

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Selección de motores marinos diésel basado en el costo del ciclo
de vida para reducir costos operativos en embarcaciones
pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Elaborado por

Jorge Luis Peje Gonzales

 [0009-0004-3570-6385](https://orcid.org/0009-0004-3570-6385)

Asesor

Dr. Manuel Augusto Villavicencio Chávez

 [0000-0003-0142-7930](https://orcid.org/0000-0003-0142-7930)

LIMA – PERÚ

2024

Citar/How to cite	Peje Gonzales [1]
Referencia/Reference	[1] J. Peje Gonzales, " <i>Selección de motores marinos diésel basado en el costo del ciclo de vida para reducir costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega</i> " [Trabajo de suficiencia profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Peje, 2024)
Referencia/Reference	Peje, J. (2024). <i>Selección de motores marinos diésel basado en el costo del ciclo de vida para reducir costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega</i> . [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

A mi madre, muchas gracias por todo tu
esfuerzo y amor.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor de tesis, el doctor Manuel Villavicencio Chávez, por su constante apoyo y seguimiento a lo largo de este proceso, así como su guía para lograr una satisfactoria culminación.

Al Dr. Gilberto Becerra, por el asesoramiento brindado y su guía para lograr una satisfactoria culminación. Así mismo, al Mag. Eliseo Páez por las recomendaciones para la sustentación.

A mis compañeros en Cummins Perú, por su apoyo y aporte en mi crecimiento profesional, el equipo de Producto.

A mi novia, quien es un gran soporte y recibo su apoyo constante, siempre.

A toda mi familia, a Tía Olga, Tío Cesar, Diego y Marcela por brindarme todo su apoyo y aliento, sin ustedes esto no hubiese sido posible, y especialmente a Mami Eva, por enseñarme a sonreírle a la vida, un abrazo hasta el cielo.

LISTA DE CONTENIDOS

LISTA DE CONTENIDOS	V
LISTA DE TABLAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes de la investigación.....	1
1.2. Identificación y descripción del problema de estudio.....	5
1.3. Formulación del problema.....	9
1.3.1. Problema principal.....	9
1.3.2. Problemas específicos.....	9
1.4. Justificación e importancia	9
1.5. Objetivos.....	10
1.5.1. Objetivo general.....	10
1.5.2. Objetivos específicos.....	10
1.6. Hipótesis.....	10
1.6.1. Hipótesis general	10
1.6.2. Hipótesis específicas	10
1.7. Variables y Operacionalización de variables	10
1.7.1. Operacionalización de variables.....	10
1.8. Metodología de la Investigación.....	12
1.8.1. Unidad de análisis	12
1.8.2. Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación	12
1.8.3. Diseño de la Investigación.....	12
1.8.4. Fuentes de Información	13
1.8.5. Población y Muestra	13
1.8.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	13
1.8.7. Análisis y Procesamiento de Datos.....	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL.....	15
2.1. Bases teóricas.....	15
2.1.1. Conceptos generales de motores diésel para embarcaciones pesqueras	15
2.1.2. Fundamentos del Costo del ciclo de vida.....	33
2.1.3. Análisis de los costos del ciclo de vida del motor diésel marino	39
2.2. Marco conceptual	50

