Rango de RPM de eje recomendados para diferentes SLR	28
Tabla 13	Promedio de toneladas capturadas por marea	31
Tabla 14	Días promedios de operación en diferentes años.....	32
Tabla 15	Faenas realizadas para cada motor por años	33
Tabla 16	Ingresos promedios de 3 años consecutivos	33
Tabla 17	Sueldos y beneficios sociales de tripulantes	34
Tabla 18	Alimentación y víveres por días de pesca.....	35
Tabla 19	Suministros y Materiales de Repuestos	35
Tabla 20	Mantenimientos promedios por marea.....	36
Tabla 21	Otros costos de producción.....	36
Tabla 22	Consumo de combustible de los motores del buque	38
Tabla 23	Overhaul programado del motor Yanmar	39
Tabla 24	Coeficientes propulsivos	45
Tabla 25	Estimación de la potencia a instalar para la maquina principal	46
Tabla 26	Opciones de motores para aplicación marina local.....	48
Tabla 27	Parámetros para selección de ejes.....	50
Tabla 28	Resultados para hélice.....	51
Tabla 29	Promedio de capturas	53
Tabla 30	Precio por tonelada de atún comercializada.....	53

Tabla 31	Faenas de pesca propuesta	54
Tabla 32	Precio de motor principal seleccionado	55
Tabla 33	Precio de hélice marina para el buque de estudio	55
Tabla 34	Costo de varadero por remotorización	56
Tabla 35	Precio del estudio de ingeniería naval para remotorización	57
Tabla 36	Inversión total por remotorización del buque analizado	57
Tabla 37	Estructura del financiamiento de la inversión	58
Tabla 38	Amortización francesa con cuotas anuales	58
Tabla 39	Ingresos por faena de pesca	59
Tabla 40	Sueldos propuestos de tripulantes	59
Tabla 41	Otros costos operacionales	60
Tabla 42	Mantenimiento y Combustible asumidos por remotorización	61
Tabla 43	Diferencia de Flujos de Cajas	62
Tabla 44	Análisis de Sensibilidad del proyecto	63
Tabla 45	Resultados para el método de Amadeo García	85
Tabla 46	Resultados de la estimación de la resistencia	86
Tabla 47	Características de la hélice seleccionada	91
Tabla 48	Plantilla de información solicitada al armador	107

Índice de planos

PLANO 1 PLANO DE DISTRIBUCION GENERAL

PLANO 2 PLANO DE FUNDICIÓN DE LA HÉLICE

Capítulo 1

1. Introducción

La industria del atún constituye una de las principales fuentes de ingreso a la economía ecuatoriana, siendo el atún en conserva el 8.71% de los principales productos de exportación no petrolera del país durante el periodo de 2010-2016. [1] Ecuador es el segundo país exportador de conservas de atún en el mundo, luego de Tailandia alcanzando cifras de \$1270 millones que representan el 80% de la pesca local a exportaciones en el mercado global. [2]

Esta industria se centra en la captura de tres variedades de atún: barrilete, atún aleta amarilla y atún ojo grande, donde Ecuador lidera en un 41.7% del total 776668 toneladas de capturas de atún en el océano pacífico oriental (OPO) [3], para ello Ecuador cuenta con una flota pesquera industrial constituida de 112 embarcaciones atuneras de tipo cerqueras según las cifras compartidas por el Ministerio de Producción, Comercio exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP). [4]

La mayoría de las embarcaciones de la flota atunera ecuatoriana sobrepasan los 40 años de servicio [5], en este contexto es necesario abordar esta problemática a través del estudio detallado de un caso específico que permita extraer posibles conclusiones y recomendaciones a un nivel más amplio. Por ello este estudio se centrará en la remotorización del sistema de propulsión de un buque atunero de 40 metros con el propósito de identificar la mejor alternativa que reduzca los costos de combustible, contemplando tanto los aspectos técnicos como económicos para satisfacer las necesidades del armador.

Este proyecto se divide en cuatro capítulos: el primero abarca los conceptos clave sobre la remotorización de un buque atunero. El segundo describe la metodología para el análisis

técnico y económico. El tercero presenta los resultados, evaluando el sistema propulsivo actual y el óptimo. Finalmente, el cuarto expone las conclusiones y recomendaciones según los objetivos.

1.1. Descripción del problema

La flota atunera ecuatoriana, siendo la más grande y relevante de todo el Pacífico Oriental [6], se enfrenta a inconvenientes a la hora de salir a capturar la pesca, esto debido a que más del 80% de los barcos cuentan con sistemas propulsivos de alrededor de 40 años de antigüedad, lo que resulta muchas veces en pérdida de velocidad de la embarcación, mayores costos operativos y tiempos de mantenimiento en puerto, así como posibles daños permanentes a la maquinaria, naturales a su tiempo de trabajo, lo que se puede traducir como constantes gastos elevados por mantener estos sistemas propulsivos. [7]

Para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones pesqueras en el Ecuador es necesario realizar la actualización del sistema propulsivo de la flota, sin embargo, la mayoría de los armadores, dado el alto costo que implica este proceso, optan por mantener su sistema propulsivo con una serie de mantenimientos continuos. De acuerdo con Bruno Leone, presidente de la Cámara Nacional de Pesquería (CNP), estos inconvenientes ocurren por la falta de capacidad técnica y financiera. [8] No obstante, no se están tomando en cuenta todos los beneficios tanto técnicos como económicos que presenta realizar el proceso de remotorización.

En el caso del buque atunero que analizamos, con 38 metros de eslora, su sistema propulsivo superó su vida útil, provocando un aumento en el consumo de combustible, y mayores tiempos de inactividad por fallas mecánicas, por lo que el armador de la flota decidió modernizar su sistema propulsivo en el año 2021.

El estudio se basa en analizar la viabilidad técnica y económica de reemplazar el sistema propulsivo del buque analizado por uno más moderno y eficiente. Este proceso no solo incluirá la sustitución del motor principal, sino acorde a las necesidades del armador, también incluirá la caja de transmisión, hélice. Dado que este tipo de actualización implica una inversión considerable, es fundamental estudiar los beneficios a largo plazo que la remotorización puede ofrecer en términos de reducción de costos operativos, aumento de la eficiencia, y mejora de la sostenibilidad ambiental del buque.

1.2. Justificación

Para mantener la competitividad, el Ecuador necesita que su flota este en óptimas condiciones para seguir siendo líderes en el mercado. El uso de motores antiguos no solo limita el rendimiento operativo de un buque, sino que también pone en riesgo la rentabilidad de las operaciones pesqueras. Un motor antiguo implica una pérdida de velocidad y potencia, lo que afecta tanto la maniobrabilidad del barco como su capacidad de completar viajes de manera eficiente. Además, estos motores tienden a ser más contaminantes, lo que dificulta el cumplimiento de las normativas internacionales que regulan las emisiones en el sector marítimo, ya que mayor consumo de combustible está directamente relacionado a mayores emisiones de CO₂ [9].

La modernización del sistema propulsivo es una inversión estratégica que permitirá optimizar las operaciones a largo plazo, impulsando la competitividad del sector y asegurando la sostenibilidad de sus operaciones. La remotorización no solo es una solución viable, sino una necesidad para asegurar el futuro del sector pesquero en Ecuador.

Este estudio servirá como una guía técnica para los armadores, demostrando los beneficios económicos y operacionales de la remotorización, y ofreciendo un procedimiento que podría aplicarse a otros barcos de la flota. De este modo, se busca no solo resolver el problema específico de nuestra embarcación de estudio, sino también aportar al desarrollo de una flota más eficiente y sostenible a nivel nacional.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la remotorización de un buque atunero mediante un análisis técnico y económico, con énfasis en la selección del sistema propulsivo más eficiente, para la estimación de la rentabilidad y viabilidad de la inversión de un sistema de propulsión nuevo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estimar la potencia necesaria para el nuevo sistema propulsivo según las características del buque, su régimen operativo y las necesidades del armador.
- Diseñar el sistema integrado de motor, reductor y hélice, optimizando su desempeño conjunto mediante la selección de maquinaria disponible en el mercado que se ajuste a las características operativas del buque.
- Elaborar un flujo de caja proyectado para la inversión en la remotorización, incorporando costos de adquisición, instalación, mantenimiento y operación del nuevo sistema propulsivo, así como ingresos estimados derivados de las faenas pesqueras.
- Analizar la factibilidad económica de la repotenciación del sistema propulsivo mediante indicadores financieros y análisis de sensibilidad de las variables más influyentes del proyecto.

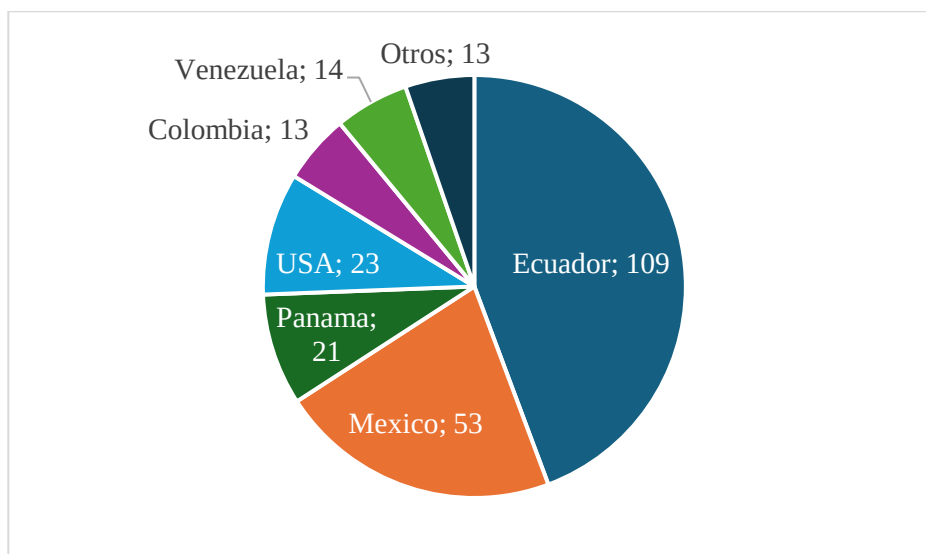
1.4. Marco teórico

1.4.1. Flota atunera ecuatoriana

Ecuador cuenta con una de las mayores flotas de embarcaciones atuneras en el OPO, Figura 1, con una capacidad de acarreo de 85275 m³ hasta el 2023 [10], donde predomina el arte de pesca por red de cerco.

Figura 1

Flota atunera en el OPO por número de embarcaciones en el 2023

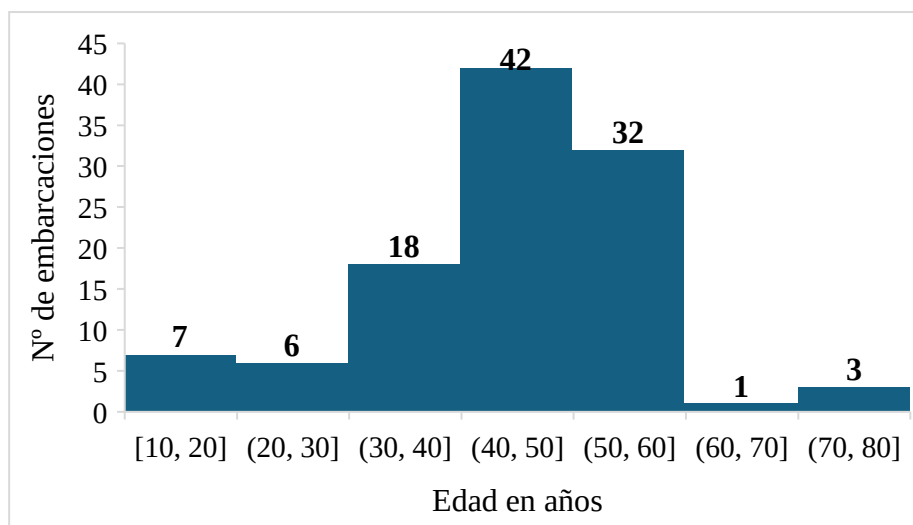


Nota. Datos tomados del informe de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (2024)

A través del registro regional de buques en la página de CIAT, se elaboró una base de datos de la flota atunera ecuatoriana, Apéndice A, donde se obtuvo que la antigüedad de la flota supera los 40 años, Figura 2, para la mayoría de las embarcaciones.

Figura 2

Distribución de edad de la flota atunera ecuatoriana en el 2024



1.4.2. Remotorización de un buque

La remotorización es el proceso mediante el cual se reemplaza el motor principal de una embarcación por uno más moderno y eficiente que involucra diferentes componentes del sistema de propulsión, como el reductor, el eje y la hélice adecuados para un nuevo motor. El proceso de remotorización surge generalmente ante tres situaciones, Figura 3. [12]

Figura 3

Casos de aplicación de una remotorización



Nota. Casos considerados del webinar “Nociones básicas de remotorización” (2024)

1.4.2.1 Modernización sin aumento de potencia. El reemplazo de un motor y caja reductora de similar potencia y razón de reducción a los actuales permiten conservar la línea de ejes y la hélice, siempre que su eficiencia sea cercana al 85% o 95%.

1.4.2.2 Aumento de potencia. Es un proceso complejo que conlleva estudios y costos de inversiones mayores, la renovación del aumento de potencia implica el incremento del: empuje de la hélice, de torque en el eje propulsor o peso del motor/reductor, la necesidad de un mayor diámetro en circuitos de alimentación y descarga de gases. [13]

La selección adecuada del equipo propulsor, la relación de reducción para determinar las RPM de operación de la hélice, Figura 4, influyen significativamente en el consumo de combustible y, en consecuencia, en la economía de la operación. [15] Esta configuración nos puede ayudar a entender donde el ahorro energético puede ser significativo. [16]

Figura 4

Principales elementos del sistema de propulsión en un proyecto de remotorización



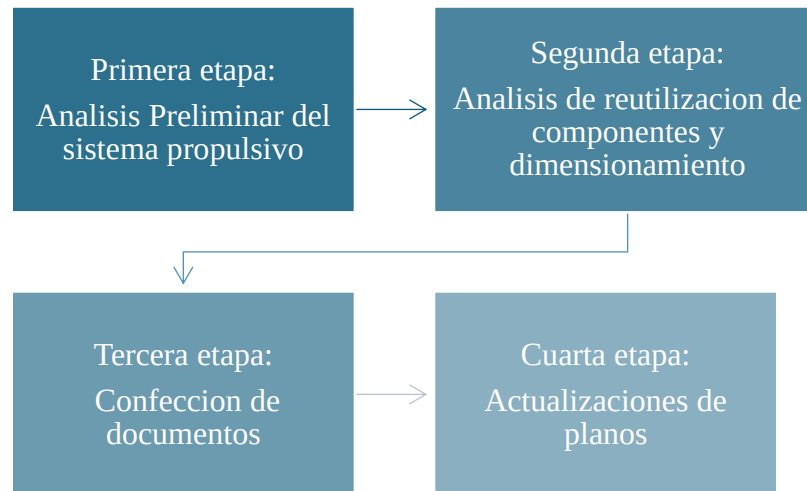
Nota. Parámetros por considerar en una repotenciación [12][13]

1.4.2.3 Readecuación del buque. Al repotenciar buques atuneros se busca aumentar la capacidad de bodega y su autonomía. Se hacen alargamientos donde se aprovechan equipos ya instalados como el motor principal [14] la cual demanda una revisión de su sistema de propulsión para suplir la demanda de empuje ante nuevas condiciones de carga. [12]

Para el análisis técnico de un proyecto de remotorización donde existe alguna readecuación del buque con el propósito de aumentar sus capacidades y que comprometa al sistema propulsivo, el cambio debe abordarse por etapas como lo indica la Figura 5 en remolcadores fluviales. [12]

Figura 5

Etapas del proceso de remotorización para la mejora del calado



Nota. Tomado de Centurión H. [12]

1.4.3. Resistencia al avance

La resistencia al avance es la fuerza que se opone al movimiento de un buque a través del agua a una velocidad dada, esta resistencia debe ser vencida por la potencia generada por el motor para alcanzar la velocidad de diseño. Para el caso de buques atuneros al cerco, al operar en valores elevados de F_n , esta resistencia (ecuación 1.1) está dada dominada mayormente por la resistencia viscosa de presión y resistencia a la formación de olas. [15]

$$\text{Resistencia total} = \text{Res. viscosa de presión} + \text{Res. por olas} \quad (1.1)$$

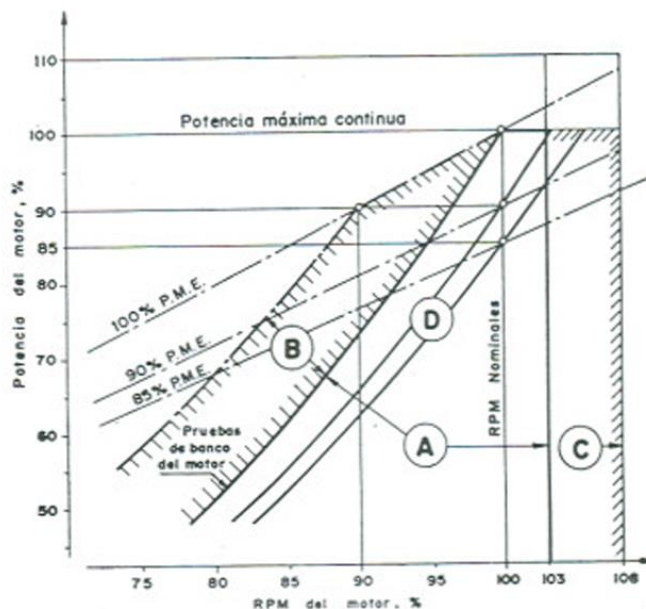
Existen métodos estadísticos para estimar la resistencia del casco en base a las propiedades de éste, estos métodos son derivados de una gran cantidad de modelos probados en canales de ensayo, como el método Holtrop and Mennen, el cual es aplicable en buques de desplazamiento con una o dos líneas de ejes. [17]

1.4.4. Consideraciones generales para la hélice

La velocidad máxima de un buque atunero no solo depende de la resistencia al avance y la potencia instalada, sino también de una correcta elección de la hélice, cuyo diseño debe evitar sobrecargas del motor que puedan generar sobrecalentamientos, mayor consumo de combustible y averías en la planta propulsora debido a factores como el aumento de resistencia, pérdida de potencia o mayor rugosidad en la hélice. [15]

Figura 6

Recomendaciones de trabajo de la hélice en varias zonas. A: Funcionamiento continuo, B: Funcionamiento por tiempo limitado, C: Pruebas de mar, D: Zona para proyecto



Nota. Fuente tomada de O'Dogherty, P. 1983 [15]

1.4.5. Evaluación económica de proyectos

Para medir la rentabilidad de un proyecto, se realiza un estudio de factibilidad económica que incluye el análisis de indicadores de viabilidad financiera, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el periodo de recuperación de la inversión (PRI) y el análisis de sensibilidad del proyecto. Para aplicar estos indicadores, se emplean conceptos financieros fundamentales, como el Valor Presente (VP), la Amortización y el Flujo de Caja. [29]

1.4.6. Valor Actual Neto (VAN)

Es un indicador que mide la ganancia adicional después de cubrir los costos y gastos del proyecto considerando la inversión inicial. Para medir el VAN, se espera que el valor sea positivo para considerar el proyecto rentable, su fórmula se expresa como:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} \quad (1.2)$$

Donde:

Vt: Flujos de caja en cada período

n: Número de periodos considerados

k: Tipo de interés

1.4.7. Tasa Interna de Retorno (TIR).

La TIR es la tasa de interés o tasa de descuento mínima de rendimiento en la cual el proyecto no genera pérdidas; es decir, el Valor actual neto mínimo es de cero. Dentro del proyecto, este indicador permite realizar el análisis de sensibilidad para diversos escenarios donde la TIR pueda variar. Su fórmula se expresa como:

$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1 + TIR)^j} \quad (1.3)$$

Donde:

F_j: Flujo Neto en el Período

I₀: Inversión en el Período 0

n: Horizonte de Evaluación

1.4.8. *Análisis de Sensibilidad*

Dentro del proyecto, un análisis de sensibilidad permite evaluar la tasa interna de retorno para diversos escenarios, identificando las variables más críticas o sensibles que pueden influir significativamente en los resultados del proyecto.

1.4.9. *Periodo de recuperación de la inversión (PRI)*

El periodo de recuperación de la inversión es un indicador que permite conocer en cuanto tiempo se recupera la inversión de acuerdo al flujo neto o la rentabilidad deseada para cada periodo a evaluar. Dentro del proyecto, el flujo fórmula se expresa como:

$$PRI = a + \frac{I_0 - c}{d} \quad (1.4)$$

Donde:

I₀: Inversión inicial

a: Año anterior antes de recuperar la inversión

c: Flujo de efectivo acumulado del año anterior donde se recupera la inversión

d: Flujo de efectivo del año en donde se recupera la inversión

1.4.10. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

La amortización financiera permite desagregar el endeudamiento de un proyecto para periodos determinados hasta que esté totalmente cubierto, ya sea en pagos fijos o variables. La amortización francesa es un sistema que se realiza por medio de una tabla de amortización donde se establece que el valor mensual a pagar será el mismo para cada periodo determinado y el monto final a liquidar baja en cada periodo [30]

Capítulo 2

2. Metodología

En Ecuador, los armadores identificaron la necesidad de remotorizar los buques atuneros para mejorar su eficiencia y competitividad global. Se analizó la rentabilidad de invertir en un nuevo sistema propulsivo (motor, reductor y hélice), respaldado por el análisis de ingeniería naval para la selección de componentes más eficientes y estimar con precisión la inversión y costos adicionales del proceso.

La investigación empleó un enfoque cuantitativo y cualitativo, mediante cuestionarios y entrevistas a armadores, contadores, maquinistas, proveedores de motores e ingenieros especializados en remotorización. Estos métodos permitieron recopilar y procesar datos para el análisis del caso de estudio.

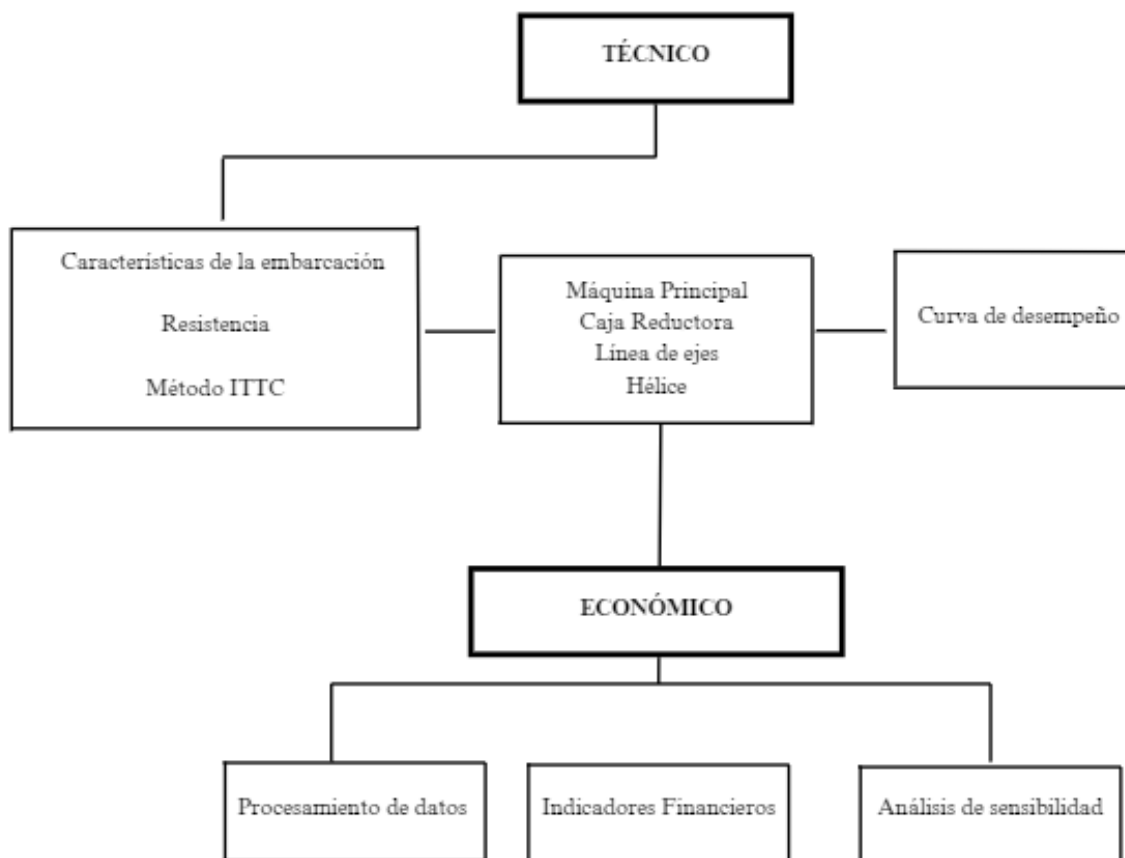
2.1. Proceso de remotorización

En el caso de una remotorización, hay que considerar que cada buque es un caso distinto, incluso si son de buques de características similares, la elección de sistema propulsor dependerá de los requerimientos y necesidades del armador, así como sus capacidades disponibles.

Se desarrolló el diagrama de pasos mostrado en la Figura 7, dónde se muestra la metodología técnica y económica de este estudio de remotorización y sus consideraciones,

Figura 7

Metodología aplicada al proceso de remotorización



De acuerdo con los requerimientos del armador, se busca que la embarcación alcance una mayor velocidad, por lo que un motor de mayor potencia es requerido, en caso de que las formas y/o apéndices del buque no sean modificadas; lo cual no se consideró en este estudio, pero de igual manera también tiene beneficios y podría ser considerado como alternativa de inversión.

2.2. Empresa colaboradora

Nuestra empresa colaboradora está situada en Manta y se dedica principalmente a la pesca y exportación de atún del Océano Pacífico Oriental. El armador de la empresa colaboró activamente con información sobre uno de sus buques para el desarrollo del presente estudio.

El atunero de estudio, Figura 8, es un buque construido en 1947 por TACOMA BOAT BUILDING CO. En 1994, fue adquirida por la empresa, registrado bajo bandera ecuatoriana con el nombre que conserva hasta la actualidad.

Figura 8

Visita al buque de estudio en el puerto de Manta



2.3. Análisis preliminar del sistema propulsivo

2.3.1. Evaluación del sistema actual

Tras 20 años operando con un motor Caterpillar, el armador decidió remotorizar el buque del estudio en septiembre de 2021 para modernizar su sistema propulsivo. Se obtuvo la curva de desempeño del nuevo motor (Apéndice B) y, con la información disponible, se realizó un cálculo propulsivo para verificar la potencia requerida y el conjunto motor-hélice adecuado.

Las características principales de la embarcación se detallan a continuación:

Tabla 1*Dimensiones principales del buque analizado*

Características principales	
Eslora máxima, Loa	38.3 m
Eslora en la flotación Lwl	34.82 m
Eslora entre perpendiculares, Lpp	33.73 m
Manga moldeada, B	7.8 m
Calado de diseño, T	3.45 m
Puntal a cubierta, D _{cubierta}	4.05 m
Puntal a cubierta superior, D _{cubsup}	6.25 m
Velocidad de diseño, V	10 kn
Desplazamiento Δ	528.6 ton
Capacidad de bodega	292 m ³
Capacidad de combustible	121.83 m ³
Límites de navegación	A1+A2+A3

A través del número de Froude, ecuación 2.1, el número de Froude volumétrico, ecuación 2.2 y los coeficientes del buque, se estableció los parámetros para tipo de casco y forma, donde la velocidad de diseño está fuera del rango para buques atuneros, Tabla 2 y Tabla 3.

Número de Froude

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \cdot Lwl}} \quad (2.1)$$

Número de Froude volumétrico

$$Fv = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \nabla^{\frac{1}{3}}}} \quad (2.2)$$

Donde

V: velocidad en m/s

g: gravedad terrestre 9.81 m/s^2

∇ : Volumen de carena en m^3

Tabla 2

Gamas usuales de los parámetros de forma en buques atuneros

Parámetro	Rango de aplicación	Buque Estudio	Condición
$C_b \cdot B/L_{pp}$	0.11-0.14	0.12	Cumple
F_n	0.30-0.38	0.28	No cumple
F_v	0.55-0.70	0.58	Cumple

Nota. Gamas establecidas por P. O'Dogherty et al. (1983) [15].

Tabla 3

Criterios para establecimiento del tipo de casco.

Parámetro	Proyecto	Criterio	Tipo
Fv	0.58	<1.66	Desplazamiento
SLR	0.94	<1.34	Desplazamiento
Cc	3.18	<5	Desplazamiento

Nota. Criterios establecidos en Notas de Diseño de buques

De acuerdo con la información proporcionada por el armador y visitas realizadas a bordo, Apéndice C, el sistema de propulsión consta de una máquina principal YANMAR 6L, 837 kW @ 1450 rpm, una línea de ejes que consta de tres tramos: eje de cola, eje intermedio y contraeje. Esta información se encuentra detallada en la Tabla 4.

Tabla 4*Especificaciones generales del sistema de propulsión actual*

Características	Descripción
Eslora [m]	38.3
Material de casco	Acero naval
Capacidad de bodega [ton]	220
Máquina principal antigua	Caterpillar 3508B, 850 HP @1200 rpm
Máquina principal actual	Yanmar 6EY17W, 837 kW @ 1450 rpm
Relación reductora	YXH-500L 4.07:1
Diámetro del eje de cola [m]	0.153
Diámetro del eje intermedio [m]	0.132
Diámetro de la hélice [m]	1.9
Z	4
Paso [m]	1.87

Acorde al reporte del armador en la última prueba de mar realizada en noviembre del 2024, Tabla 5, (detallada en el Apéndice D) el buque alcanzó una velocidad de 10.6 kn, en operaciones normales, en comparación a la velocidad lograda con el motor anterior de 9.5 kn.

Tabla 5*Prueba de mar realizada con el motor actual*

V	Revoluciones	Potencia
[nudos]	[RPM]	[kW]
8.4	1000	577.24
9.8	1100	634.97
10.6	1200	663.83
10.8	1300	750.37

La condición de carga fue analizada en su máxima capacidad a su correspondiente desplazamiento de 528.6 ton, con un calado medio de 3.45 m y un asiento de popa de 0.6 m, una

vez logrado esto se obtuvo la información hidrostática, Tabla 6, a través del software *Maxsurf Stability*.

Tabla 6

Cálculos hidrostáticos para un trimado de 0.6 m

H	Desp	LCB	KB	SM	Cp	Cw
(m)	(ton)	(m)	(m)	(m ²)		
0,767	67,15	0,052	0,453	140,753	0,463	0,536
1,15	118,6	0,194	0,674	172,41	0,497	0,573
1,533	176,1	0,173	0,893	201,968	0,523	0,609
1,917	238,6	0,085	1,111	230,927	0,547	0,648
2,3	305,2	-0,038	1,329	259,738	0,57	0,687
2,683	376	-0,193	1,549	288,674	0,58	0,717
3,067	451,4	-0,395	1,771	320,099	0,587	0,743
3,45	531,3	-0,623	1,995	352,215	0,594	0,767

2.3.2. Estimación de la resistencia

Para estimar la potencia necesaria a instalar IHP, se calculó la resistencia al avance del modelo mediante métodos empíricos aplicables a embarcaciones pesqueras.

2.3.2.1 Método mejorado de Digernes. La fórmula de Digernes de 1982, ecuación 2.3, es una ecuación de regresión pura donde estima la resistencia de los buques en función de su desplazamiento y velocidad, con una excelente precisión ($R^2 = 0.995$) comprobada a través de 33 pruebas de modelos y la validación en 280 buques adicionales. [18]

$$R_{TOTAL} = a \cdot \left(\frac{Lwl}{B}\right)^b \cdot \left(\frac{B}{T}\right)^c \cdot \nabla^\delta \cdot e^{\beta' \cdot Fn} \quad (2.3)$$

Tabla 7*Constantes aplicadas al método Digernes mejorado*

a	b	c	δ	β
0.795154	0.401732	0.438858	0.959433	12.535261

Nota. Constantes actualizadas por Kristopher Keplesto (2015).

El rango de aplicación del método Digernes son los siguientes:

Tabla 8*Rango de aplicación del método Digernes*

	Rango	Buque Analizado
Lwl (m)	11.9 – 53.9	34.82
B (m)	3.55 – 13.6	7.8
T (m)	0.68 – 5.65	3.45
Vol (m ³)	17.6 – 1376	515.7
Fn	0.223 – 0.494	0.28
Lwl/B	1.8 – 4.5	4.46
B/T	1.9 – 10	2.26

El método está diseñado específicamente para buques pesqueros sin bulbo de proa.

2.3.2.2 Método de Amadeo García. El método de Amadeo García Gómez es específico para determinar la resistencia hidrodinámica de buques pesqueros, distinguiendo entre pesqueros con formas de proa convencional o dotada de bulbo. [19]

El rango de aplicación viene dado para los siguientes límites:

Tabla 9*Rango de aplicación del método de García*

	Rango	Buque Analizado
Lpp (m)	25 – 60	33.73
Fn	0.25 – 0.165	0.28 (10 kn)
Cb·B/Lpp	0.095 – 0.165	0.12

Para pesqueros de proa convencional como es el caso del buque analizado se referencian las siguientes relaciones.

$$R_T = C_T \frac{1}{2} \rho S_{CAP} V^2 \quad (2.4)$$

Donde:

R_T : Resistencia total

C_T : Coeficiente de resistencia total

ρ : Densidad del agua de mar

S_{CAP} : Superficie mojada con apéndices en m^2

V : Velocidad del buque en m/s

$$C_T = C_F + C_R + C_A \quad (2.5)$$

De acuerdo con la ITTC-57, el coeficiente de fricción C_F (ecuación 2.6) es un número adimensional que varía en función del número de Reynolds (Re). Además, C_A (ecuación 2.7) representa el coeficiente de correlación y C_R (ecuación 2.8) corresponde al coeficiente de resistencia residual.

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Re - 2)^2} \quad (2.6)$$

$$C_A = \left[69 + 200 \frac{C_b B}{L_{pp}} - 0.26 + \frac{1300}{L_{pp}} - 29.5 \log L_{pp} + 17 \frac{B}{T} - \left(\frac{B}{T} \right)^2 \right] \cdot 10^{-5} \quad (2.7)$$

$$C_R = C_T \left(\frac{RR}{RT} \right) \quad (2.8)$$

$$\frac{RR}{RT} = \frac{1.24 \cdot C_b B}{L_{pp}} + 0.265 \cdot Fn^2 + 2.151 \cdot Fn - 0.298 \quad (2.9)$$

La superficie mojada sin considerar apéndices, S_{SAP} , se estima por:

$$S_{SAP} = 3.019 \nabla^{2/3} + 0.602 L_{pp} \nabla^{1/3} - 1.734 \quad (2.10)$$

La superficie mojada debido a los apéndices puede estimarse en dos componentes:

superficie mojada por tobera (S_{TB}) y la superficie mojada del timón con codaste cerrado (S_{TCC}).

$$S_{TB} = 1.13 \pi D^2 \frac{l/D}{0.5} \quad (2.11)$$

Donde:

l: Longitud de la tobera (m)

D: Diámetro del propulsor (m)

$$S_{TCC} = 0.1 L_{pp} T_m \quad (2.12)$$

Donde:

T_m : Calado medio (m)

2.3.2.3 Método de Holtrop y Mennen. Método estadístico ampliamente usado en embarcaciones mercantes como petroleros, cargueros, pesqueros, remolcadores, entre otros con el siguiente rango de aplicación. [17]

Tabla 10*Rango de aplicación para el método de Holtrop & Mennen*

Parámetro	Rango	Buque Analizado
Fn	< 0.45	0.28
Cp	0.55 – 0.85	0.59
Lpp/B	3.9 – 9.5	4.32

2.3.2.4 Método de Van Oortmerssen

Basado en datos del Canal de ensayos Wageningen, es válidos para embarcaciones pequeñas que se encuentran en el siguiente rango de aplicación. [19]

Tabla 11*Rango de aplicación para el método de Van Oortmersen*

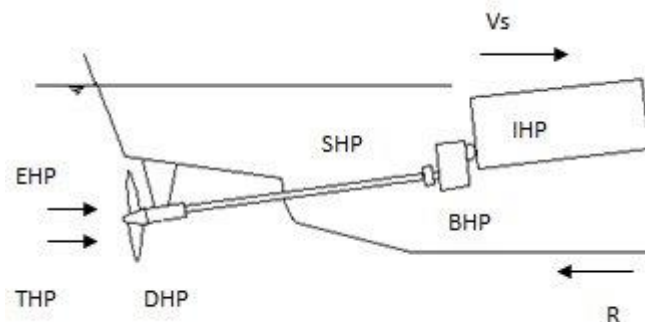
Parámetro	Rango	Buque Analizado
Fn	< 0.50	0.28
Cp	0.55 – 0.85	0.59
Cm	0.73 – 0.97	0.913
Lpp/B	3.9 – 9.5	4.32
B/T	1.9 – 4.0	2.26
Lpp (m)	8 – 80	33.73
∇ (m ³)	5 – 3000	515.7

2.3.3. Estimación de la potencia

La selección de la máquina principal depende de la potencia requerida por el propulsor para que esta llegue a la velocidad de diseño, necesita ser transmita a través de sus componentes.

Figura 9

Transmisión de la potencia por componente de propulsión



Nota. Figura obtenida de [20]

El procedimiento empleado y sugerido por la ITTC para obtener la potencia instalada se describe a continuación.[21]

1. Cálculo de la resistencia al avance (R_T) empleando métodos empíricos
2. Cálculo de la potencia efectiva (EHP)

$$EHP = R_T V \quad (2.13)$$

Donde:

R_T : Resistencia total al avance

V : Velocidad de la embarcación

3. Estimación potencia entregada a la hélice (DHP)

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_D} \quad (2.14)$$

Donde:

η_D : Rendimiento cuasi-propulsivo

4. Cálculo del rendimiento cuasi-propulsivo

$$\eta_D = \eta_O \eta_R \eta_H \quad (2.15)$$

Donde:

η_O : Rendimiento de la hélice en aguas abiertas

η_R : Rendimiento rotativo relativo

η_H : Rendimiento del casco

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \quad (2.16)$$

Donde:

w: coeficiente de estela

t: coeficiente de succión

5. Potencia al freno (BHP)

$$BHP = \frac{DHP}{\eta_M} \quad (2.17)$$

Donde:

η_M : Rendimiento mecánico

6. Potencia instalada (IHP)

$$IHP = BHP \times F_s \quad (2.18)$$

Donde:

F_s : factor de seguridad por margen de potencia de servicio.

El margen de potencia esta dado entre el 15% al 30%, el cual depende de la ruta y servicio [21]. Para la operación de estos buques se asume un 30% por incrustaciones, por régimen de operación y por operaciones en altamar.

2.3.4. Selección del reductor

A mayor valor de reducción de transmisión marina corresponde una hélice con mayor exigencia dependiendo de las revoluciones nominales del motor. Los criterios de selección para una reducción adecuada se basan en la Tabla 12

Tabla 12

Rango de RPM de eje recomendados para diferentes SLR

Tipo de embarcación	SLR	Rango de RPM del eje
Cascos de gran desplazamiento (Remolcadores, empujadores, embarcaciones de pesca pesada)	<1.2	250 – 500
Cascos de desplazamiento medio a ligero (Embarcaciones de pesca, arrastreros, embarcaciones de trabajo, yates tipo arrastrero)	<1.45	300 – 1000

Nota. Rango establecido en el manual de servicio Caterpillar, 2009 [22]

Teniendo que SLR es el índice de velocidad-eslora:

$$SLR = \frac{V [kn]}{\sqrt{Lwl [ft]}} \quad (2.19)$$

2.3.5. Dimensionamiento de los ejes

Es esencial verificar que el diámetro del eje y de la hélice sean compatibles con la nueva configuración de potencia. Además, el material del eje debe ser resistente a las nuevas condiciones operativas para evitar problemas de desgaste y vibración.

Para el cálculo del diámetro mínimo de diseño se hace uso de la siguiente ecuación obtenida de la sociedad clasificadora: ABS 2019 [23]

$$D = 100 * k * \sqrt[3]{\frac{H}{R} \left(\frac{C_1}{U + C_2} \right)} \quad (2.20)$$

Dónde

D = diámetro del eje sólido requerido, (mm o in)

K= factor por tipo de eje, 1 para el eje intermedio y 1.22 para el eje de cola

H = potencia a velocidad nominal; 837 kW

R = Velocidad nominal, 356 RPM

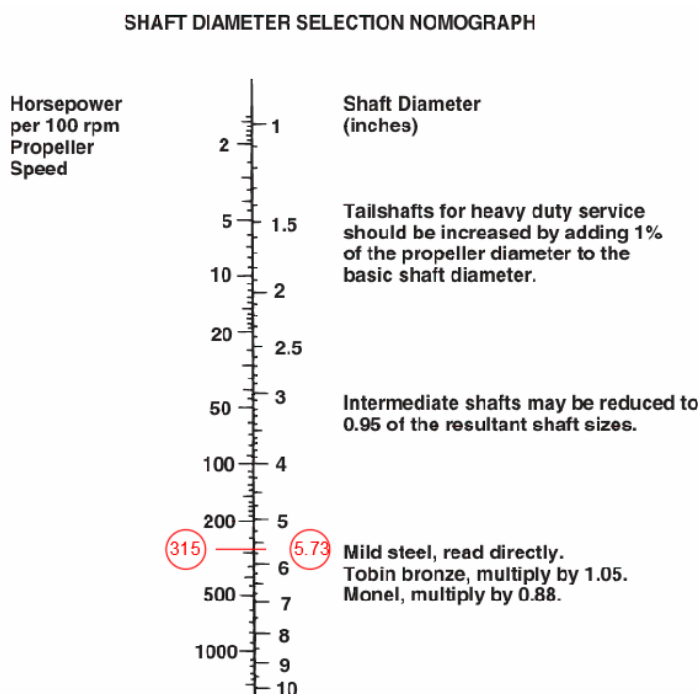
U = 415 [N/mm²] resistencia a la tracción mínima específica del material

Por otro parte las recomendaciones de Caterpillar establecen un diámetro para el eje de intermedio y el eje de cola a partir de las BHP relativas del motor por cada 100 RPM de la hélice

$$\frac{X}{100} = \frac{BHP_{motor}}{RPM_{helice}} \quad (2.21)$$

Figura 10

Monograma recomendado para el diámetro del eje



Nota. Monograma realizado por Caterpillar [22]

2.3.6. Dimensionamiento de la hélice

Para el análisis de la eficiencia propulsiva se hizo uso del software EFICPROP, el cual tuvo como datos de entrada las propiedades hidrostáticas del buque a su máxima carga,

APÉNDICE G. El método de predicción de resistencia que emplea es el de Holtrop con factor de seguridad del 10%, el mismo que fue contrastado en las curvas de resistencia.