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.1. Datos operativos de embarcaciones de pesca industrial de madera	51
3.2. Datos técnicos de los motores marinos diésel KTA19 y X15	61
3.3. Selección de motor diésel basado en el costo del ciclo de vida	63
3.3.1. Cuantificación y análisis de costos en el ciclo de vida de los motores KTA19 y X15	64
3.3.2. Proyección de costos del ciclo de vida del motor diésel marino	75
3.4. Reducción de costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales	87
3.4.1. Indicadores económicos del motor Cummins KTA19	87
3.4.2. Indicadores económicos del motor Cummins X15	93
CAPÍTULO IV RESULTADOS, CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
4.1. Análisis de indicadores económicos para la selección de motores diésel marinos y reducción de costos operativos.....	98
4.2. Análisis de sensibilidad	103
4.3. Contrastación de hipótesis	105
CONCLUSIONES.....	107
RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS.....	110
ANEXOS.....	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Matriz de Operacionalización de Variables	11
Tabla 1.2: Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	13
Tabla 2.1: Grupos de Aplicación MTU, carga media, tiempo funcionamiento anual y ejemplos.	24
Tabla 2.2: Grupos de Aplicación Cummins, carga media, tiempo funcionamiento anual y ejemplos.	24
Tabla 2.3: Grupos de Aplicación Caterpillar, carga media, tiempo funcionamiento anual y ejemplos.	25
Tabla 2.4: Guía para componentes de repuesto en motores marinos de combustión interna	42
Tabla 3.1: Tiempo de operación en un proceso de pesca de una embarcación de 100-110 m ³ con motor marino diésel de 600HP.	53
Tabla 3.2: Velocidad del motor en un proceso de pesca de una embarcación de 100-110 m ³ con motor marino diésel de 600HP.	54
Tabla 3.3: Resumen del perfil operativo con motor Cummins KTA19	59
Tabla 3.4: Resumen del perfil operativo con motor Cummins X15	60
Tabla 3.5: Datos técnicos de los motores marinos Cummins KTA19 y X15	63
Tabla 3.6: Costos de Adquisición del motor Cummins KTA19	65
Tabla 3.7: Costos de Adquisición del motor Cummins X15	66
Tabla 3.8: Costo anual operador del motor Cummins KTA19 y X15	69
Tabla 3.9: Costo aceite, refrigerante, batería del motor Cummins KTA19 y X15	71
Tabla 3.10: Costo de mantenimientos preventivos del motor Cummins KTA19	71
Tabla 3.11: Costo de mantenimientos preventivos del motor Cummins X15	72
Tabla 3.12: Costo de mantenimientos correctivos de motores Cummins	74
Tabla 3.13: Costos de eliminación de los motores Cummins KTA19 y X15	75
Tabla 3.14: Estructura de costos en el ciclo de vida del motor marino Cummins KTA19	82
Tabla 3.15: Estructura de costos en el ciclo de vida del motor marino Cummins X15	85
Tabla 3.16: Valor presente de los indicadores de las dimensiones de la variable independiente	86
Tabla 3.17: Costo del ciclo de vida del motor marino Cummins KTA19	90
Tabla 3.18: Costo de propiedad del motor marino Cummins KTA19	91
Tabla 3.19: Costo unitario de producción del motor marino Cummins KTA19	92
Tabla 3.20: Costo del ciclo de vida del motor marino Cummins X15	95
Tabla 3.21: Costo de propiedad del motor marino Cummins X15	96
Tabla 3.22: Costo unitario de producción del motor marino Cummins X15	97
Tabla 4.1: Indicadores de las dimensiones de la variable independiente y dependiente	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Clasificación de Costos en el Ciclo de Vida de un activo.	6
Figura 2.1: Esquema refrigeración por agua cruda. Escape húmedo.	16
Figura 2.2: Esquema refrigeración por Intercambiador de calor. Escape húmedo.	17
Figura 2.3: Intercambiador de calor de tubo y coraza. Paso simple y doble.	17
Figura 2.4: Esquema refrigeración por Quilla.	18
Figura 2.5: Tipos de Enfriadores de Quilla instalados en el casco de una embarcación. 18	
Figura 2.6: Esquema del sistema de inyección common rail.	21
Figura 2.7: Esquema de transmisión de potencia desde el motor diésel a la hélice en una embarcación.	22
Figura 2.8: Curvas de rendimiento de un motor diésel marino	26
Figura 2.9: Ejemplo de perfil operativo de un Buque Carguero.	28
Figura 2.10: Ejemplo de perfil operativo de una Patrullera de Vigilancia de Zona (OPV, Offshore Patrol Vessels)	28
Figura 2.11: Perfil Operativo para Grupos de Aplicación 1A, 1B y 1DS.	29
Figura 2.12: Análisis del perfil de operativo para determinar el factor de potencia y consumo promedio de combustible.	30
Figura 2.13: Costos a lo largo del ciclo de vida de un activo.	33
Figura 2.14: Fases del Ciclo de vida de un activo.	34
Figura 2.15: Proceso genérico del análisis del costo de ciclo de vida	37
Figura 2.16: Estructura de desglose de los costos del ciclo de vida.	39
Figura 3.1: Construcción de embarcación de madera de 100 toneladas destinada a la pesca industrial de anchoveta.	52
Figura 3.2: Consumo horario de combustible en función de la velocidad del motor KTA19	56
Figura 3.3: Potencias teóricas de la hélice y consumos de combustibles según RPM del motor KTA19	56
Figura 3.4: Motor Marino Cummins modelo KTA19 con sistema de inyección y control mecánica.	61
Figura 3.5: Motor Marino Cummins modelo X15 con sistema de inyección y control electrónica.	62
Figura 3.6: Motor marino acoplado directamente a embrague mecánico.	68
Figura 3.7: Motor marino acoplado mediante un acoplamiento flexible a embrague mecánico	68
Figura 3.8: Precio promedio del diésel mayo-julio 2024 por macrorregiones en el Perú. 70	
Figura 4.1: Pareto de costos del ciclo de vida del motor Cummins KTA19 y X15.	101
Figura 4.2: Costo del ciclo de vida del motor marino en función al precio venta de combustible	104