Para comprobar las características de la hélice analizada se hace uso de los diagramas de la serie B Wageningen, descrito en el APÉNDICE I.

2.4. Procesamiento de los datos financieros del buque de estudio

Se procesó la información de la empresa para obtener promedios de captura, venta y costos por tonelada de atún, estimando las ganancias por marea en los años siguientes. Estos datos sirven como base para evaluar la rentabilidad de la inversión.

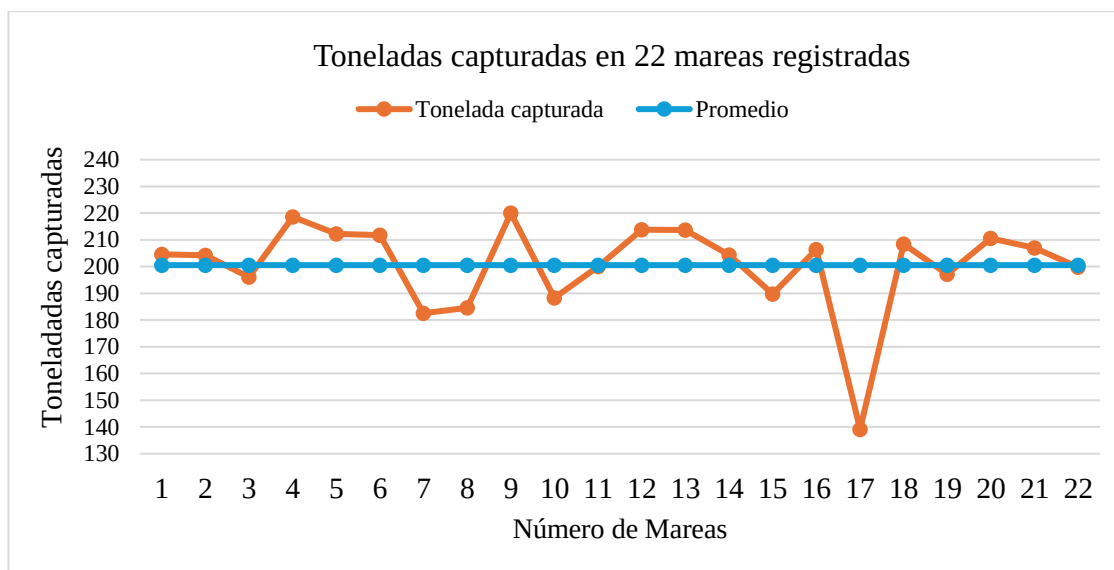
2.4.1. Datos de las faenas de pesca

Se recopilaron las mareas de pesca realizadas entre diciembre de 2021 y finales de 2023 descrito en el APÉNDICE J para estimar la captura promedio de atún por faena. Con 22 mareas registradas, el promedio obtenido proporciona una base confiable para la evaluación de la inversión.

Tabla 13

Promedio de toneladas capturadas por marea

Toneladas en 22 mareas	
4424	ton
Promedio de capturas	
200.5	ton

Figura 11*Toneladas capturadas en 22 mareas*

Se evidenció que en promedio de las mareas el buque de estudio logra capturar 200 toneladas de atún, siendo de una capacidad máximo a de 220 toneladas.

Tabla 14*Días promedios de operación en diferentes años*

	Días en faena	Días en puerto
2021 CAT 850 HP Antiguo	28	5
2021 YANMAR 1138 HP	20	3
2022 YANMAR / Avería	27	4
2023 YANMAR Reparado	22	4
2024 YANMAR Reparado	21	5

Se observó los beneficios de la remotorización actual, exceptuando el año 2022, logró reducir los días de faena en 7 días y los días de puerto en 1 día; a pesar de que entre el año 2023 y 2024 el buque no usaba el 100% de la capacidad del motor debido a problemas de operación.

Tabla 15*Faenas realizadas para cada motor por años*

	Faenas realizadas
2021 CAT 850 HP Antiguo	6
2021 YANMAR 1138 HP	3
2022 YANMAR / Avería	10
2023 YANMAR Reparado	11
2024 YANMAR Reparado	11

En 2021, con el motor anterior, se completaron 6 faenas antes de la veda, que fue del 29 de julio al 8 de octubre. Durante este período, se repotenció el sistema propulsivo con la instalación del motor YANMAR 6EY17W. Sin embargo, según el promedio de días de pesca, el buque solo habría podido realizar máximo 9 faenas con el motor anterior.

Tabla 16*Ingresos promedios de 3 años consecutivos*

	2021 (9 Mareas)	2022 (9 Mareas)	2023 (11 Mareas)
Ingresos totales	\$ 2,316,365.8	\$ 3,101,912.6	\$ 3,816,013.6
Toneladas capturadas	1677 ton	1831 ton	2196 ton
Ingreso por Marea	\$ 257,374.0	\$ 344,657.0	\$ 346,910.3
Precio tonelada de atún	\$ 1,381.0	\$ 1,694.0	\$ 1,737.2

Se relacionaron los ingresos totales anuales con las toneladas capturadas y el número de mareas realizadas, obteniendo así el precio por tonelada y el ingreso promedio por marea durante tres años de datos disponibles. En 2022, se incluyeron 9 de las 10 mareas debido a la falta de consistencia en los costos operacionales.

2.4.2. *Desglose de Costos operacionales*

A través del análisis de los rubros contables y la información proporcionada por el contador, APÉNDICE R, se determinaron los costos operacionales, enfocándose en las cuentas relacionadas con las faenas de pesca. Se separaron los costos de combustible, mantenimiento de maquinaria, así como los costos fijos y de veda del buque, los cuales se detallan más adelante.

2.4.3. *Sueldos y beneficios sociales de tripulantes*

La tripulación de la embarcación recibe un sueldo porcentual basado en las toneladas capturadas. Según los datos analizados, se concluye que el promedio de su remuneración es el 21% de los ingresos generados por cada operación.

Tabla 17

Sueldos y beneficios sociales de tripulantes

Ingresos por marea	100%
Tripulantes	12.4%
Fondo reserva tripulante	0.4%
Decimos tripulantes	1.3%
Otros sueldos por Marea	5.9%
Patrón de Altura o Timonel	1.0%
Suma de Sueldos por marea	21.0%

2.4.4. *Alimentación y víveres*

El buque esta provisto con alimentación para 38 días de faena de pesca, teniendo días de pesca más cortos el precio de alimentación también disminuye.

Tabla 18*Alimentación y víveres por días de pesca*

Días de pesca	2023
38	\$ 10,082.4
36	\$ 9,128.9
29	\$ 8,701.2
25	\$ 8,148.1
23	\$ 7,693.4
22	\$ 7,866.2
19	\$ 5,992.8
Promedio	\$ 8,230.4

2.4.5. Suministro y Materiales Repuestos

Para realizar una faena de pesca, el buque requiere diversos suministros, para los cuales se dispone de datos de los últimos tres años.

Tabla 19*Suministros y Materiales de Repuestos*

Promedio por marea	2021	2022	2023
	2 mareas	4 mareas	6 mareas
<i>Gasolina B/P</i>	\$ 992.0	\$ 1,169.6	\$ 848.6
	9 mareas	9 mareas	11 mareas
<i>Lubricantes B/P</i>	\$ 2,078.3	\$ 932.2	\$ 2,538.9
<i>Sal B/P</i>	\$ 1,744.2	\$ 2,548.4	\$ 2,783.5
<i>Suministros y Accesorios B/P</i>	\$ 4,563.7	\$ 2,975.5	\$ 2,400.7
<i>Material de Limpieza B/P</i>	\$ 218.1	\$ 3,117.6	\$ 2,791.1
<i>Carnadas Varias</i>	\$ 703.9	\$ 3,479.0	\$ 3,322.1
<i>Varios B/P</i>	\$ 929.4	\$ 997.9	\$ 2,098.4

2.4.6. *Mantenimientos y Reparaciones*

Se seleccionaron los mantenimientos que dependen de la faena de pesca, de los cuales se evidencia los costos de 2021 a 2023, que sirven para estimar el gasto en mantenimiento.

Tabla 20

Mantenimientos promedios por marea

	2021	2022	2023
Promedio por marea	9 mareas	9 mareas	11 mareas
<i>Mant. Rep. Cubierta-Casco</i>	\$ 17,738.4	\$ 11,306.1	\$ 7,693.1
<i>Mant y Reparación de Red</i>	\$ 2,985.1	\$ 6,927.5	\$ 5,197.0

2.4.7. *Otros Costos de Producción B/P*

En otros costos de producción necesarios para las faenas de pesca, se identificaron los siguientes rubros, donde algunos costos disminuyen y otros aumentan con el tiempo, seleccionando los más relevantes para nuestra estimación.

Tabla 21

Otros costos de producción

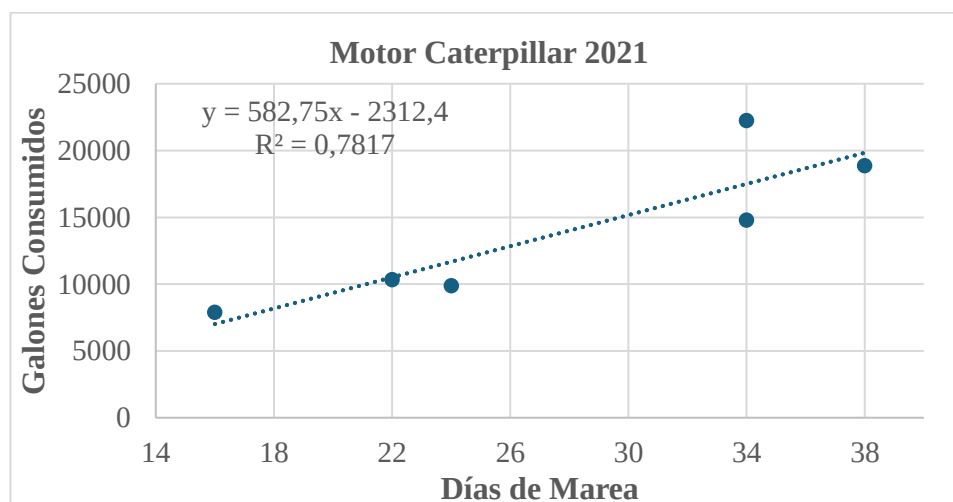
	2021	2022	2023
Promedio por marea	9 mareas	9 mareas	11 mareas
<i>Gastos Agencias Navieras</i>	\$ 842.2	\$ 586.1	\$ 468.2
<i>Fletes Varios</i>	\$ 1,121.6	\$ 540.4	\$ 170.9
<i>Servicios de Cuadrilla</i>	\$ 683.3	\$ 714.6	\$ 818.1
<i>Pase Puerto y Áreas</i>	\$ 2,469.0	\$ 1,468.2	\$ 1,153.0
<i>Alimentación Tripulación B/P</i>	\$ 442.2	\$ 206.7	\$ 326.8
<i>Medicinas y Varios</i>	\$ 604.2	\$ 396.9	\$ 131.6
<i>Recuperación de Radio</i>	\$ 655.6	\$ 466.7	\$ 99.8
<i>I.VA No Recuperado</i>	\$ 5,820.8	\$ 16,016.7	\$ 12,950.3
<i>Honorarios Profesionales</i>	\$ -	\$ -	\$ 761.3

2.4.8. Combustible

Las embarcaciones atuneras operan con motores clasificados como **Heavy Duty (Rating B)** [28], diseñados para aplicaciones de trabajo pesado con cargas elevadas, estos motores pueden operar hasta un 80 % del tiempo a plena carga y velocidad nominal, según la especificación del fabricante. El 20 % restante se destina a variaciones de carga y maniobras, asegurando un balance entre rendimiento y durabilidad del motor.

Figura 12

Galones consumidos por días de pesca del Motor Caterpillar



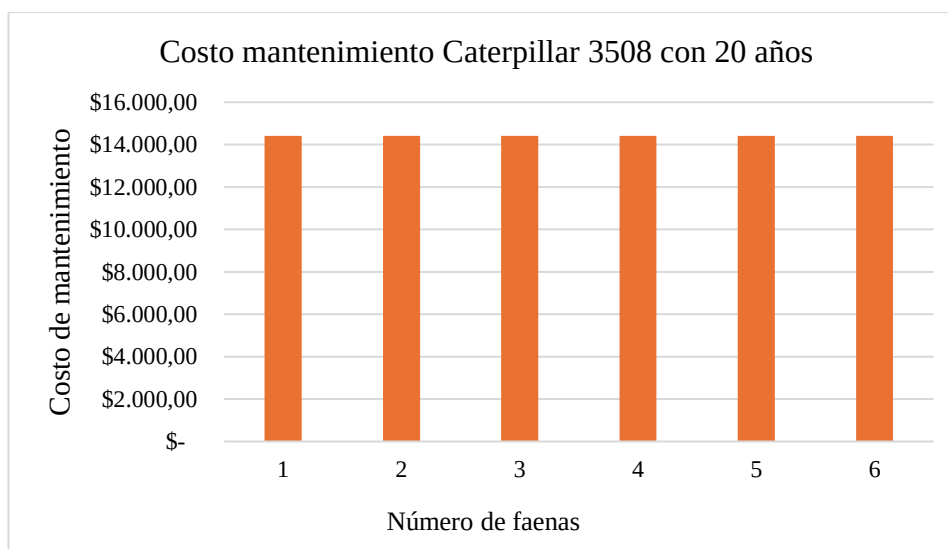
El análisis del consumo del motor Caterpillar mostró que, al aumentar los días de navegación, el consumo de combustible crece linealmente. Con el motor anterior, el buque opera al 75 % de sus RPM nominales, y al 70 % con el motor nuevo, lo que refleja su patrón real de uso, considerando su autonomía de 28,000 galones para más de 35 días de navegación.

Tabla 22*Consumo de combustible de los motores del buque*

Consumo Promedio			
Motor Caterpillar		Motor Yanmar	
28.0	gal/h	55.9	gal/h
14 000	Galones / faena	20 000	Galones / faena

2.4.9. Mantenimiento

En el análisis del mantenimiento de la máquina principal, a través de las facturas de la empresa, se separaron los gastos correspondientes a los mantenimientos de generadores y motor principal. Se identificaron los costos de overhaul del motor Caterpillar en 2021, lo que permitió obtener el costo promedio de mantenimiento del motor anterior.

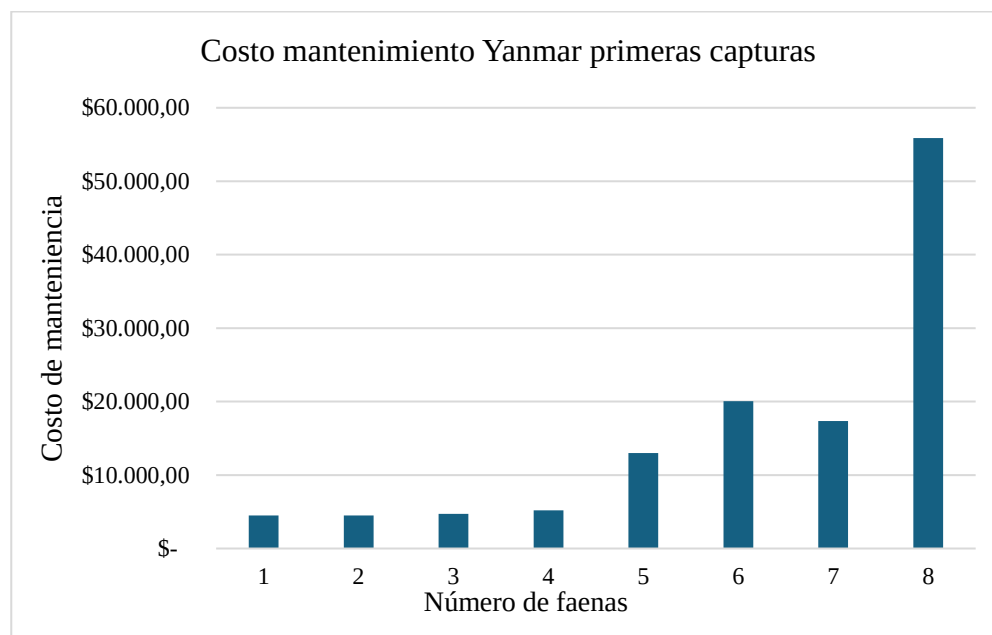
Figura 13*Costo de mantenimiento del motor antiguo en 2021 del buque estudio*

En el análisis de los costos de mantenimiento del motor nuevo, se observó que, durante las primeras mareas tras la remotorización, los costos se mantuvieron por debajo de los \$5,000.

Sin embargo, a partir de la quinta marea, se registró un incremento exponencial, alcanzando en la octava marea la necesidad de un overhaul debido a fallas mecánicas causadas por el sobrecalentamiento de los cilindros.

Figura 14

Costo de mantenimiento del buque estudio 2022



Según los costos referenciales del overhaul programado del motor principal, un mantenimiento exhaustivo con reemplazo de piezas completas tiene un costo similar al registrado en la octava marea. Sin embargo, un motor nuevo de fábrica no debería requerir este tipo de intervención tan temprano en su operación.

Tabla 23

Overhaul programado del motor Yanmar

Overhaul motor principal	13100 horas de servicio
\$65,000	3 años de trabajo

2.4.10. Costos fijos

Los costos fijos de la empresa, como el seguro de los tripulantes y el permiso nacional de pesca, no se incluyen en el análisis del flujo de caja anual, ya que deben pagarse anualmente, independientemente de que la embarcación realice o no el proceso de remotorización. Los detalles de estos rubros se encuentran en el APÉNDICE K.

2.4.11. Costos de veda

Los costos de veda se mantendrán constantes, con o sin la remotorización, aunque podría haber un ahorro en mantenimiento del motor principal, el cual, por falta de información, no se considerará en el análisis del flujo de caja anual.

2.5. Costos de inversión inicial

Se aplicaron cuestionarios y se realizaron entrevistas, APÉNDICE R, tanto a la empresa como a los proveedores de los equipos, con el objetivo de obtener valores precisos y actualizados del mercado, permitiendo así estimar con mayor exactitud los costos de inversión asociados a un proceso completo de remotorización.

2.6. Análisis de factibilidad de la inversión

A partir del análisis de los costos previamente estudiados, se determinaron los valores promedio de costos operacionales e ingresos por marea del proyecto.

Se planteó una **amortización** a 5 años, considerando un financiamiento bancario equivalente al 70% de la inversión total, con una tasa de interés anual del 13%, siendo la tasa encontrada para préstamos bancarios en el año 2025. [31]

Se desarrollaron **flujos de caja** mensual para el primer año, APÉNDICE Q, y proyecciones a 5 años bajo dos escenarios: manteniendo el sistema actual y utilizando el

propuesto en este análisis. Se asumió que con el motor anterior se realizarían 9 mareas y con el nuevo 10, lo que refleja una marea adicional. Este enfoque permite comparar las diferencias económicas, destacando los beneficios de la remotorización y los ingresos generados. Se evaluó la inversión inicial y su recuperación en los primeros 5 años, analizando **indicadores financieros** como la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y el periodo de recuperación.

2.7. Supuestos para el flujo de caja 5 años del motor antiguo y motor propuesto

- El buque con un motor nuevo, de mayor potencia, alcanza 1 marea adicional.
- El precio de la tonelada de atún se mantiene constante
- El precio de combustible es invariable
- Los costos operacionales se mantienen constantes
- El consumo de combustible aumenta un 1.75% anualmente
- El costo de mantenimiento aumenta \$475 anualmente

Estos supuestos para la inversión se realizan en base a información y proyecciones presentadas en el APÉNDICE L.

2.8. Distintos escenarios para el análisis de sensibilidad

Finalmente se hizo un **análisis de sensibilidad**, con 4 escenarios diferentes donde se consideran a las variables más importantes del proyecto.

Escenario 1: El precio promedio de la tonelada de atún se incrementa y disminuye en 3%, 6% y 9%

Escenario 2: El precio del combustible experimenta un incremento y una disminución del 4%, 8% y 12%.

Escenario 3: El costo operacional crece y decrece en general unos valores del 2%, 4% y 6%

Escenario 4: El promedio de la tonelada capturada se incrementa y disminuye en 5% y 10%.

Los porcentajes considerados en cada uno de los escenarios se estimaron a partir de información detallada en el APÉNDICE M.