RESUMEN

En los proyectos navales de construcción de embarcaciones de pesca industrial, las soluciones técnicas propuestas para el sistema de propulsión se eligen principalmente en función del costo de adquisición inicial, los cumplimientos técnicos y las experiencias previas. No hay una comprensión profunda de los costos asociados incurridos en el ciclo de vida de un activo. El objetivo del presente trabajo de investigación es reducir costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega seleccionando un motor marino diésel basado en el costo de ciclo de vida.

En la presente investigación, la cual es del tipo aplicada y experimental, se ha recopilado información de fichas técnicas y registros de datos operativos y costos de la empresa Cummins Perú respecto a dos motores marinos Cummins: KTA19, motor consolidado en el mercado marino (control e inyección mecánica) y X15, tecnología emergente (control e inyección electrónica). Cuentan con un desplazamiento de 19L y 15L, respectivamente, pero ambos con una potencia nominal de 600HP, aplicando para embarcaciones pesqueras industriales de madera con una capacidad de bodega de entre 90-110m³.

Se elaboró el perfil operativo de la embarcación (funcionamiento rutinario), el Costo de Adquisición (precio de venta del motor, precio de accesorios, precios de repuestos (spare parts), costos de instalación y costos de entrega técnica), Costo de Operación (mano de obra operador, consumo de combustible, aceite, refrigerante y baterías), Costo de Mantenimiento (mano de obra, mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos) además deben ser considerados los Costos de Eliminación (desmantelamiento, retiro y eliminación medioambiental). Esta información se cuantificó y procesó mediante hojas de cálculo y se elaboró una estructura de costos con una proyección de 15 años, el cual es la vida útil de la embarcación.

Según el análisis, se obtuvo que el costo de adquisición del motor KTA19 (USD 150,411) es menor al motor X15 (USD 156,469) en un 4%. Además, el motor X15 posee

un menor costo del ciclo de vida (USD 1,440,013) en comparación al motor KTA19 (USD 1,452,472), que se traduce en un ahorro total de costos operativos de 12,459 USD/motor y este ahorro, expresado como costo unitario de producción, es de USD 0.512 por cada tonelada pescada. Se concluye que el motor X15 con tecnología electrónica es seleccionado para la propulsión de la embarcación logrando reducir los costos operativos.

Palabras claves: Selección, motor marino diésel, embarcación pesquera, costo del ciclo de vida, activo, costos operativos

ABSTRACT

In naval projects for the construction of industrial fishing vessels, the proposed technical solutions for the propulsion system are primarily chosen based on the initial acquisition cost, technical compliance, and previous experience. There is no in-depth understanding of the costs incurred throughout the asset's life cycle. The objective of this research is to reduce operational costs in industrial fishing vessels with a 100-ton storage capacity by selecting a marine diesel engine based on life cycle cost.

In the present research, which is of the applied and experimental type, information has been collected from technical data sheets and operational cost records from Cummins Perú for two marine engines: Cummins KTA19, a consolidated model in the marine market (mechanical control and injection), and X15, an emerging technology (electronic control and injection). Both engines have a displacement of 19L and 15L, respectively, but share a nominal power of 600HP, suitable for wooden industrial fishing vessels with a storage capacity of 90-110m³.

The research considered the vessel's operational profile (routine operations), Acquisition Cost (engine purchase price, accessory prices, spare parts, installation, and technical delivery costs), Operation Cost (labor, fuel, oil, coolant, and batteries), Maintenance Cost (labor, preventive and corrective maintenance), as well as Disposal Costs (dismantling, removal, and environmental disposal). This information was quantified and processed using spreadsheets, developing a cost structure with a 15-year projection, which is the vessel's lifespan.