Capítulo 3

3. Resultados y Análisis

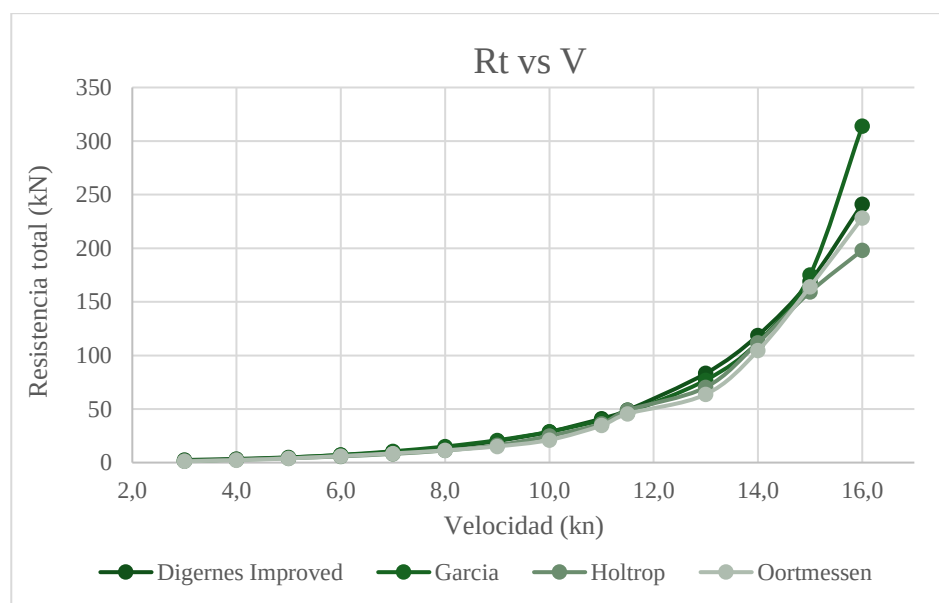
En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la metodología aplicada para el análisis del sistema propulsivo del buque en estudio, así como la evaluación de la rentabilidad del proyecto de remotorización. Además, se examinan detalladamente los resultados técnicos y económicos, proporcionando una visión integral del impacto de la remotorización.

3.1. Análisis técnico

Se presenta el sistema propulsivo propuesto, diseñado para optimizar el aprovechamiento de la potencia del motor principal y garantizar un desempeño eficiente. Este sistema ha sido configurado para cumplir con los requerimientos operacionales del armador y las exigencias de la faena de pesca adicional.

3.1.1. Estimación de la resistencia al avance

Para determinar la resistencia se aplicaron cuatro métodos empíricos y comprobándolos con el módulo de Maxsurf Resistance, los resultados muestran bastante proximidad lo que hace confiable el uso de los métodos en base a las formas del buque.

Figura 15*Comparación de métodos de predicción de resistencia*

3.1.2. Estimación de coeficientes propulsivos

En la Tabla 24 se resumen los valores de los rendimientos descritos en la metodología considerando un motor con una sola hélice, los cuales son empleados para la determinar la IHP requerida.

Tabla 24*Coeficientes propulsivos*

Coeficientes propulsivos	Valor	Referencia
η_O	0.48	Molland A.
η_R	1.01	Molland A.
η_H	0.97	Gerr D.
η_D	0.47	Molland A.
η_M	0.94	Baquero A.
F_s	1.3	

3.1.3. *Potencia instalada*

A partir de la potencia efectiva estimada por los métodos, se seleccionaron los resultados obtenidos por método de Digernes en el rango de velocidad de 3 a 14 nudos, tal como se indica en la Tabla 25, a la velocidad de 11 nudos el requerimiento de la potencia ronda los 959 HP y para los 12 nudos la potencia incrementa abruptamente, Figura 16, a 1491 HP, lo cual no es recomendable debido a la necesidad de más espacio, peso y consumo de combustible.

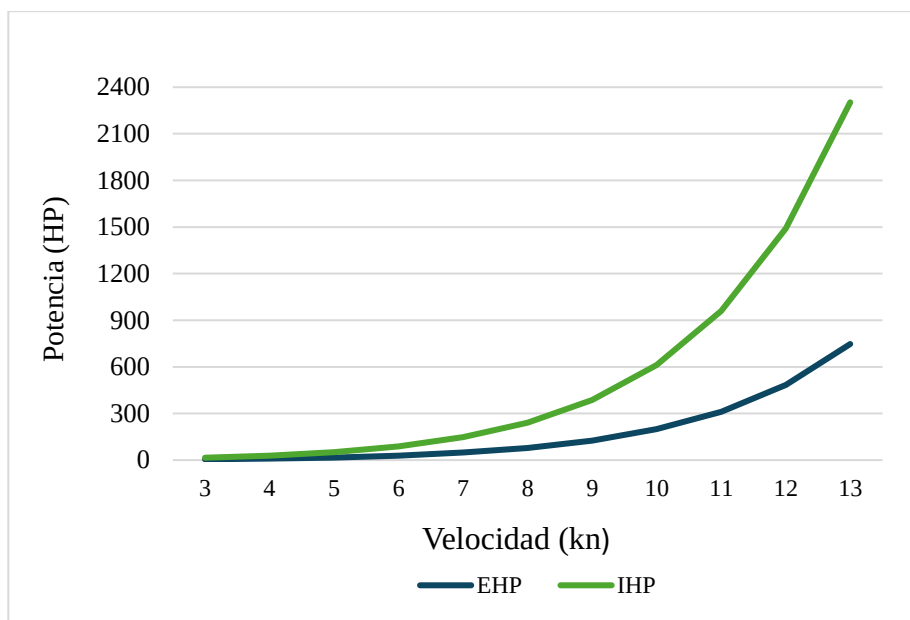
Tabla 25

Estimación de la potencia a instalar para la maquina principal

V (kn)	EHP [HP]	DHP [HP]	SHP [HP]	BHP [HP]	IHP [HP]
3,0	4,98	10,54	11,09	11,80	15,34
4,0	9,46	20,03	21,09	22,43	29,16
5,0	16,86	35,69	37,57	39,97	51,96
6,0	28,84	61,05	64,27	68,37	88,88
7,0	47,95	101,53	106,88	113,70	147,81
8,0	78,12	165,41	174,11	185,23	240,79
9,0	125,28	265,25	279,21	297,03	386,14
10,0	198,41	420,11	442,22	470,45	611,58
11,0	311,11	658,72	693,39	737,65	958,95
12,0	483,78	1024,33	1078,24	1147,07	1491,19
13,0	747,07	1581,80	1665,05	1771,33	2302,73
14,0	1146,82	2428,20	2556,00	2719,15	3534,89

Figura 16

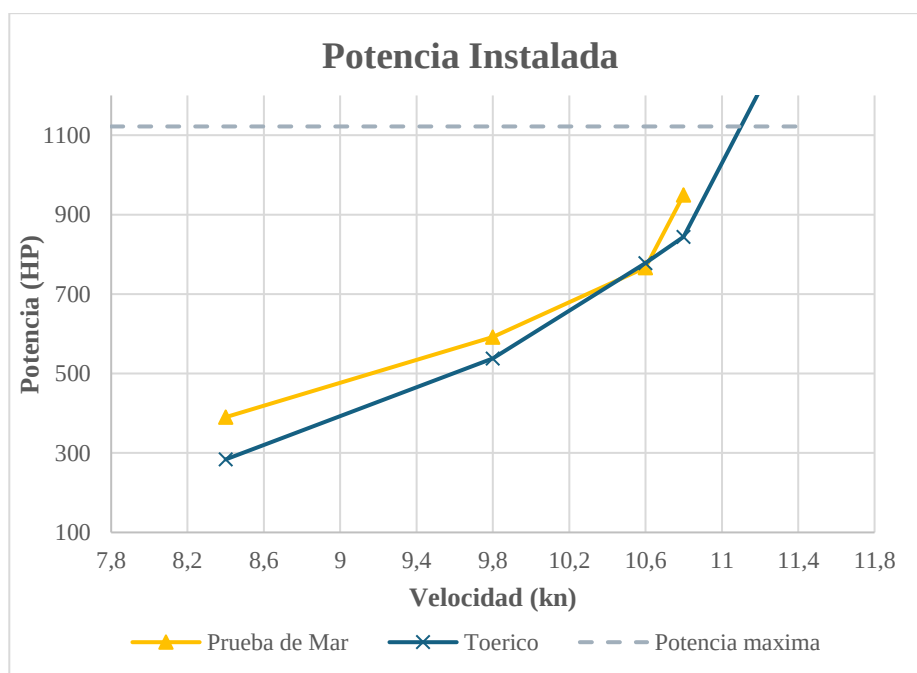
Curva potencia versus velocidad estimada



Acorde a la última prueba de mar reportada por el personal de máquinas, es posible concluir que la embarcación alcance la velocidad de 11 nudos a 837 kW (1122 HP) donde se aprecia que la potencia actual es cercana a la estimada por los métodos empíricos, Figura 17, para la resistencia, lo cual da fiabilidad del uso de estos métodos.

Figura 17

Comparación entre potencia instalada vs teórica



El motor seleccionado por preferencia del armador corresponde a un motor YANMAR el cual es comparado con otras opciones disponibles en el mercado para el mismo rango de potencia. Los datos técnicos y precios fueron recolectados por entrevista directa con proveedores locales descritos en el APENDICE E, donde la opción más económica, Tabla 26, corresponde a motores WEICHAI de origen chino.

Tabla 26

Opciones de motores para aplicación marina local

Marca	YANMAR	CUMMINS	WEICHAI	GUASCOR ENERGY
Modelo	6EY17W	KTA38-M1	12M33	L-36FT
Potencia, HP	1122	1100	1000	960
RPM	1450	1800	1500	1800
Nro. cilindros	6	12	12	12

Consumo combustible gal/h	55.91	52.9	51.5	32.22
Peso (kg)	3880	4218	3900	4630
Dimensiones (LxWxH)	2908x1305 x1882	2152x1462 x2083	2404x1444 x1584	2512x1367 x1738
Precio motor	\$ 240.000,00	\$ 250.000,00	\$ 100.000,00	\$ 200.000,00
Precio caja reductora		\$ 110.000,00		\$ 120.000,00

Figura 18

Especificaciones técnicas para el motor Yanmar 6EY17W



Engine Model		6EY17W				
No. of Cylinders		6				
Cylinder Bore×Stroke [mm]		170×230				
Rated Output [kW(PS)]		374 (508)	480 (653)	590 (802)	749 (1018)	837 (1138)
Engine Speed [min ⁻¹]		1350				
Dry Weight [kg]		3880				
Propeller Type		for F.P.P.				
Marine Gear Model		YXH-500				
		YXH-500L				
Reduction Gear Ratio (Ahead)		2.53, 3.04, 3.48				
		3.57, 4.07, 4.48, 4.96				
Marine Gear Dry Weight [kg]		700				
		1667				
Total Dry Weight		4580				
with Marine Gear [kg]		5547				

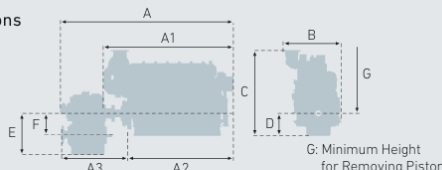
Nota. Información tomada del catálogo [26]

3.1.4. Selección de reductor

A partir de las recomendaciones dadas por el fabricante el reductor seleccionado es el modelo YXH-500, Figura 18, para una reducción de 4.07:1, los cuales entregan 356 rpm al eje, los mismo que se encuentran dentro del rango nominal descritos en la, Tabla 12.

Figura 19

Dimensiones de la maquina principal y reductora dadas por el fabricante

Series	Models	Output [kW]							Gear	Dimensions [mm]									
		Engine Speed [min ⁻¹] * 850min ⁻¹																	
		750	800	850	900	1350	1450	1500		A	A1	A2	A3	B	C	D	E	F	G
6EY17W	6EY17W						374		YXH-500	2908	2410	2154	615	1305	1813	620	682	349	1300
							480		YXH-500L	3091			794		862		429		
							590		YXH-500	2908			615		1882		682	349	
							749	837	YXH-500L	3091			794		862		429		

Nota. Información tomada del catálogo [26].

3.1.5. Selección de los ejes

El diámetro mínimo requerido para el eje de cola y el eje intermedio se realizó por dos métodos, por las reglas ABS y por el monograma recomendado para selección de ejes de Caterpillar, los diámetros de los ejes instalados se encuentran en los valores nominales estimados y el material recomendado para este tipo de ejes es del tipo Carbon Steel C1045.

Tabla 27

Parámetros para selección de ejes

Parámetro	ABS	Monograma CAT	Buque de estudio
K	1; 1.22		
H [kW]	837		
R [rpm]	356		
C1	472.5		
C2	160		
U [N/mm ²]	415		
Dmin, Eje de cola (mm)	132	165	153
Dmin, Eje intermedio (mm)	125	138	132

3.1.6. Selección de la hélice

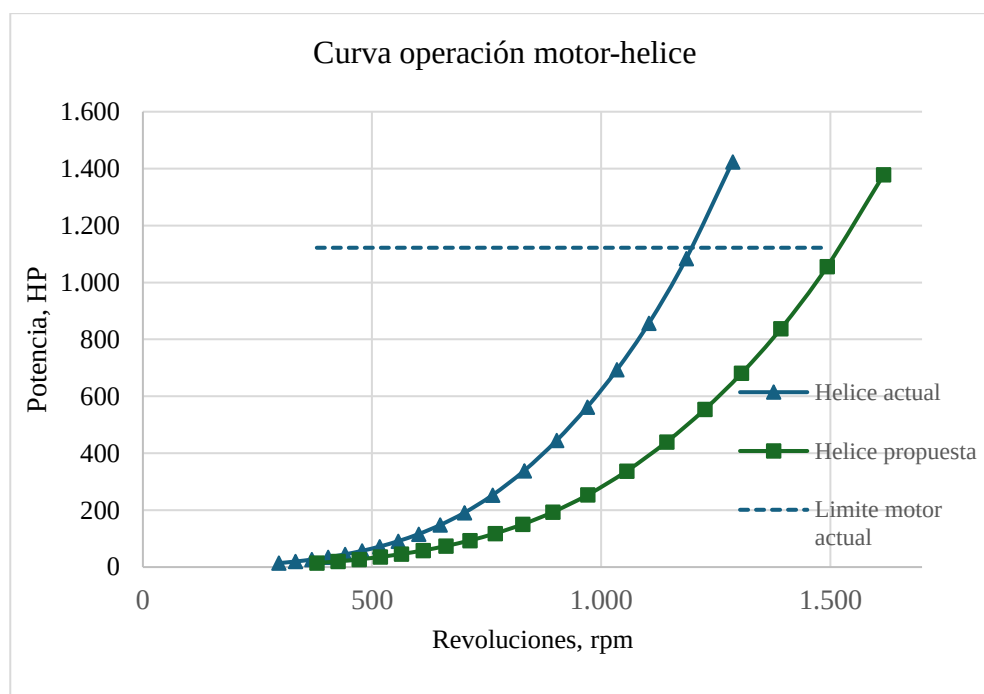
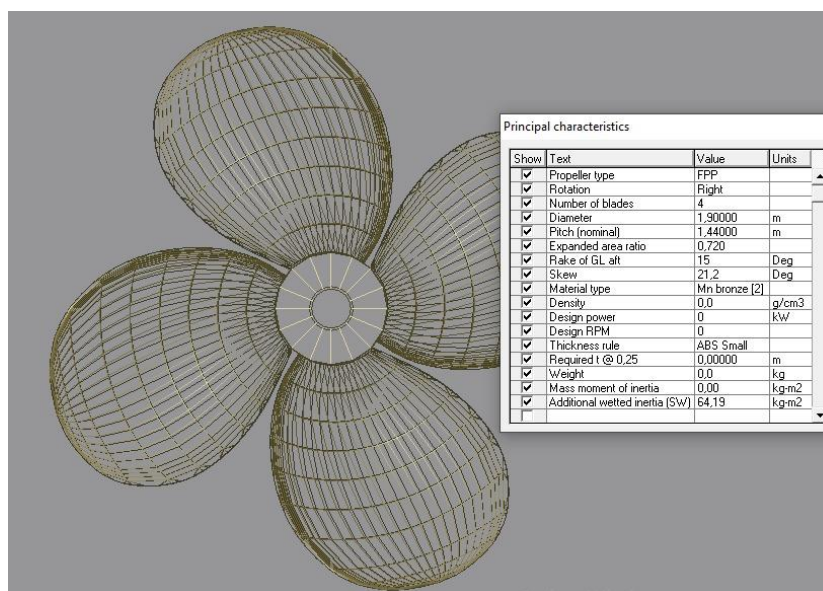
El diseño de la hélice fue realizado con el programa DISPROP, el cual fue configurado para los datos hidrostáticos del buque a plena carga, obteniéndose un rango de diámetros y velocidades de donde se destacaron las dimensiones de la hélice con mejores características.

Tabla 28

Resultados para hélice

Parámetros	Diseño	Disprop	Otros programas
D [m]	1.9	1.9	1.9
P [m]	1.406	1.33	1.44
DAR	0.70	0.65	0.717
z	4	4	4
ηD	0.571	0.528	0.495
T [kN]	56.51	51.37	90.88
V [kn]	10.98	11	10.8

A través de la curva de operación del motor-hélice podemos describir que la hélice propuesta por el programa Disprop permite aprovechar el máximo de la potencia instalada.

Figura 20*Curva de operación de la hélice propuesta***Figura 21***Modelo 3D de la hélice*

3.2. Análisis económico

De acuerdo con los supuestos establecidos, se estima que el buque remotorizado realiza una marea adicional al año. Sin embargo, en 2023 y 2024 logró hasta dos mareas adicionales, pese a no operar al 100 % de la potencia del motor, debido al bajo rendimiento del sistema propulsivo.

El incremento de mareas no depende solo de la velocidad del motor, sino también de la tecnología de detección de cardúmenes, el uso de helicópteros y la proximidad de los bancos de peces. Por ello, se asume que la remotorización permitirá al menos una marea adicional por año.

Tabla 29

Promedio de capturas

Capacidad de pesca	
220	Toneladas
Propuesta promedio de pesca capturada	
91%	de la capacidad total

Gracias a la remotorización, la marea adicional permitiría capturar **200 toneladas** más que el año anterior, según el promedio de capturas del buque de estudio

Tabla 30

Precio por tonelada de atún comercializada

Precio de tonelada de atún asumido	
\$ 1715	Por tonelada

El promedio del precio de tonelada se tomó de los valores del 2022 y 2023, y asumimos que el valor de la Tabla 30 se mantendrá para todos los años de análisis.

3.2.1. *Días de veda*

La veda atunera se establece de 72 días obligatoriamente cada año [29], en 2 períodos a elección, durante los meses de julio a octubre o de noviembre a enero, dándonos un total de 293 días para realizar las faenas de pesca.

3.2.2. *Faena de pesca propuesta después del proceso de remotorización*

Comenzando las faenas al salir de una veda, donde se debería planear el proceso de remotorización, la embarcación lograría hacer mínimo 10 mareas.

Tabla 31

Faenas de pesca propuesta

Faenas de pesca propuesta	
10	faenas
Días de faena	Días de puerto
25	4

Teniendo disponible 25 días de faenas en promedio, y 4 días de puerto, debido a que un motor nuevo no necesitaría un mantenimiento exhaustivo para lograr el objetivo.

3.2.3. *Inversión inicial*

Para realizar un proceso de remotorización correcto se consideraron los costos de inversión del sistema propulsivo motor – reductor – eje – hélice, costo de varadero, y un estudio de ingeniería naval que permita desarrollar el sistema más adecuado para la embarcación.

3.2.4. *Motor – reductor*

Se seleccionó el motor y reductor del proveedor YANMAR para cumplir con los requerimientos de potencia y ahorro en mantenimiento, además de contar con mayor disponibilidad de información proporcionada por la empresa.

Tabla 32

Precio de motor principal seleccionado

Precio Motor – Reductor YANMAR 1138 HP	
\$	240,000.00

3.2.5. *Hélice*

El costo de una hélice marina se determina en función de su peso, estableciéndose un precio por kilogramo según la masa estimada. Además, su varía según el diseño de la hélice, incluyendo factores como la geometría y las relaciones de área de sus palas. En el caso de embarcaciones de 40 metros estarían aproximado al siguiente valor tomado de una factura de la empresa.

Tabla 33

Precio de hélice marina para el buque de estudio

Precio Hélice 4 Aspas	
\$	15,000.00

3.2.6. *Costo de varadero*

El costo de varadero se estimó usando únicamente los costos asociados al proceso de remotorización, el cuál para un varadero normal se asumió 15 días de estadía, dejando 30 días adicionales donde se dedica exclusivamente al cambio de sistema propulsivo y los costos adicionales asociados a ello, como el maquinado del eje, trabajos de maestranza, y demás. En el APÉNDICE N puede encontrar la factura total del año 2021 donde se realizó el procedimiento.

Tabla 34

Costo de varadero por remotorización

Costo Varadero por Remotorización	
Permanencia adicional 30 días	\$ 15,000.00
Trabajos de transmisión	\$ 14,826.00
Trabajos de Maestranza	\$ 13,810.00
Trabajos de Remotorización	\$ 43,816.00
Trabajos de Calderería	\$ 4,807.80
Trabajos Varios	\$ 1,808.00
Servicios Temporales	\$ 7,472.46
TOTAL	\$ 101,540.26

Finalmente, considerando que el precio es del 2021, y que pudo haber incrementado levemente, por temas de inflación o similar, se estima el precio de varadero como **\$ 110,000**.

3.2.7. *Costo de estudio de ingeniería naval*

Para el costo del estudio de ingeniería consultamos algunos ingenieros conocidos, de los cuales no se pueden nombrar por privacidad, dando como resultado el siguiente precio.

Tabla 35*Precio del estudio de ingeniería naval para remotorización*

Precio Estudio ingeniería naval	
\$	18,000.00

En el APÉNDICE O se muestra detallado la factura con todos los análisis realizados para una implementación de un sistema propulsivo nuevo.