According to the analysis, the acquisition cost of the KTA19 engine (USD 150,411) is 4% lower than the X15 engine (USD 156,469). Furthermore, the X15 engine has a lower life cycle cost (USD 1,440,013) compared to the KTA19 engine (USD 1,452,472), resulting in total operational savings of USD 12,459 per engine. This savings, expressed as the unit production cost, is USD 0.512 per ton of fish caught. In conclusion, based on the calculated

economic indicators, the X15 engine with electronic technology is selected for the propulsion of the vessel, achieving a reduction in operating costs.

Keywords: Selection, diesel engine, fishing vessel, life cycle cost, asset, operating costs

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la pesca es una actividad que se lleva a cabo tanto de manera industrial como artesanal. La pesca industrial se refiere a la pesca que utiliza barcos y tecnología avanzada para capturar grandes cantidades de peces en el mar, principalmente anchoveta, destinando sus productos al consumo humano indirecto: harina, aceite crudo, aceite refinado y conservas de pescado. Por otro lado, la pesca artesanal es una actividad más pequeña, realizada por pescadores locales que utilizan métodos más tradicionales y sostenibles para capturar pescado en pequeñas cantidades. La pesca realizada es destinada preferentemente al consumo humano directo.

Los motores diésel son esenciales para la mayor flota pesquera del Perú, por que proporcionan la potencia necesaria para propulsar las embarcaciones y el accionamiento de los equipos de pesca. La selección adecuada de un motor diésel permite mejorar la eficiencia, la seguridad y la rentabilidad de la operación. La selección del motor diésel principalmente se realiza según el costo de adquisición y datos técnicos como la potencia, velocidad y el tipo de control, mecánico o electrónico. Las operaciones de las embarcaciones pesqueras son afectadas económicamente por el desconocimiento de los costos durante el ciclo de vida del motor adquirido.

El presente trabajo de investigación comprende la identificación de los costos asociados con los motores diésel marinos a lo largo de su vida útil: adquisición, operación, mantenimiento y eliminación. Mediante el análisis del costo del ciclo de vida se calcula el costo de las alternativas de compra en su vida entera, con el fin de seleccionar la opción más rentable y sostenible que permita reducir los costos operativos en las embarcaciones pesqueras

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes de la investigación

- **María, G. (2021). “Cálculo del Ciclo de Vida de un motor diésel”**

El autor realiza un análisis y cálculo del Costo de Ciclo de Vida o LCC (Life Cycle Cost, por sus siglas en inglés), basado en la norma europea UNE-EN 60300-3-3, para un motor diésel de cuatro tiempos, marca MTU 16V 2000 G26F. Delimita el análisis a la fase de propiedad (utilización), incluyendo en esta fase los costos de operación (combustible, aceite y refrigerante), costos de mantenimientos preventivos y correctivos.

Gonzalez, argumenta que el análisis del Costo del Ciclo de Vida incluye el costo total de adquisición, propiedad y eliminación de un activo. El análisis proporciona aportes importantes para el proceso de toma de decisiones en el diseño, desarrollo, uso y eliminación de un activo. Adicionalmente indica que es aplicable para evaluar los costos relacionados con una actividad específica o parte del ciclo de vida de un activo (cuantificar costos de mantenimiento, costos de consumibles, etc.). El motor fue evaluado durante un periodo de funcionamiento promedio de 16,000 horas de operación durante 3 años, siendo su principal función la generación de potencia eléctrica. Para los costos de mantenimiento, el autor considera como fuente de información el manual del fabricante y la lista de precios de su distribuidora. Para los costos de operación (combustible, aceite y refrigerante), considera los costos en España.

El autor concluye que: En la fase de utilización, el costo total asciende a 2,686,701.49 €, siendo el 75.8% (2,036,141€) el costo por consumo de combustible, 22.4% (601,219€) asociado al costo de mantenimientos preventivos, 0.9% (24,420 €) asociado al costo de mantenimientos correctivos y 0.9% (8,820€) al costo del consumo de aceite y refrigerante del motor diésel. Indica que la mayor parte del Costo del Ciclo de Vida, es asociado al consumo de combustible debido a que el diésel es el principal consumible del motor.