3.2.8. Resumen de la inversión

Entonces la inversión total de nuestro proyecto de remotorización para el buque analizado es la siguiente:

Tabla 36*Inversión total por remotorización del buque analizado*

Motor	\$ 240,000.00
Reductor	
Hélice	\$ 15,000.00
Estudio Ing. Naval	\$ 18,000.00
Costo de Varadero	\$ 110,000.00
Inversión total	\$ 383,000.00

3.2.9. Amortización Francesa Anual

Para financiar la inversión, se aplicó un esquema de amortización francesa, caracterizado por cuotas fijas e iguales. Se obtuvo un préstamo bancario equivalente al 70 % del valor de la inversión, con un plazo de 5 años, una tasa de interés anual del 13 % y pagos programados de forma mensual.

Tabla 37*Estructura del financiamiento de la inversión*

Estructura financiamiento	
Propio (30%)	\$114,900.00
Préstamo (70%)	\$268,100.00
Total (100%)	\$383,000.00

Se elaboró la Tabla 38 de amortización con cuotas anuales, estableciendo 5 pagos de \$76,225.00 para cubrir el préstamo. Asimismo, en el APÉNDICE P se presenta la amortización con cuotas mensuales durante 60 periodos, donde se evidencia que, para un plazo de **5 años**, los pagos mensuales son de **\$6,100.10**, un valor que no representa una carga financiera elevada.

Tabla 38*Amortización francesa con cuotas anuales*

Cuota	Cuota anual	Interés	Capital	Saldo
0				\$268,100
1	\$76,225	\$34,853	\$41,372	\$226,728
2	\$76,225	\$29,475	\$46,750	\$179,978
3	\$76,225	\$23,397	\$52,828	\$127,151
4	\$76,225	\$16,530	\$59,695	\$67,456
5	\$76,225	\$8,769	\$67,456	\$0

3.2.10. Ingresos

Los ingresos promedios por faena de pesca se calculan en base a las toneladas promedios capturadas por el precio de la tonelada comercializada.

Tabla 39*Ingresos por faena de pesca*

Ingreso promedio por faena de pesca	
\$	343,000.00

Obteniendo 200 toneladas adicionales gracias al aumento de potencia del sistema propulsivo, nos da unos ingresos adicionales de \$ 343,000.00 por el beneficio de remotorizar la embarcación.

3.2.11. Costos

Las siguientes tablas muestran los costos operacionales de una faena de pesca, los cuales dependen del número de mareas. En caso de realizar una marea adicional en el año, el buque incurrirá en los costos operativos correspondientes.

Tabla 40*Sueldos propuestos de tripulantes*

Sueldos tripulantes (21% de Ingresos)	
\$	72,030.00

El sueldo propuesto para los tripulantes corresponde al 21% de los ingresos propuestos por faena de pesca.

Tabla 41*Otros costos operacionales*

Otros costos operacionales		
<i>Alimentación y víveres por mareas</i>	\$	8,500.00
<i>Suministros</i>	\$	16,600.00
Gasolina B/P	\$	500.00
Lubricantes B/P S.Q.	\$	2,500.00
Sal B/P	\$	2,800.00
Suministros y Accesorios B/P	\$	2,400.00
Material de Limpieza B/P	\$	3,000.00
Carnadas Varias	\$	3,400.00
Varios B/P	\$	2,000.00
<i>Mantenimiento y Reparaciones</i>	\$	13,700.00
Mant. Rep. Cubierta-Casco	\$	7,700.00
Mant y Reparación de Red	\$	6,000.00
<i>Otros costos</i>	\$	17,560.00
Gastos Agencias Navieras	\$	500.00
Fletes Varios	\$	350.00
Servicios de Cuadrilla	\$	800.00
Pase Puerto y Áreas	\$	1,200.00
Alimentación Tripulación B/P	\$	330.00
Medicinas y Varios COVID	\$	130.00
Recuperación de Radio	\$	500.00
I.VA No Recuperado (SRI)	\$	13,000.00
Honorarios Profesionales	\$	750.00
Otros costos de producción Total	\$	56,360.00

De acuerdo con los valores descritos en metodología, en algunos rubros se consideraron los valores promedios donde la tendencia no variaba mucho, en otros se escogió el último año dado que con los datos obtenidos no se podía concluir si siguiese alguna tendencia.

3.2.12. *Combustible y Mantenimiento de máquina principal*

Se detallan los valores asumidos para el primer año de mantenimiento del motor principal y el costo del combustible, con el precio fijo de \$1.60 por galón de diésel para buques atuneros.

[32][33]

Tabla 42

Mantenimiento y Combustible asumidos por faena de pesca

	Anterior	Propuesta remotorización
Costo Mantenimiento	\$ 14,500.00	\$ 5,000.00
Costo Combustible	\$ 22,390.91	\$ 31,987.01
Consumo gal/marea	14000	20000
Precio galón de diésel		\$ 1.60

Un proceso de remotorización con aumento de potencia suele generar un mayor consumo de combustible, dependiendo del incremento de potencia. En este caso, el consumo promedio por marea es de 20,000 galones de diésel, permitiendo calcular el costo estimado con el precio del galón establecido. Para el mantenimiento, se consideran los valores iniciales, propios de un motor nuevo que, al estar bien diseñado, no debería presentar fallas en sus primeras fases de operación.

3.2.13. *Flujo de Caja e indicadores financieros*

A través de un flujo de caja que considera la inversión inicial, se realiza el flujo de caja del primer año, finalmente se presentan los resultados de **la diferencia** entre flujo de caja del caso motor antiguo y el flujo de caja de la propuesta con remotorización de los primeros 5 años, los cuáles se encuentran en el APÉNDICE Q.

Tabla 43*Diferencia de Flujos de Cajas*

Diferencias de Flujos de Cajas del Motor Antiguo vs Propuesta Remotorización						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por Marea		\$343,000	\$343,000	\$343,000	\$343,000	\$343,000
Ingreso Mantenimiento		\$80,500	\$80,025	\$79,550	\$79,075	\$78,600
Egresos						
Sueldos tripulantes (21% de Ingresos por Marea)		\$72,030	\$72,030	\$72,030	\$72,030	\$72,030
Otros costos de producción		\$56,360	\$56,360	\$56,360	\$56,360	\$56,360
Costo Combustible		\$118,352	\$121,244	\$124,136	\$127,028	\$129,921
Inversión	\$-383,000					
Utilidad Neta		\$176,758	\$173,391	\$170,024	\$166,657	\$163,289
TIR	34.82%					
VAN	\$129,095					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	\$-383,000					
Flujo de Efectivo		\$176,758	\$173,391	\$170,024	\$166,657	\$163,289
Valor Presente		\$156,423	\$135,791	\$117,835	\$102,214	\$88,627
Flujo Acumulado		\$156,423	\$292,214	\$410,049	\$512,262	\$600,889
Flujo Neto		\$-226,577	\$-90,786	\$27,049	\$129,262	\$217,889
PRI	2.77					
PRI	2 años y 10 meses					

La TIR indica que el proyecto genera una rentabilidad del **34.82%**, lo que es considerablemente rentable debido a que la tasa de descuento establecida por la entidad financiera es de 13%. Además, la Remotorización permite generar un beneficio adicional de \$129,095

descontados a valor presente con interés del 20%, recuperando la inversión en un periodo de 2 años con 10 meses aproximadamente en un corto plazo.

3.2.14. *Análisis de sensibilidad*

En la Tabla 44, se presenta el análisis de sensibilidad realizado para cada escenario planteado que influyen directamente en el rendimiento del proyecto:

Tabla 44

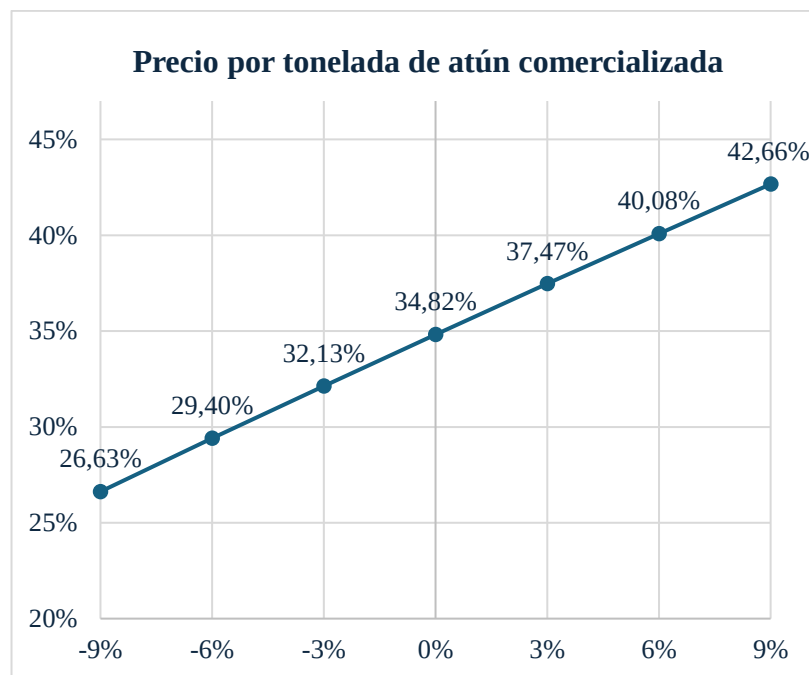
Análisis de Sensibilidad del proyecto

Escenario	Variación	TIR	VAN	PRI anual
Escenario 1: Precio tonelada de atún	9%	42.66%	\$ 202,028.06	2.37
	6%	40.08%	\$ 177,717.08	2.49
	3%	37.47%	\$ 153,406.09	2.63
	0%	34.82%	\$ 129,095.11	2.77
	-3%	32.13%	\$ 104,784.12	2.93
	-6%	29.40%	\$ 80,473.14	3.12
	-9%	26.63%	\$ 56,162.15	3.35
Escenario 2: Precio del Combustible	12%	29.92%	\$ 84,919.02	3.08
	8%	31.57%	\$ 99,644.38	2.96
	4%	33.20%	\$ 114,369.74	2.86
	0%	34.82%	\$ 129,095.11	2.77
	-4%	36.42%	\$ 143,820.47	2.68
	-8%	38.00%	\$ 158,545.83	2.60
	-12%	39.57%	\$ 173,271.19	2.52
Escenario 3: Costos Operacionales	6%	33.70%	\$ 118,982.05	2.83
	4%	34.08%	\$ 122,353.07	2.81
	2%	34.45%	\$ 125,724.09	2.79
	0%	34.82%	\$ 129,095.11	2.77
	-2%	35.19%	\$ 132,466.12	2.75
	-4%	35.56%	\$ 135,837.14	2.73
	-6%	35.92%	\$ 139,208.16	2.71
Escenario 4: Promedio de Tonelada Capturada	10%	87.53%	\$ 655,219.85	1.25
	5%	62.11%	\$ 392,157.48	1.72
	0%	34.82%	\$ 129,095.11	2.77
	-5%	2.48%	\$ - 133,967.27	5.5
	-10%	-	\$ - 397,029.64	No es viable

El escenario 1, mantiene una tendencia positiva debido a que el precio de la tonelada de atún influye directamente en el valor por las toneladas capturadas. Un aumento en el precio de 9% implica un aumento de 8 puntos porcentuales en la tasa interna de retorno, siendo un escenario favorable. La diferencia entre el mejor escenario (+9%) y el peor escenario (-9%) es de 16.03 puntos porcentuales en la TIR. Esto evidencia una alta sensibilidad del proyecto a los cambios en el precio del atún, sin embargo, se toma en cuenta que, por incremento de la demanda de atún, lo más seguro es que haya un aumento de precio. Así mismo, ante las diferentes variaciones analizadas, el proyecto es viable debido a que es mayor a la tasa de descuento establecido por la entidad financiera.

Figura 22

Análisis de sensibilidad del precio de la tonelada de atún



El escenario 2, relacionado con el precio del combustible, y el escenario 3, enfocado en los costos operacionales, presentan una tendencia similar: mayores variaciones en estas variables

afectan negativamente la rentabilidad del proyecto. Sin embargo, aunque ambos escenarios comparten esta dirección, el impacto del escenario 3 en la Tasa Interna de Retorno (TIR) es menor en comparación con el escenario 2. Esto se debe a que el precio del combustible tiene un incremento proporcionalmente más significativo, ya que el costo de producción, sin incluir mantenimiento y combustible, representa menos de la mitad del costo total de esta variable. Por lo tanto, cualquier aumento en el precio del combustible, considerando la cantidad de galones consumidos por el motor, genera un gasto mayor en comparación con un incremento porcentual en el costo de producción.

A pesar de estas variaciones, los resultados muestran que el proyecto sigue siendo rentable en ambos escenarios, ya que la TIR permanece superior a la tasa de descuento establecida por la entidad financiera.

Figura 23

Análisis de sensibilidad para el precio de combustible

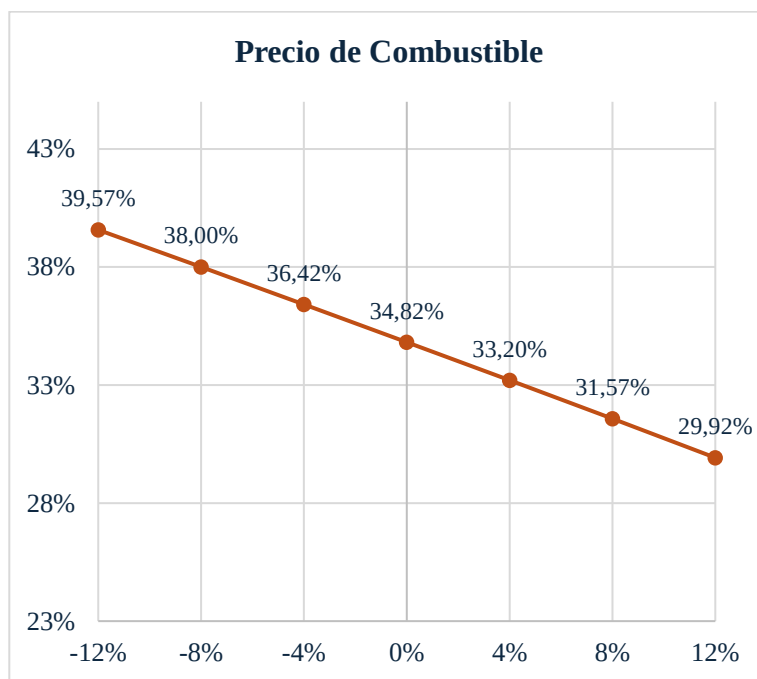
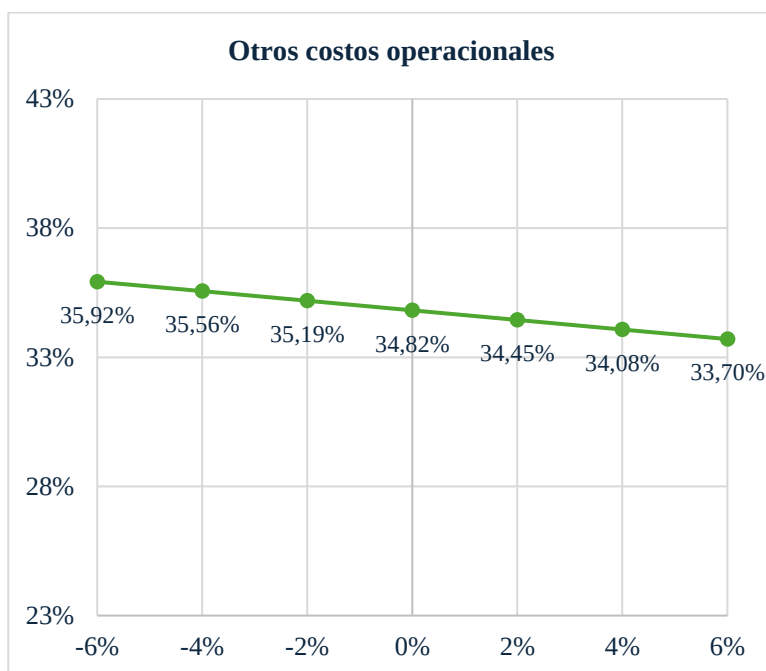


Figura 24

Análisis de sensibilidad para los otros costos operacionales

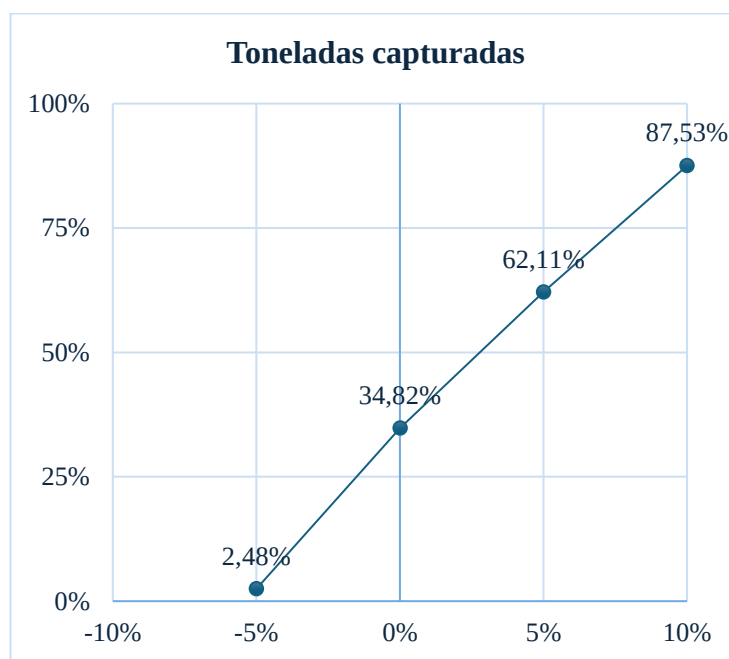


Para el escenario 4, los resultados muestran que el número de producción de toneladas es altamente sensible de acuerdo con las variaciones planteadas dentro del análisis; un aumento del 10% en tonelada capturada; en otras palabras, que el buque realice 2 faenas adicionales por año, como se puede evidenciar para el año 2023 y 2024; implica que la TIR crezca en un 87,53% pero, una disminución del 5% implica una disminución radical del 2,48% de la TIR y una recuperación mayor a 5 años. Lo mencionado anteriormente, genera un impacto crítico en la viabilidad financiera del proyecto generando que a menor producción de toneladas los retornos serían insuficientes para cubrir todos los costos del proyecto. En el caso de una remotorización con

aumento de potencia, donde se generan elevados costos de combustible, es esencial alcanzar la marea adicional proyectada anualmente para garantizar la rentabilidad de la inversión. Si bien existen alternativas de motores con mayor potencia y menor consumo de combustible, estas opciones también implican un costo o consideración adicional. Como se observa en la Tabla 26, el motor Guascor Energy ofrece mayor potencia y menor consumo de combustible; sin embargo, su peso considerablemente mayor requiere una evaluación detallada de las características y limitaciones de la embarcación. Este análisis permitirá seleccionar el sistema más eficiente y rentable, ajustado a las necesidades de la empresa.

Figura 25

Análisis de sensibilidad del promedio de toneladas capturadas



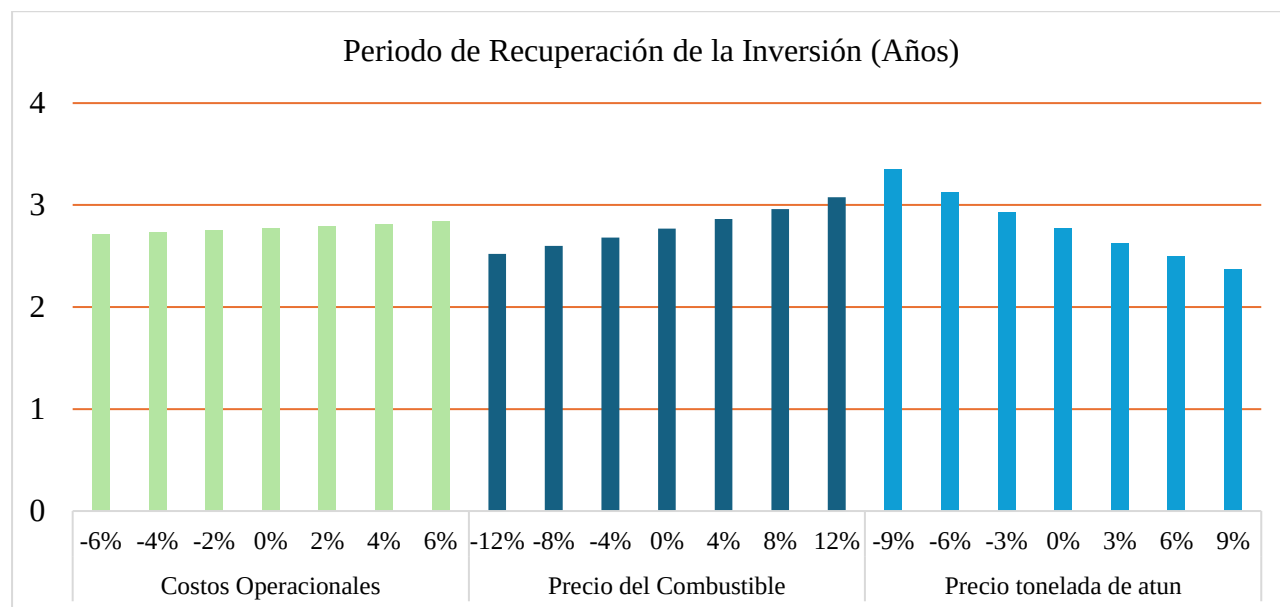
Los resultados del periodo de recuperación de la inversión en los diferentes escenarios evaluados muestran lo siguiente: una variación en los costos operacionales tiene un periodo de recuperación aproximado de 3 años. Por otro lado, las variaciones en el precio del combustible pueden generar un periodo de recuperación de entre 2 y 3 años, dependiendo de la magnitud de la

variación. Es importante destacar que, a mayor incremento en los costos asociados a los escenarios 2 y 3, mayor será el tiempo necesario para recuperar la inversión.