- **Sheth, A, Sarkar, D (2019). “Life cycle cost analysis for electric vs diesel bus transit in an Indian scenario”**

El objetivo de la investigación fue realizar y comparar el costo del ciclo de vida para un autobús eléctrico en comparación con uno diésel a través de herramientas como el análisis del Costo Total de Propiedad o Total Cost of Ownership (TCO) y el Valor Presente Neto (VPN) con el fin de analizar la viabilidad del uso de autobuses eléctricos como un medio de transporte sostenible para los sistemas de transporte masivo rápido en India.

Los autores concluyen que cuando se evalúa durante un ciclo de vida de 25 años, que es la vida normal de la infraestructura de transporte como las aceras en la India, el TCO para los autobuses eléctricos (36,6 millones INR o 571,875 USD) es significativamente menor que la de los autobuses diésel (39,1 millones de INR, o 610,938 USD). Esta tendencia también está respaldada por el análisis del VPN, en el que el VPN de la opción del autobús eléctrico (INR 26,2 millones o USD 409,375) es significativamente más económico que el del autobús diésel (INR 32,3 millones o USD 504,688). Los buses eléctricos, aunque implican un alto costo de adquisición (dos o tres veces más que los buses diésel), tienen costos operativos mucho más bajos a lo largo de su ciclo de vida.

- **Chuin, M. (2013). “Life Cycle Cost for Modification Project”**

El objetivo del trabajo fue realizar un análisis LCC para seleccionar la mejor solución técnica y económica entre dos opciones de reemplazo del sistema actual de Fresh Water Maker (FWM). Este sistema se encarga del proceso de desalinización del agua de mar, en la compañía petrolera de la plataforma EKOK, Noruega. El motivo del reemplazo se debe a la baja indisponibilidad y repuestos obsoletos.

Se decidió evaluar 2 alternativas de reemplazo: tecnología de evaporación (tecnología actual, renovación) y tecnología de osmosis inversa (nueva tecnología), ambas con un costo similar de adquisición. Para el análisis por un periodo de 25 años se considera adicionalmente: costos de integración (modificaciones en la instalación), costos de operación (energía y consumibles) y costos mantenimiento (Programado y no programado).

El Valor Presente Neto (VPN) obtenido del análisis de LCC para ambas alternativas es de - NOK 80,180,577 (Tecnología de Evaporación) y - NOK 98,263,399 (Tecnología de Osmosis inversa). Concluye que el FWM con la primera tecnología se prefiere basado en el VPN con un ahorro de NOK 18,082,822. No hubo consideraciones de ingresos y ahorros en el análisis, por lo tanto, la alternativa con pérdida mínima será el enfoque más rentable.

- **Alburquerque, F. (2020). “Selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663, para disminuir los costos operativos en la flota de camiones en la empresa Minera Chinalco Perú S.A.”**

El objetivo del trabajo fue evaluar la selección de compra de camiones de 400 toneladas cortas mediante el análisis de los Costos del Ciclo de Vida o LCC, bajo la norma ISO 15663 con el fin de disminuir los costos operativos en la flota de camiones. Los modelos de camiones a evaluar fueron los siguientes, Caterpillar 797F y Komatsu 980E-5.

El autor identificó los siguientes costos para su análisis del ciclo de vida del activo son: Costos de adquisición (precio de venta, costos de instalación para para la puesta en marcha y componentes de repuesto), Costo de Operación (mano de obra operador, kit antidesgaste de tolva, neumáticos y combustible), Costo de Mantenimiento (mano de obra mantenedor, aceites y refrigerante, cambio y reparación de componentes mayores y menores, mantenimientos programados y mantenimientos correctivos) y Costos de Eliminación (desmantelamiento, retiro y valor de salvamento).

El autor concluyó que los costos operativos llevados al VPN del camión minero Komatsu son menores a los del camión Caterpillar en 634,040 USD/camión en el horizonte de evaluación, 14 años. El análisis de viabilidad económica del proyecto de compra de 04 camiones dio como resultado para el camión minero Caterpillar un VPN de USD 5,833,342, TIR 10.7% y un periodo de recuperación de 11.1 años y para el camión minero Komatsu un VPN de USD 11,070,768, TIR 12.9% y un periodo de recuperación de 7.7 años. El camión Komatsu es seleccionado para la compra debido a su menor LCC y periodo de recuperación.