Finalmente, en el caso del precio por tonelada de atún, una disminución del 9% prolonga el periodo de recuperación a un poco más de 3 años, mientras que un aumento del 9% reduce este periodo a casi 2 años. Estos resultados evidencian la sensibilidad del proyecto a las variaciones en estas variables clave.

Figura 26

Periodo de recuperación de la inversión



Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que la remotorización del buque analizado representa una alternativa técnica y económicamente viable para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos en la flota atunera del país. Pese al acceso limitado a la información técnica y operativa de la embarcación, el análisis preliminar del sistema propulsivo muestra que la selección del nuevo motor logra un mejor desempeño en términos de velocidad, pero no supone un ahorro de combustible dado el incremento de potencia para el cual fue diseñado.

No obstante, el estudio también identificó varias limitaciones y desafíos. Uno de los aspectos críticos es el impacto del diseño de la hélice en el rendimiento global del sistema propulsivo. Un diseño inadecuado de la hélice puede generar daños significativos en la máquina principal, como se evidenció en el buque de estudio, que experimenta sobrecalentamiento debido a un posible desbalance entre la hélice y el motor.

En términos financieros, el análisis de flujo de caja evidenció que la inversión en la remotorización es rentable, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 34.82% y un Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) menor a tres años, incluso bajo escenarios pesimistas es casi el doble de la tasa de interés del banco para el sector empresarial.

Finalmente teniendo una amortización del 70% de la inversión total, en 5 años, que sigue siendo un tiempo estimado para una buena inversión, las cuotas mensuales no representan ni el 5% de las utilidades operacionales anuales, siendo pagadas netamente por el beneficio de la remotorización.

4.1. Conclusiones

- Usando métodos empíricos para determinar la resistencia al avance se logró corroborar a través de una prueba de mar, que la potencia requerida para alcanzar los 11 nudos es de 959 HP, por lo cual a preferencia del armador se consideró el motor marino de la marca YANMAR de 1122 HP.
- La propuesta de incluir un nuevo conjunto motor-hélice en base al caso de remotorización analizado permite realizar por lo menos una faena adicional, lo que se traduce en un aumento de la productividad anual, pero esta ventaja estará dada siempre la hélice actual reduzca su paso de 1.87 m a 1.44 m manteniendo el diámetro de 1.9 m.
- Se establecieron los costos de la inversión total, con la selección del sistema propulsivo más adecuado que cumplan con los requerimientos del armador, de esta manera se elaboró su flujo de caja, del primer año y su proyección a 5 años, logrando evidenciar la diferencia de los flujos de cajas manteniendo el motor CATERPILLAR, y el de la propuesta con el motor YANMAR.
- Se realizó el análisis financiero con los indicadores clave (TIR, VAN y PRI) que permitieron concluir que el proyecto es financieramente viable y rentable debido a que posee una VAN positiva, un PRI menor a 3 años y una TIR mayor a su tasa de descuento demostrando que los flujos son lo suficientemente altos como para cubrir la inversión y generar ganancias en un tiempo relativamente corto.

4.2. Recomendaciones

- Los resultados determinados en este proyecto son de carácter teórico los cuales es necesario contrastar con mediciones in situ de la embarcación además de complementarlo con

estudios de vibración, análisis estructural de las bases del motor y alineamiento de la línea propulsora

- Aunque se seleccionó una hélice **adecuada al sistema de propulsión actual**, se recomienda realizar pruebas de mar adicionales para validar su eficiencia en condiciones operativas reales.
- Para mantener un margen de rentabilidad adecuado, es necesario evitar que el número de promedio toneladas captura no disminuya, dado que una menor producción puede implicar pérdidas dentro del proyecto.
- En el caso de una remotorización de **modernización**, en el que el buque de estudio no logre superar su velocidad actual y se elija un motor de potencia similar, será esencial la selección de un motor que ofrezca una mayor eficiencia en el **consumo de combustible**. Esta elección permitirá que el menor consumo genere ahorros en el rubro de combustible, evitando así una presión adicional sobre el flujo de caja. Además, los ahorros en mantenimiento que se obtendrán con el motor más eficiente contribuirán a una reducción de los costos operativos a largo plazo, lo que podría generar márgenes de ganancia adicionales. En este contexto, no sería necesario depender de una faena adicional para justificar la rentabilidad de la inversión, ya que los beneficios derivados de la eficiencia operativa permitirían asegurar la viabilidad financiera de la remotorización. La clave en este caso radica en seleccionar un sistema propulsivo que optimice no solo el consumo de combustible, sino también los costos de mantenimiento y los tiempos operativos, garantizando así una rentabilidad estable y predecible para la empresa.

Referencia Bibliográfica

- [1] Ministerio de Comercio Exterior. (2017). *Informe sobre el sector atunero ecuatoriano*. Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador.
- [2] Anastacio J. (2023) *Una década de sostener el posicionamiento en el comercio atunero mundial* <https://camaradepesqueria.ec>
- [3] Revista Ecuador Pesquero, (2024) *Unidos con un mismo objetivo*, Edición 110 https://issuu.com/cnpecuador/docs/ecuador_pesquero_sepiembre_-_noviembre_2024
- [4] Bitácora Ambiental (2024) *Embarcaciones pesqueras industriales operativas en el Ecuador a junio del 2024* <https://public.flourish.studio/visualisation/18229123/>
- [5] El Universo (2024) *Flota pesquera industrial de Ecuador llega a 620 embarcaciones, pero es necesaria remotorización por barcos que pasan de los 40 años* <https://www.eluniverso.com/>
- [6] CERES (2021) *NIRSA: El atún, uno de los productos del mar ecuatoriano más cotizados en el mercado internacional* <https://www.redceres.com/post/nirsa-el-atun-uno-de-los-productos-del-mar-ecuatoriano-m%C3%A1s-cotizados-en-el-mercado-internacional>
- [7] YANMAR (2023) *Por qué es importante la repotenciación. Aproveche las ventajas de sustituir su motor yanmar.* <https://www.yanmar.com/marine/es/noticias/por-que-es-importante-la-repotenciacion-aproveche-las-ventajas-de-sustituir-su-motor-yanmar/>
- [8] Panorama Ecuador (2024) *La flota Pesquera industrial de Ecuador necesita urgente remotorización.* <https://panoramaecuador.com/>

[9] Clean Air Northeast (2024) *NEDC Marine Repower Guide: The economic and environmental benefits of diesel engine repowering*.

<https://cleanairnortheast.epa.gov/marine-repower-guide.html>

[10] CIAT (2024) *La pesquería atunera en el océano pacífico oriental en 2023*

<https://www.iattc.org>

[11] Vera, B. (2018). *Políticas públicas aplicadas en la pesca industrial atunera del Ecuador*, Tesis de doctorado Universidad Andina Simón Bolívar.

[12] Centurion H. (2024) *Nociones básicas de remotorización y mejora en el calado de remolcadores fluviales*.

[13] Dominguez, F. (2010). *Parámetros para considerar en una repotenciación*. Tecnavin S.A. www.tecnavin.com

[14] Falcones, F. (2021) *Análisis técnico económico del alargamiento de un buque atunero con capacidad de bodega de 340 m³ de bandera ecuatoriana*.

[15] P. O'Dogherty et al. (1983) *Proyecto hidrodinámico de buques atuneros*, en Madrid, pp. 7.

[16] M. Salas (2010) *Ingeniería Avanzada para Economía de Combustible en Pesqueros*, pp. 56.

[17] R. Alvariño et al. (1997) *El Proyecto básico del buque mercante*, en Madrid, pp. 597

[18] Kleppesto, K. (2015). *Empirical prediction of resistance of fishing vessels*

[19] García, G. (1991). *Predicción de potencia y optimización del bulbo de proa en buques pesqueros*. Madrid

[20] Susanto, A. et al (2017) *Analysis of the propulsión system towards the speed reduction of vessel type PC-43*

[21] Molland, A. (2011). *Ship Resistance and Propulsion*

[22] CAT (2009) *Caterpillar Service Training*. 8th Edition

[23] ABS (2019) Rules for building and classing *Steel Vessels under 90 meters in length*

[24] Baquero, A. (2011) *Introducción a la resistencia y propulsión del buque*, Universidad Politécnica de Madrid

[25] Yanmar (2022) *Product Guide Marine Diesel Engine*

[26] Bernitsas, M et al (1981) *Kt, Kq and Efficiency curves for the wageningen B-series Propellers*

[27] Cummins (2024) *Marine Ratings and Definitions*.

<https://www.cummins.com/engines/marine-ratings>

[28] Dirección de Comunicación Social (2024) *Finaliza la segunda veda del atún para embarcaciones ecuatorianas*.

<https://www.puertodemanta.gob.ec/finaliza-la-segunda-veda-del-atun-para-embarcacionesequatorianas/#:~:text=En%20el%20presente%20a%C3%B1o%20los,d%C3%B3lares%20al%20pa%C3%ADs%E2%80%9D%2C%20sostuvo.>

[29] N. Sapag Chain, Proyectos de inversión. Formulación y evaluación, Pearson, 2011, p. 544.

[30] Redacción Banco Pichincha, 01 02 2021. [En línea]. Available:

<https://www.pichincha.com/blog/tabla-amortizacion-francesa-alemana-diferencias>

[31] Banco Central del Ecuador (2025) *Tasas de Interés Activas Efectivas Referenciales*.

<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>

[32] Lasso, G. Presidente Constitucional de la República (2021) *Decreto Ejecutivo N° 467, Artículo 3*.

[33] Noboa, D. Presidente Constitucional de la República (2024) *Decreto Ejecutivo N° 308, Artículo 6*.

[34] Órdoñez, J. Delgado J. (2022) *Estudio de factibilidad técnico-económico de alternativas de ahorro de combustible para un buque atunero cerquero ecuatoriano*, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Base de datos de la flota atunera ecuatoriana

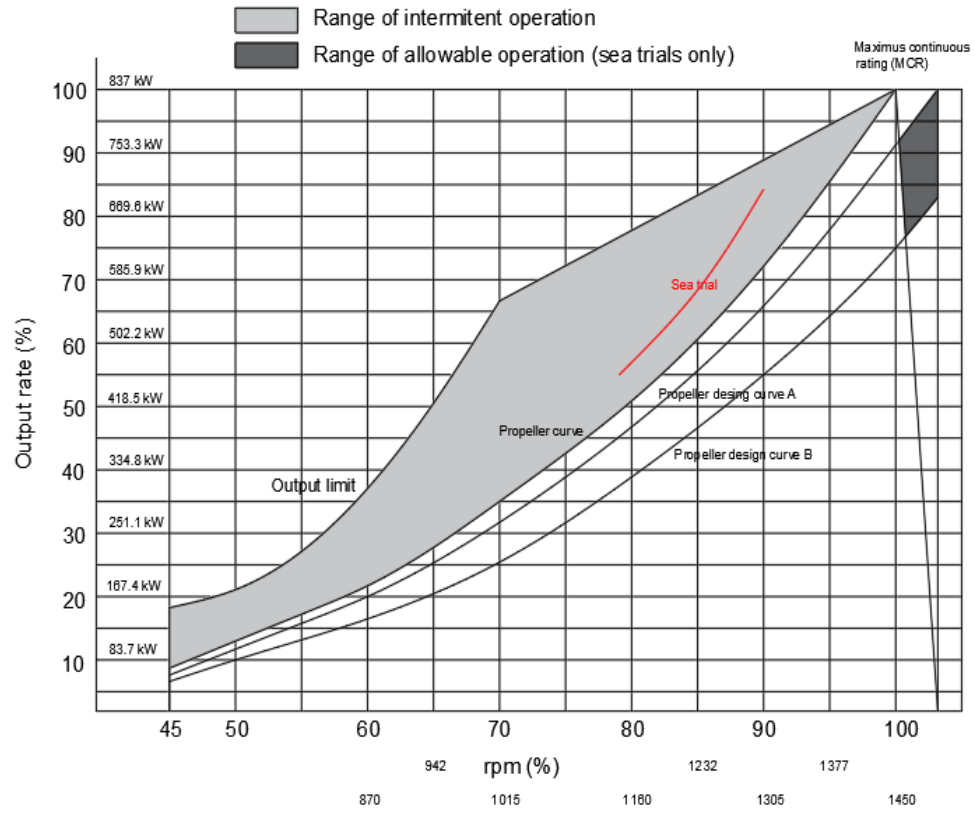
Nombre	IMO	LOA (m)	Manga (m)	Puntal (m)	Volumen bodegas (m3)	Año de construcción
Adria del Mar	7363059	60,28	11,1	5,45	843	1974
Aldo	8328094	47,85	10,41	6,7	555	1967
Alejandra	8716277	42,03	9,44	6,95	374	1988
Alina	7920168	53,85	8,6	3,6	542	1980
Alize	7327885	51,5	10,7	7,04	767	1974
Amalis	8800808	36,87	8,53	4,2	246	1987
Andrea	5279022	33,95	8	6,19	202	1962
Andrea D	8915134	63,24	12	7,24	1172	1989
Antonio H	8908686	39,53	9,75	6,7	457	1989
Ariete	9212280	46	10	6,6	493	1999
Belle Isle	9679634	90	14,5	9,28	1630	2013
Belle Rive	9679622	90	14,5	9,28	1630	2013
Belouve	9653848	89,4	14,5	9,28	1630	2012
Betty Elizabeth	6924363	34,19	9	6,48	290	1970
Cap, Berny B	7826702	67,4	11,7	8	1079	1980
Cap. Danny B.	7015121	34,98	9,14	6,3	284	1972
Cap. Tino B	7025267	31,94	9,14	6,1	328	1971
Carmen D	7021182	44,42	10,62	6,65	490	1972
Charo	8107646	86,79	12,85	8,35	1827	1982
Chasca	7369651	39,87	10,15	6,87	363	1974
Chiara	8029038	56,52	11,4	6,88	1126	1983
Claudia L	8974520	45,7	10	6,66	490	1999
Connie Jean Two	6707038	41,75	10,36	7,5	742	1966
Dalmacia C	8908662	35,23	9,75	5,67	454	1988
Delia	7383724	55,88	10,66	5,67	995	1983
Diana María	7112280	36,5	8,5	6,1	211	1971
Domenica L	8000886	34,59	9,3	4,83	351	1980
Don Alvaro	8963832	37,55	8	5,85	349	1995
Don Antonio	8647969	38,91	7,64	6,24	270	1979
Don F	8921406	63,24	12	7,24	1168	1990
Don Igilio	8717087	62,96	12	7,23	1265	1987
Don Mario	7032105	50,43	10,4	6,5	676	1968
Doña Chule	7369663	52	11	7,95	614	1988
Doña Nancy	8354483	36	14	5,95	281	1976
Doña Roge	7005279	56,67	10,51	7,28	917	1969
Doña Tula	7114927	44,33	9,33	6,8	549	1971
Drennec	8111453	80,5	12,8	8,85	1915	1982

Eastern Pacific	6602240	45,5	10,38	7,5	547	1965
Eillen Marie	8869488	51,6	9,15	6,5	607	1982
El Conde	7017777	31,12	8,55	6,44	255	1970
El Marquez	7515652	41,48	10,15	4,57	486	1973
Elizabeth F	7383683	51,51	10,66	8,1	623	1982
Emilio	7235628	70,25	11,8	8,7	1488	1973
Fernandito	8556407	39,63	7,4	3,77	241	1968
Fiorella L	7415474	39,46	10,16	6,84	390	1977
Fortica	7919860	33,28	8,23	6,27	216	1979
Gabriela A	9007403	45,25	8,6	4,96	420	1991
Gino D	7383700	54	11	5,66	755	1988
Giulietta	8210481	61,56	11,4	6,84	806	1982
Gloria A	7011632	50,6	10,4	7,8	699	1968
Gloria C.	7325174	31,45	8,55	6,18	211	1973
Gold Tuna	6718300	56,35	11	8,50	874	1967
Guayatuna Dos	8111087	77,32	13,61	9,07	1727	1983
Guayatuna Uno	8107476	77,3	13,6	9,05	1765	1983
Ignacio Mar I	7015597	49,5	7,92	4,38	372	1971
Jo Linda	7202293	45,5	9,13	6,53	407	1946
Jocay	9710983	76,42	14,7	9,5	1881	2014
Jorge Mario	7385473	56,2	11,1	7,65	696	1975
Joselito	8212415	29,27	8,59	4,53	250	1982
Julia D	6723599	62,2	12	8,8	1041	1968
Killa	7369649	39,87	10,15	6,90	339	1974
Lizanny Z	7311745	55,68	9,5	7,13	641	1973
Lizi	7366738	59,43	11,58	7,5	1038	1973
Lucía T.	7383695	52,52	10,7	7,95	685	1974
Lucy	7325186	45	16	4,67	292	1973
Malula	8212972	55,16	10,97	7,40	899	1989
María de Gracia	7369754	36,58	7	6,11	328	1977
María del Mar A	7503142	80,1	13,07	8,73	2304	1976
Maria Eulogia	8003254	68	12,8	8	1217	1981
María Fátima	7325198	32,4	8,4	6,24	278	1973
María Isabel	7113832	39,13	8,45	6,35	305	1972
Mariajosé	7230745	60,04	11,88	8,15	971	1945
Martina C	7396836	72,1	12,95	6	1265	1975
Mary Lynn	8949044	28,3	8,8	3,94	211	1998
Masai	7410216	55,66	8,8	3,6	285	1974
Milagro A.	7806312	76,12	12,7	8,3	1581	1980
Milena A	7342287	62,17	11,28	8,18	1217	1975
Milenka C	8669606	59	9	6,8	500	2012
Miry Ann D.	7048130	50,04	9,56	6,4	715	1969
Monica	7008817	43	8,3	5,12	351	1996

Monte Cristi	7415462	50,25	9,96	6,95	420	1977
Nataly	8113401	69,66	12,9	8,9	1257	1984
North Queen	7437604	35,87	8,84	4,27	257	1979
Ocean Lady	7927817	34,53	9,14	6,9	238	1980
Pacific Tuna	8030465	68,83	12,49	8,23	1242	1982
Panama Tuna	9175028	116	16,6	10,3	3037	1999
Panchito L	8212984	55,16	11	7,94	786	1982
Perla del Mar	7360277	62,75	11,5	7,78	971	1978
PS-1	9719082	56,8	10	6,6	704	2012
Rafa A	8818348	41,75	8,53	4,84	357	1990
Ria de Aldan	9476238	89,4	14,5	9,28	1630	2010
Ricky A	7347926	67,3	11	7,55	1208	1974
Roberto A	9007427	45,94	8,67	4,94	420	1990
Rosa F	7383712	51,65	10,7	7,95	682	1988
Rossana L.	7930735	55,17	11	7,92	809	1981
Samsun Ranger	7120201	65,14	11	7,58	1033	1971
San Andrés	8909252	78	14	8,8	1862	1991
Southern Queen	7309003	38,3	7,8	6,25	292	1947
Tarqui	7325162	49,08	8,37	6,18	422	1973
Tuna I	7015585	45,1	7,92	4,75	310	1970
Tuna II	7043908	54,25	7,92	4,62	449	1971
Ugavi	7910682	81	12,8	8,5	1875	1981
Ugavi Dos	8206301	77,3	13,6	6,65	1881	1983
Via Simoun	7809285	69	12,8	8,5	1363	1980
Victoria del Mar	7302782	62,7	11,5	7,8	1012	1973
Yelizava	6928577	50,4	10,37	6,3	655	1969
Yolanda L.	7407958	62,48	11,58	8,21	1168	1974

APÉNDICE B

Curva de desempeño del motor Yanmar 6EY17W



APÉNDICE C

Visita al Buque de estudio



APÉNDICE D

Reporte de prueba de mar 2024

1000 RPM						
Cilindros	Nro. 1	Nro. 2	Nro. 3	Nro. 4	Nro. 5	Nro. 6
Temperatura de escape de cilindros (°C)	384	406	404	410	400	401
Rack de bombas inyectoras	15	15	15	15	15	15
Temperatura de turbo	493/502 °C					
Velocidad del barco N.	8.4 knots					
Presión del aire de turbo cargador	0.1 MPa					
1100 RPM						
Cilindros	Nro. 1	Nro. 2	Nro. 3	Nro. 4	Nro. 5	Nro. 6
Temperatura de escape de cilindros (°C)	400	415	417	422	420	418
Rack de bombas inyectoras	15	16	15	15	16	15
Temperatura de turbo	512/526 °C					
Velocidad del barco N.	9.8 knots					
Presión del aire de turbo cargador	0.1 MPa					
1200 RPM						
Cilindros	Nro. 1	Nro. 2	Nro. 3	Nro. 4	Nro. 5	Nro. 6
Temperatura de escape de cilindros (°C)	429	437	438	442	444	436
Rack de bombas inyectoras	18	18	18	18	18	18
temperatura de turbo	534/537 °C					
velocidad del barco N.	10.6 knots					
Presión del aire de turbo cargador	0.14 MPa					
1300 RPM						
Cilindros	Nro. 1	Nro. 2	Nro. 3	Nro. 4	Nro. 5	Nro. 6
Temperatura de escape de cilindros (°C)	443	450	450	455	456	447
Rack de bombas inyectoras	20	20	20	20	20	20
Temperatura de turbo	558/559 °C					
velocidad del barco N.	10.8 knots					
Presión del aire de turbo cargador	0.2 MPa					

APÉNDICE E

Proveedores locales contactados

Marca motores marinos	Ciudad	Distribuidor Autorizado	Contacto	Teléfono
Yanmar	Manta	Pronaval	Iñaqui Ostiz	0979297831
	Guayaquil	Motores del Pacífico	Asesor Comercial	0995407957
Caterpillar	Guayaquil	IASA	Asesor Comercial	0968496700
Guascor Energy	Manta	Marinsa	Ing. Luis Vega	0994080737
Cummins	Guayaquil	Indusur	Ing. Milton Palacios	0999314607
			Ing. Dussu Paladines	0990122109
Weichai	Manta	Dinatek	Julio Paredes	0984083431
	Guayaquil	Dinatek		

APÉNDICE F

Cálculo de resistencia

Método de Digernes mejorado

La resistencia total por este método empleando la ecuación 2.3 y los datos de las tablas 8 y 9 para la velocidad de diseño es de 28760.54 [N]

Método de Amadeo García

Empleando la ecuación 2.4 hasta la ecuación 2.12 se obtienen los siguientes resultados para la velocidad de diseño.

Tabla 45

Resultados para el método de Amadeo García

Parámetros	Valor
V [m/s]	5,14
ρ [kg/m ³]	1025
C _f	1,92E-03
Re	1,79E+08
L _{wl} [m]	34,82
ν [m ² /s]	0,000001002
C _A	0,001119931
S _{SAP} [m ²]	355,246
S _{TCC} [m ²]	11,637
S _{cap} [m ²]	366,883
RR/RT	0,4863
C _t	5,92E-03
R _t García (N)	28716,60

Método de Holtrop y Van Oortmerssen

Los resultados para la resistencia se obtuvieron directamente del software Maxsurf Resistance, empleando la información hidrostática obtenida en la tabla 7

Tabla 46*Resultados de la estimación de la resistencia*

Resistencia total del buque				
V (kn)	Rt Digernes Improved (kN)	Rt Garcia (kN)	Rt Holtrop Maxsurf (kN)	Rt Oortmessen Maxsurf (kN)
3,0	2,405	1,552	1,600	1,200
4,0	3,429	2,867	2,700	2,200
5,0	4,887	4,713	4,100	3,900
6,0	6,966	7,218	5,800	6,100
7,0	9,930	10,557	8,100	8,600
8,0	14,155	14,978	11,300	11,400
9,0	20,177	20,848	16,200	15,100
10,0	28,761	28,720	24,900	21,100
11,0	40,996	39,481	36,300	34,600
12,0	58,438	54,643	48,900	45,600
13,0	83,300	77,000	70,300	63,700
14,0	118,739	112,373	111,800	104,500
15,0	169,255	175,202	159,200	164,200
16,0	241,262	313,904	198,200	228,300

APÉNDICE G

Datos de entrada en EFICPROP

B/P Southern Queen	Titulo
Daniel Buehs	Armador
January/2025	Fecha
1	2=Anal
1	Iembarc (1Pesq,2Barc, 3Plan, 4 Misc)
34.82 7.8 3.45	L,B,T
515.7 359.36	Vol, SMOJ
0.5 0.59 0.91 0.75	CB, CP, CM, CWL
-0.62	LCB
0,0	AT, ABT
0	IPOPA
1.99	HB
3.22, 3.67	TF,TA
18	iE
2,2.69	UK2, SAPEN
0.50	EFICEJE
2.37	HINM
0	IGUA
10	Vdiseño
11 120	IOPORT, MODEL

APÉNDICE H

Diseño de la hélice por DISPROP

DISPROP: DISEÑO DE UNA INSTALACION PROPULSORA

EMBARCACION : B/P Southern Queen Titulo
ARMADOR : Daniel Buehs Armador
FECHA : 15:47 Month: 1 Day: 16 Year: 2025

D A T O S de la E M B A R C A C I O N

ESLORA : 0.3482E+02 METROS
MANGA : 0.7800E+01 METROS
CALADO : 0.3450E+01 METROS
SUPERF. MOJADA : 0.3594E+03 METROS**2
VOL. DESPLAZ. : 0.5157E+03 METROS**3
COEF. BLOQUE : 0.5500E+00
COEF. S. MEDIA : 0.9300E+00
COEF. PRISM. : 0.5900E+00
COEF. P. FLOT. : 0.7500E+00
LCB (%L-1/2L) : -.1780E+01 %
SEMIANG. ENTR. : 0.1800E+02 GRADOS
DENSIDAD : 0.1023E+04 KG/METROS**3
VISCOS. CINEM. : 0.9425E-06 METROS**2/SEG
SUPER. APEND. : 0.5400E+01 METROS**2
AREA TR. BULBO : 0.0000E+00 METROS**2
ALT. CG. BULBO : 0.0000E+00 METROS
CALADO EN PROA : 0.3670E+01 METROS
CALADO EN POPA : 0.3220E+01 METROS
AREA SUM. ESP. : 0.0000E+00 METROS**2
INMERS. PROPUL. : 0.2370E+01 METROS

D A T O S de l P R O P U L S O R HELICE EN AGUA ABIERTA

DIAM. PROPULSOR: 0.2000E+01 METROS
AE/A0 : 0.6500E+00
Z PALAS : 0.4000E+01
NUMERO DE PROP.: 1
EFICIENCIA EJE: 0.9000E+00
INMERSION PROP.: 0.2370E+01 METROS

SELECCION DEL PROPULSOR

MOTOR PCPAL. : NN 85%
POTENCIA/MOTOR : 0.9500E+03 SHP

DIAMETRO[mtrs]: 0.1800E+01 0.1900E+01 0.2000E+01

REV/MIN .326E+03	VELOC. [nudos]: 0.1219E+02 PASO/DIAMETRO: 0.8869E+00 EFIC. PROPULS.: 0.5006E+00	0.1229E+02 0.7913E+00 0.5217E+00	0.1235E+02 0.7098E+00 0.5358E+00
---------------------	---	--	--

REV/MIN .356E+03	VELOC. [nudos]: 0.1221E+02 PASO/DIAMETRO: 0.7835E+00 EFIC. PROPULS.: 0.5058E+00	0.1228E+02 0.6979E+00 0.5208E+00	0.1231E+02 0.6237E+00 0.5268E+00
---------------------	---	--	--

REV/MIN .386E+03	VELOC. [nudos]: 0.1221E+02 PASO/DIAMETRO: 0.6978E+00 EFIC. PROPULS.: 0.5056E+00	0.1225E+02 0.6194E+00 0.5131E+00	0.1223E+02 0.5501E+00 0.5082E+00
---------------------	---	--	--

APÉNDICE I

Cálculo de la hélice

De acuerdo con Alvariño et al [17], el diámetro óptimo para una hélice de palas fijas a una potencia dada es de 1.9 m

$$D_{opt} = 15.75 \frac{MCO^{0.2}}{N^{0.6}} \quad (I.1)$$

Donde:

D_{opt} : Diámetro óptimo (m)

MCO: Potencia máxima de la maquina principal en HP

N: revoluciones por minuto de la hélice

La velocidad que puede alcanzar la embarcación es aproximadamente 11 nudos con la potencia actualmente instalada a una eficiencia mecánica de 0.94

$$SLR = \frac{V}{\sqrt{Lwl}} = \frac{10.665}{\sqrt[3]{\frac{\Delta [lb]}{DHP}}} \quad (I.2)$$

Para el cálculo de la hélice óptima se define las siguientes relaciones con la que se deberá ingresar a los diagramas de propulsor aislado (KT – J) y (KQ – J) de la Serie B – Wageningen:

Torque máximo (Q)

$$Q_{max} = \frac{DHP}{2\pi N} \quad (I.3)$$

Coefficiente de avance (J)

$$J = \frac{V_A}{ND} \quad (I.4)$$

Coefficiente de torque (Kq)

$$Kq = \frac{Q_{max}}{\delta N^2 D^5} \quad (1.5)$$

Donde:

Q: torque [N·m]

V_A: Velocidad de avance en [m/s]

N: revoluciones por segundo de la hélice [rps]

D: Diámetro de la hélice a instalar [m]

δ: Densidad del mar equivalente a 1025 [kg/m³]

En los diagramas de la serie B de Wageningen se lee el valor K_T, denominado Grado de Empuje, y posteriormente se calcula el correspondiente empuje T en newtons según:

$$T = K_T N^2 D^4 \quad (1.6)$$

Figura 27

Diagrama seleccionado

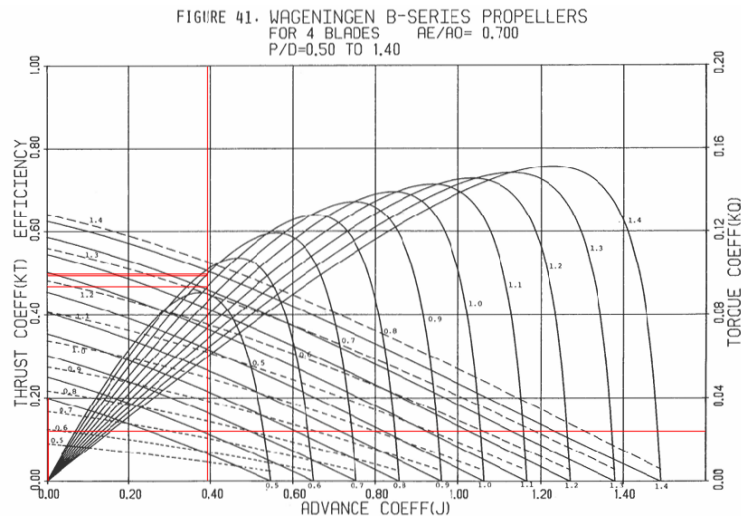


Tabla 47

Características de la hélice seleccionada

Resultados	
T [kN]	56.5
Z (palas)	4
D [m]	1.9
Kt	0.12
Kq	0.024
J	0.391
N [rps]	5.94
P/D	0.74
AE/A0	0.7
η_0	0.49

APÉNDICE J

Registro de capturas en 22 mareas

Registro de capturas en 22 mareas registradas			
N Marea	Toneladas	N Marea	Toneladas
1	205	12	214
2	204	13	214
3	196	14	204
4	219	15	190
5	212	16	206
6	212	17	139
7	183	18	208
8	185	19	197
9	220	20	211
10	188	21	208
11	200	22	199

APÉNDICE K

Tabla de rubros contables de costos fijos de la empresa

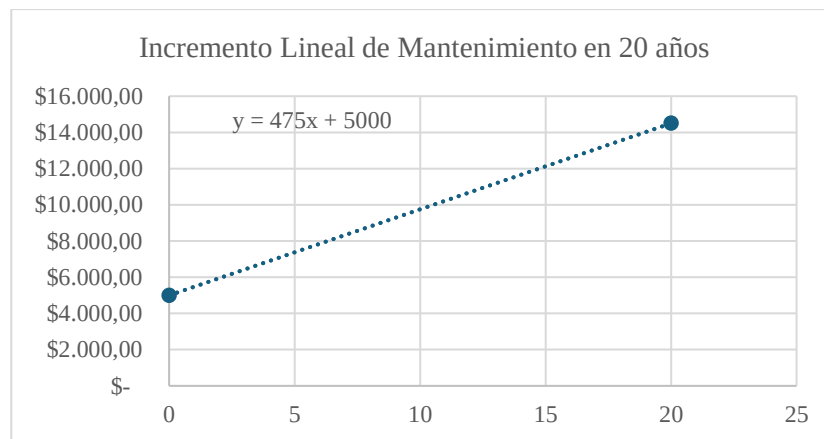
Costos fijos
Seguros tripulantes
Seguro Casco SQ
Permiso Nacional de Pesca
Depreciación SQ
Cuota anual Ciat
Monitoreo Satelital SQ
Servicios Teléfono Satelital
Cuotas Sociales
Reembolso de Gastos
Fumigación del buque
Matricula de Vehículos
Inspecciones varias B/P SQ
Otros Gastos de Oficina
Gastos Administrativos
Gastos Financieros
Otros Gastos

APÉNDICE L

Supuestos para el flujo de caja de los primeros 5 años

Proyección para Mantenimiento y consumo de Combustible

Asumimos que el precio inicial del motor Yanmar nuevo, en 20 años crecerá hasta llegar al costo del Caterpillar, por supuesto, los repuestos Caterpillar y el mantenimiento a este se asumen más caros, por lo que sería un escenario pesimista.



Para el incremento anual en combustible, no se pudo concluir con la información obtenida cómo variaba los galones de combustible cada año, sin embargo, se encontró una referencia que dice que el reemplazar un motor antiguo por uno nuevo el consumo decrece hasta el 32%, de esta manera asumimos que ese crecimiento es lineal, desde el primer año hasta el año 20. Por esta razón tenemos la siguiente tabla:

Incremento anual en Mantenimiento
\$ 475.00
Incremento lineal anual en consumo de combustible
1.75%

Finalmente hacemos la proyección para el motor Caterpillar en sus siguientes 5 años, y para el motor Yanmar nuevo en sus primeros años de mantenimiento y combustible.

	Proyección				
CATERPILLAR	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24
Costo Mantenimiento por Marea	\$ 14,500.00	\$ 14,975.00	\$ 15,450.00	\$ 15,925.00	\$ 16,400.00
Costo Combustible por Marea	\$ 22,390.91	\$ 22,691.53	\$ 22,992.15	\$ 23,292.76	\$ 23,593.38
Consumo gal/marea	14000	14188	14376	14564	14752
Precio gal			\$ 1.60		
YANMAR	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo Mantenimiento por Marea	\$ 5,000.00	\$ 5,475.00	\$ 5,950.00	\$ 6,425.00	\$ 6,900.00
Costo Combustible por Marea	\$ 31,987.01	\$ 32,546.78	\$ 33,106.56	\$ 33,666.33	\$ 34,226.10
Consumo gal/marea	20000	20350	20700	21050	21400
Precio gal			\$ 1.60		

Estabilidad del precio de combustible

En 2021, el expresidente Lasso emitió un decreto ejecutivo [32] que incrementó el precio del combustible para buques atuneros de \$1.08 a \$1.56. Este valor se mantuvo entre 2022 y 2024, cuando el actual presidente Noboa, a través de un nuevo decreto [33], ajustó los precios del combustible para diversos sectores, pero mantuvo sin cambios la tarifa establecida para la flota atunera para los siguientes años.

Precio del atún a través de los años

El precio de la tonelada de atún no mostró variaciones significativas entre 2022 y 2023, según los registros disponibles. En 2021, es probable que el precio más bajo estuviera influenciado por los efectos económicos de la pandemia de COVID-19. Sin embargo, con solo dos años de datos consecutivos, no es posible concluir con certeza que el precio del atún se incremente a largo plazo, ya que pueden existir otros factores de mercado que influyan en su comportamiento.

Costos operacionales

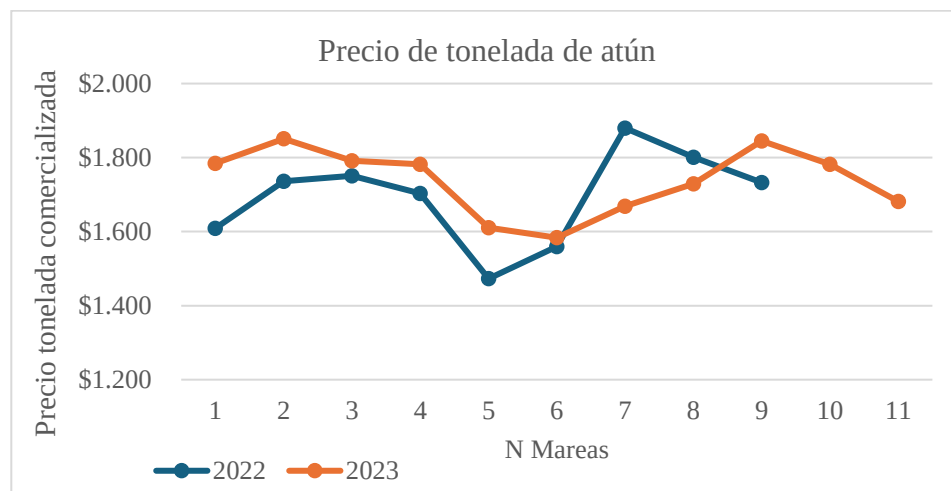
Los costos operacionales han variado, algunos subiendo y otros bajando, debido a factores como la inflación, el precio de los suministros. Por ejemplo, los costos de varios suministros han aumentado, mientras que los costos de mantenimiento de cubierta y redes han disminuido. Estas fluctuaciones reflejan tanto cambios internos en la operación como factores externos relacionados con los precios de insumos y condiciones económicas.

APÉNDICE M

Porcentajes en análisis de sensibilidad

Escenario 1: El precio promedio de la tonelada de atún se incrementa y disminuye en 3%, 6% y 9%.

Este escenario considera factores externos, como la variación en la demanda mundial de atún o la inflación en su precio. Para el análisis, se tomaron los valores máximos de fluctuación del precio por tonelada entre 2022 y 2023, que oscilaron entre \$1,460 y \$1,880.



Escenario 2: El precio del combustible experimenta un incremento y una disminución del 4%, 8% y 12%.

Este análisis responde al constante aumento de precios y a la posible eliminación de subsidios para empresas privadas. Según el decreto ejecutivo del presidente Noboa [33], el precio del combustible se ha mantenido en \$1.56 desde 2022 y seguirá estable hasta después de 2025. No obstante, ante un posible incremento, se consideró un escenario con un aumento del 12%.

Escenario 3: El costo operacional crece y decrece en general unos valores del 2%, 4% y 6%.

Esto responde a la inflación de precios y a la variabilidad de los costos operacionales a lo largo de los años analizados. Mientras algunos rubros han experimentado una reducción, otros han mostrado un incremento sostenido, especialmente en insumos clave para la operación del buque. Estos cambios pueden deberse a la fluctuación en los costos de alimentación, suministros y demás gastos de producción, reflejando la dinámica del mercado y los efectos de la inflación en la industria pesquera.

Escenario 4: El promedio de la tonelada capturada se incrementa y disminuye en 5% y 10%.

Este escenario responde a factores externos, como la variabilidad en la disponibilidad de atún o la extensión del periodo de veda por normativas internacionales.

Según el desempeño del buque, ha logrado hasta dos mareas adicionales sin operar al 100 % de la potencia del motor, por lo que con la remotorización pudo alcanzar 11 mareas. No obstante, una menor presencia de atún o una veda prolongada podrían haber reducido las operaciones a solo 9 mareas en ciertos periodos. Estos factores adversos no solo afectarían la rentabilidad de este buque, sino también a toda la industria pesquera del país, con un impacto negativo en la economía nacional.

APÉNDICE N

Costo de Varadero Completo

FACTURA VARADERO 2021		
Varada, Desvarada, Preparación de cama de Varamiento	\$	4,100.00
Permanencia en varadero, 45 días de estadía en parrilla	\$	22,500.00
Limpieza de Casco	\$	9,885.20
Pintado del Casco	\$	5,681.00
Mantenimiento de 3 Cajas de Mar	\$	570.00
Marcado y designación del casco	\$	700.00
Protección catódica	\$	1,203.20
Válvulas de fondo y descarga fuera de borda	\$	593.43
Trabajos de transmisión	\$	14,826.00
Trabajos de Maestranza	\$	13,810.00
Trabajos de Remotorización motor propulsión y caja	\$	43,816.00
Reductora		
Trabajos de Calderería	\$	4,807.80
Trabajos Varios	\$	1,808.00
Servicios Temporales	\$	11,208.69
SUBTOTAL	\$	135,509.32
IVA	\$	-
TOTAL	\$	135,509.32

APÉNDICE O

Costo de Estudio de Ingeniería Naval

FACTURA ESTUDIOS DE INGENIERÍA NAVAL PARA REMOTORIZACIÓN		
	Definición del propulsor: diámetro de hélice, paso, tipo, eficiencia.	
Análisis Propulsivo	Definición relación de reducción.	
	Análisis de uso de toberas.	\$ 5,000.00
	Estimación de potencia al freno.	
	Curvas de configuración propulsiva: Potencia-motor -reductor-hélice.	
Análisis de Estructuras	Revisión de la separación de bancadas. Análisis lateral de vibraciones y cálculo de alineamiento	
	Revisión de vibraciones naturales del sistema (axial, torsional), mejora en caso de presentar resonancias.	
	Selección del Torsioeslastico. Análisis torsional de vibraciones	
	Estructura de amarre del timón	
	Bases de motores	
	Túneles	
	Reporte de niveles de ruido de la embarcación.	
	Especificaciones de aislamiento a instalar por cada área de la embarcación.	\$ 13,000.00
Análisis de Ruido	Alternativa de materiales a emplear por zona.	
	Análisis de transmisión de ruido por divisiones, mamparos, etc.	
	Revisión de cálculo contrapresión circuito de gases de escape y apoyos elásticos	
	Revisión de aisladores de vibración para motor propulsor	
TOTAL		\$ 18,000.00

APÉNDICE P

Amortización Mensual 60 cuotas

- Estructura del préstamo

Capital	\$268,100.00
Interés anual	13.00%
Tiempo (Años)	5
Frecuencia	12
Numero de periodos	60

- Tasa de interés bancaria

Tasa Anual Banco	Tasa mensual
13.0%	1.024%

- Tabla de Amortización francesa

Cuota	Cuota mensual	Interés	Capital	Saldo
0				\$268,100.00
1	\$6,100.10	\$2,904.42	\$3,195.68	\$264,904.32
2	\$6,100.10	\$2,869.80	\$3,230.30	\$261,674.02
3	\$6,100.10	\$2,834.80	\$3,265.30	\$258,408.72
4	\$6,100.10	\$2,799.43	\$3,300.67	\$255,108.05
5	\$6,100.10	\$2,763.67	\$3,336.43	\$251,771.62
6	\$6,100.10	\$2,727.53	\$3,372.57	\$248,399.05
7	\$6,100.10	\$2,690.99	\$3,409.11	\$244,989.94
8	\$6,100.10	\$2,654.06	\$3,446.04	\$241,543.90
9	\$6,100.10	\$2,616.73	\$3,483.37	\$238,060.52
10	\$6,100.10	\$2,578.99	\$3,521.11	\$234,539.41
11	\$6,100.10	\$2,540.84	\$3,559.26	\$230,980.16
12	\$6,100.10	\$2,502.29	\$3,597.81	\$227,382.34
13	\$6,100.10	\$2,463.31	\$3,636.79	\$223,745.55
14	\$6,100.10	\$2,423.91	\$3,676.19	\$220,069.36
15	\$6,100.10	\$2,384.08	\$3,716.01	\$216,353.35
16	\$6,100.10	\$2,343.83	\$3,756.27	\$212,597.08
17	\$6,100.10	\$2,303.14	\$3,796.96	\$208,800.12
18	\$6,100.10	\$2,262.00	\$3,838.10	\$204,962.02
19	\$6,100.10	\$2,220.42	\$3,879.68	\$201,082.34
20	\$6,100.10	\$2,178.39	\$3,921.71	\$197,160.63

21	\$6,100.10	\$2,135.91	\$3,964.19	\$193,196.44
22	\$6,100.10	\$2,092.96	\$4,007.14	\$189,189.30
23	\$6,100.10	\$2,049.55	\$4,050.55	\$185,138.76
24	\$6,100.10	\$2,005.67	\$4,094.43	\$181,044.33
25	\$6,100.10	\$1,961.31	\$4,138.79	\$176,905.54
26	\$6,100.10	\$1,916.48	\$4,183.62	\$172,721.92
27	\$6,100.10	\$1,871.15	\$4,228.94	\$168,492.98
28	\$6,100.10	\$1,825.34	\$4,274.76	\$164,218.22
29	\$6,100.10	\$1,779.03	\$4,321.07	\$159,897.15
30	\$6,100.10	\$1,732.22	\$4,367.88	\$155,529.27
31	\$6,100.10	\$1,684.90	\$4,415.20	\$151,114.07
32	\$6,100.10	\$1,637.07	\$4,463.03	\$146,651.04
33	\$6,100.10	\$1,588.72	\$4,511.38	\$142,139.66
34	\$6,100.10	\$1,539.85	\$4,560.25	\$137,579.41
35	\$6,100.10	\$1,490.44	\$4,609.66	\$132,969.75
36	\$6,100.10	\$1,440.51	\$4,659.59	\$128,310.16
37	\$6,100.10	\$1,390.03	\$4,710.07	\$123,600.09
38	\$6,100.10	\$1,339.00	\$4,761.10	\$118,838.99
39	\$6,100.10	\$1,287.42	\$4,812.68	\$114,026.31
40	\$6,100.10	\$1,235.29	\$4,864.81	\$109,161.50
41	\$6,100.10	\$1,182.58	\$4,917.52	\$104,243.98
42	\$6,100.10	\$1,129.31	\$4,970.79	\$99,273.20
43	\$6,100.10	\$1,075.46	\$5,024.64	\$94,248.56
44	\$6,100.10	\$1,021.03	\$5,079.07	\$89,169.48
45	\$6,100.10	\$966.00	\$5,134.10	\$84,035.39
46	\$6,100.10	\$910.38	\$5,189.72	\$78,845.67
47	\$6,100.10	\$854.16	\$5,245.94	\$73,599.73
48	\$6,100.10	\$797.33	\$5,302.77	\$68,296.97
49	\$6,100.10	\$739.88	\$5,360.22	\$62,936.75
50	\$6,100.10	\$681.81	\$5,418.28	\$57,518.47
51	\$6,100.10	\$623.12	\$5,476.98	\$52,041.48
52	\$6,100.10	\$563.78	\$5,536.32	\$46,505.17
53	\$6,100.10	\$503.81	\$5,596.29	\$40,908.87
54	\$6,100.10	\$443.18	\$5,656.92	\$35,251.96
55	\$6,100.10	\$381.90	\$5,718.20	\$29,533.75
56	\$6,100.10	\$319.95	\$5,780.15	\$23,753.60
57	\$6,100.10	\$257.33	\$5,842.77	\$17,910.83
58	\$6,100.10	\$194.03	\$5,906.06	\$12,004.77
59	\$6,100.10	\$130.05	\$5,970.05	\$6,034.72
60	\$6,100.10	\$65.38	\$6,034.72	-\$0.00
Total	\$366,005.93	\$97,905.93	\$268,100.00	

- **Resumen de la amortización francesa**

Total, pagado al banco	\$366,005.93
Interés total	\$97,905.93
Cuota mensual	\$6,100.10

APÉNDICE Q

Flujo de caja 1er Año y proyecciones de ambos casos en los 5 primeros años

- Flujo de caja Anterior con 9 Mareas

[illegible]

- Flujo de Caja Propuesto con 10 Mareas

[illegible]

- Proyección Flujo de caja de los siguientes 5 años para el motor CATERPILLAR

CATERPILLAR 20 AÑOS		9 Mareas					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Ingresos por Marea		\$ 3,087,000.00	\$ 3,087,000.00	\$ 3,087,000.00	\$ 3,087,000.00	\$ 3,087,000.00	
Sueldos tripulantes (21% de Ingresos)		\$ 648,270.00	\$ 648,270.00	\$ 648,270.00	\$ 648,270.00	\$ 648,270.00	
Otros costos de producción		\$ 507,240.00	\$ 507,240.00	\$ 507,240.00	\$ 507,240.00	\$ 507,240.00	
Costo Mantenimiento		\$ 130,500.00	\$ 134,775.00	\$ 139,050.00	\$ 143,325.00	\$ 147,600.00	
Costo Combustible		\$ 201,518.17	\$ 204,223.74	\$ 206,929.31	\$ 209,634.87	\$ 212,340.44	
Inversión	\$	-					
Total	\$	-	\$ 1,599,471.83	\$ 1,592,491.26	\$ 1,585,510.69	\$ 1,578,530.13	\$ 1,571,549.56

- Proyección Flujo de caja de los siguientes 5 años para el motor YANMAR

YANMAR		10 Mareas					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
<i>Ingresos por Marea</i>		\$ 3,430,000.00	\$ 3,430,000.00	\$ 3,430,000.00	\$ 3,430,000.00	\$ 3,430,000.00	
<i>Sueldos tripulantes (21% de Ingresos)</i>		\$ 720,300.00	\$ 720,300.00	\$ 720,300.00	\$ 720,300.00	\$ 720,300.00	
<i>Otros costos de producción</i>		\$ 563,600.00	\$ 563,600.00	\$ 563,600.00	\$ 563,600.00	\$ 563,600.00	
<i>Costo Mantenimiento</i>		\$ 50,000.00	\$ 54,750.00	\$ 59,500.00	\$ 64,250.00	\$ 69,000.00	
<i>Costo Combustible</i>		\$ 319,870.11	\$ 325,467.84	\$ 331,065.57	\$ 336,663.29	\$ 342,261.02	
Inversión	\$	-383,000.00					
Total	\$	-383,000.00	\$ 1,776,229.89	\$ 1,765,882.16	\$ 1,755,534.43	\$ 1,745,186.71	\$ 1,734,838.98

APÉNDICE R

Entrevistas

Ingeniero de Proyectos en Nirsa, Alejandro Monar.

- **¿Cuáles son las principales motivaciones para realizar una remotorización?**

“Principalmente se tiene en cuenta el consumo de combustible, la disponibilidad de repuestos y la capacidad del motor antes de ser seleccionado”

- **¿Qué experiencia ha tenido Nirsa en remotorización?**

“En diciembre del 2023, se repotenció el buque atunero Milagros, cambiando el motor y la caja reductora y en una próxima entrada a dique se espera cambiar la hélice”

- **¿Qué beneficios se obtienen luego de una remotorización?**

“Sin lugar a duda esta la disminución de interrupciones durante las operaciones, menor frecuencia de mantenimientos y una optimización en el rendimiento del buque”

- **¿Qué recomendaciones daría a futuros armadores para un proyecto de remotorización?**

“Una buena planificación es clave, la preparación de los equipos, selección de contratistas, una efectiva comunicación entre especialistas y la ejecución de análisis previos de vibraciones, aceite y alineación de ejes”

Representante de ventas Indusur, Ing. Milton Palacios

- **¿Qué consideraciones hay que tener en cuenta para elegir una marca de un motor marino?**

“Es importante contar con el respaldo de la marca, es decir contar con representantes locales. En primer lugar, es necesario saber las horas de trabajo al

año al que va a ser sometido el motor para seleccionar el rating de trabajo. En etapas precontractuales se dota al cliente de las especificaciones técnicas, el cronograma valorado de los mantenimientos, tiempos de entrega generalmente entre 6 y 9 meses y finalmente después de haber cubierto las necesidades técnicas, la forma de pago. Este proceso se aplica también para el resto de los componentes del sistema propulsivo”

Contador, Ing. Zambrano

- **¿Cómo registran los costos de combustible, gastos en mantenimiento y costos adicionales del motor antiguo en comparación con el nuevo?**

“Estos valores son registrados en cuentas contables desde el año 2021, a través de una plantilla en Excel donde se detallan costos operacionales de cada embarcación por marea al año, lo que permite mirar la utilidad neta de cada operación. En comparación con años anteriores no se cuenta con información que permita hacer una comparación exhaustiva con el motor reemplazado”

Taller mecánico de la empresa

La información requerida para el proyecto se detalla a continuación

Tabla 48

Plantilla de información solicitada al armador

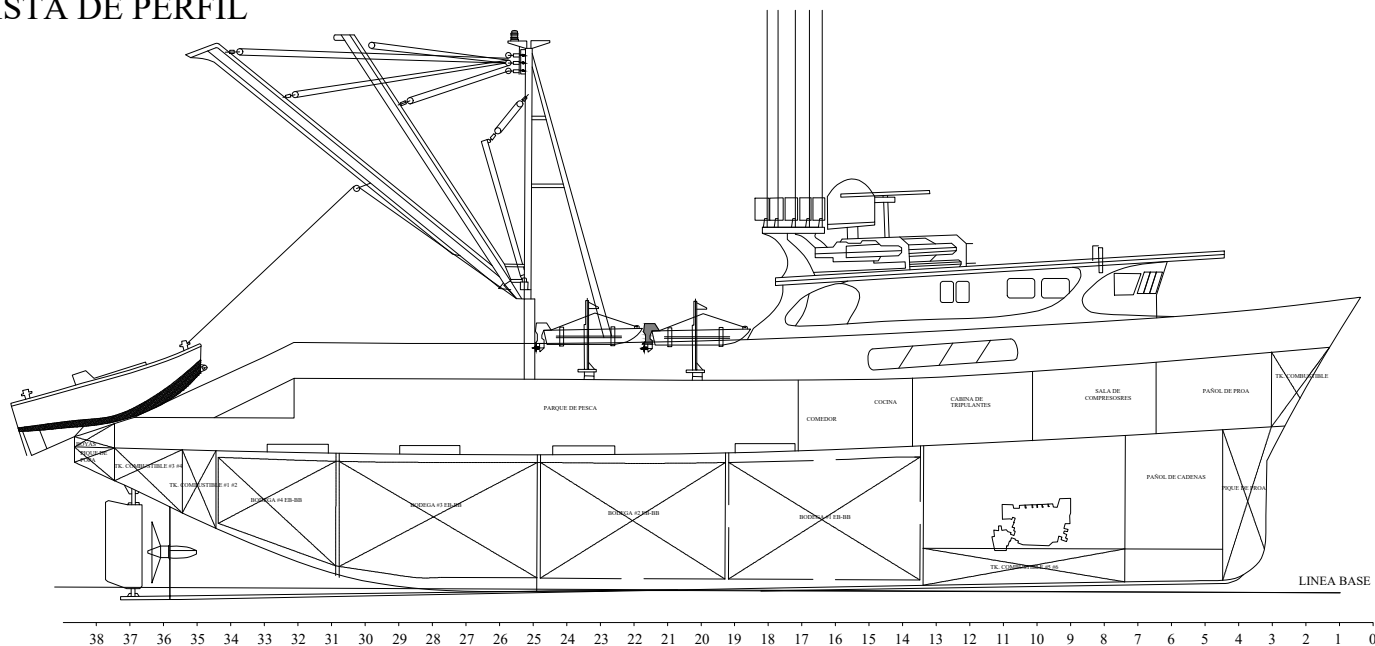
Características del buque	
Parámetros	Datos
Eslora total:	
Eslora en línea de agua:	
Manga:	
Puntal:	
Calado cargado	
Calado ligero:	
Desplazamiento cargado:	
Desplazamiento ligero:	
Autonomía (días)	
Capacidad de bodega:	

Máquina Principal		
Parámetros	Motor anterior	Motor actual
Marca/Modelo: Año de fabricación Tiempo de operación en el buque Potencia: RPM: Cilindraje: Consumo de combustible Peso: Dimensiones: Rating		
Reductor		
Parámetros	Datos	
Ratio: Peso: Tipo conexión (directa o remota) Dimensiones: RPM entrada máxima: Torque de entrada:		
Eje		
Parámetros	Datos	
Distancia entre cojinetes Diámetro de eje intermedio: Diámetro de eje de cola: Material:		
Hélice		
Diámetro: Paso: Relación D.A.R: Material:		

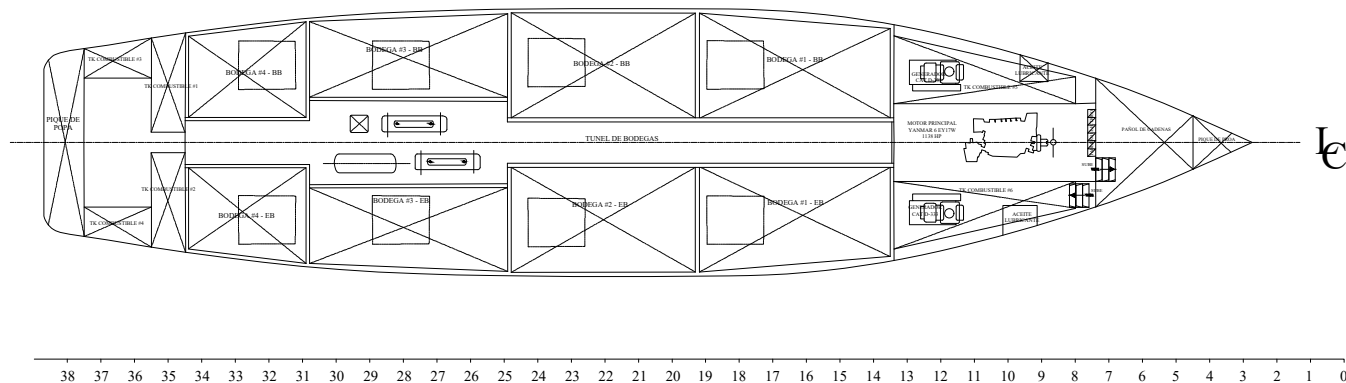
PLANOS

PLANO DE DISTRIBUCION GENERAL

VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA BAJO CUBIERTA PRINCIPAL

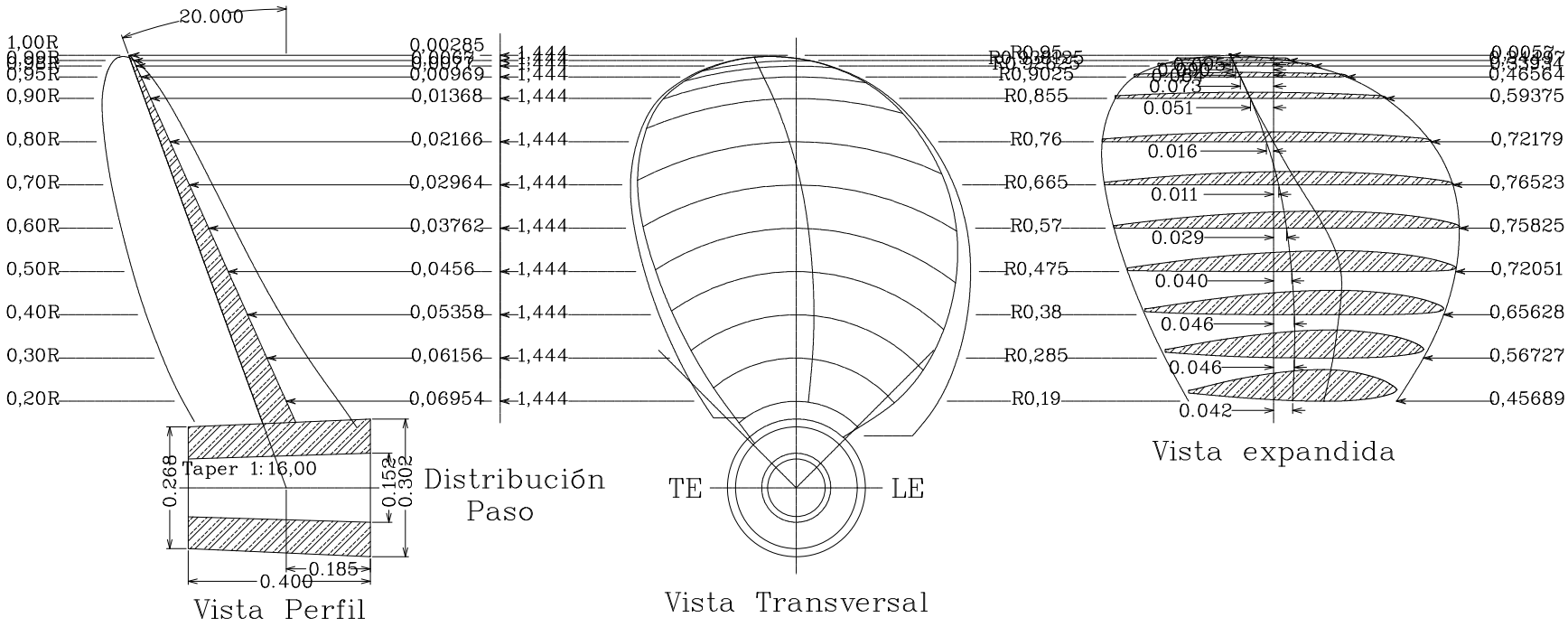


CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Eslora Total	38.30	m
Eslora Línea flotación	34.82	m
Eslora Entre Perpendiculares	33.73	m
Manga Moldeada	7.80	m
Puntal Cubierta Principal	4.05	m
Puntal Cubierta Superior	6.25	m
Calado Trazado	3.45	m
Desplazamiento LAD	528.60	ton
Volumen Carena	515.70	m ³
Volumen Casco	1069.60	m ³

MATERIA:		CARRERA:	
MATERIA INTEGRADORA		ING. NAVAL	
NOMBRE DEL BUQUE:			
BUQUE ANALIZADO			
PLANO DE:			
DISTRIBUCIÓN GENERAL			
ELABORADO POR:			
DAIRO TENEMEA & JARRY CEDEÑO			
FECHA:	FORMATO:	ESCALA:	
ENERO 2025	ISO A-4	1:225	

PLANO DE FUNDICIÓN DE LA HÉLICE



Propiedades

Tipo Hélice	FPP
Rotación	Right
Número de aspas	4
Diametro	1,90 m
Paso (nominal)	1,44400 m
Relación Área del Disco	0,717
Rake GL aft	20 Deg
Skew	13,6 Deg

Tipo material	Ni-Al bronze [4]
Densidad	7,5 g/cm3
Potencia diseño	837 kW
RPM de diseño	1450
Regla de espesor	ABS Small
t requerido @ 0,25	1,16967 m
Peso	580,2 kg
Momento de inercia	111,15 kg-m2
Inercia adicional (SW)	59,67 kg-m2

MATERIA:		CARRERA:	
MATERIA INTEGRADORA		ING. NAVAL	
NOMBRE DEL BUQUE:			
BUQUE ANALIZADO			
PLANO DE:			
PLANO DE FUNDICIÓN			
ELABORADO POR:			
DAIRO TENEMEA & JARRY CEDEÑO			
FECHA:	FORMATO:	ESCALA:	
ENERO 2025	ISO A-4	1:15	