- **Reyes, F. (2018). “Determinación del reemplazo de la flota de cargadores frontales Komatsu WA-380-6 de la empresa Construcción y Administración S.A. mediante la aplicación del Análisis del Costo de Ciclo de Vida (LCC) y el cálculo de la confiabilidad basada en la distribución de fallas Weibull”**

El objetivo de la investigación fue seleccionar la alternativa más económica de reparación, renovación o reemplazo de la flota de cargadores frontales Komatsu WA380-6 de la empresa Construcción y Administración S.A., mediante el análisis y cálculo del costo de ciclo de vida con el fin de reducir los costos operativos.

Para el análisis de las alternativas en su contexto operativo, el autor considera: Costos de adquisición, Costo de Operación y Mantenimiento (historial de costos de cada equipo, registrados durante su ciclo de vida en el software de gestión de activos de la empresa), Valor de Recuperación, horizonte de evaluación de 5 años y como opción de reemplazo, el cargador Frontal Caterpillar 962H.

Para cada una de las alternativas se obtuvo el costo operativo (USD/h): reparación (opción 1a), reconstrucción (opción 1b) y reemplazo total por un mismo modelo (opción 1c) de la flota de cargadores frontales Komatsu, WA-380-6 (CF 18, 21 y 23) versus la renovación de toda la flota por Cargadores Frontales CAT modelo 962H (opción 2). Para la opción 1a, el costo operativo fue de 34 USD/h, si se realizaran las reparaciones menores de los CF 18 y 21, y de 39 USD/h si se realizara el overhaul del CF 23, frente a 30 USD/h para la opción 2. Para la opción 1b, fue de 34, 36 y 39 USD/h si se realizaran las reconstrucciones certificadas de los CF 18, 21 y 23, respectivamente, frente a 30USD/h para la opción 2. Por último, para la opción 1c, fue de 38.9, 39 y 43 USD/h si se realizaran los reemplazos por equipos nuevos en los CF 18, 21 y 23, respectivamente, frente a 33.7 USD/h para la opción 2.

Concluye, que se debe realizar el reemplazo de toda la flota de cargadores frontales Komatsu modelo WA380-6 por cargadores frontales Caterpillar modelo 962H por presentar el menor costo operativo en todos los escenarios de análisis.

- **Cornejo, A. (2012). “Selección de una bomba centrífuga mediante el análisis de costo de ciclo de vida - Aplicación planta Aceros Arequipa”**

El objetivo del trabajo fue seleccionar la opción más rentable para la adquisición de 02 bombas centrífugas en la empresa siderúrgica peruana Aceros Arequipa para su proceso de colada continua debido a un aumento en su producción, utilizando como herramienta el análisis de los costos de ciclo de vida.

El autor argumentó que cuando una compañía evalúa las alternativas únicamente por el precio de compra inicial, ignorando virtualmente una operación potencialmente más larga y otros gastos, conlleva a costos totales de propiedad significativamente más altos. Un análisis de costo del ciclo de vida calcula el costo de un sistema o el producto sobre su vida entera (ciclo de vida).

Las marcas analizadas fueron Goulds Pumps (costo de adquisición USD 96,428) e Hidrostal (costo de adquisición USD 77,964), Basándose en los costos de adquisición, operación y mantenimiento brindados por los fabricantes de cada modelo de bomba, el resultado obtenido del análisis LCC al VPN para la bomba Goulds Pumps fue un valor de -USD 627,802.31 y para la bomba Hidrostal fue un valor de -USD 647,661.09, concluyendo así en la selección de la primera opción por tener un menor costo de ciclo de vida, generando un ahorro total en el lapso total 5 años de USD 19,858.78.

1.2. Identificación y descripción del problema de estudio

El Análisis del Costo de Ciclo de Vida (ACCV) o Life Cycle Cost Analysis (LCCA, por sus siglas en inglés), tiene como uno de sus propósitos principales, analizar las diferencias entre dos o más activos en términos económicos para seleccionar la mejor alternativa de inversión (el análisis identifica los principales costos que contribuyen a las diferencias entre las alternativas), sin embargo, en la mayoría de los casos, las soluciones técnicas propuestas se eligen principalmente en función del costo de adquisición inicial, los cumplimientos técnicos y las experiencias previas. No hay una comprensión profunda de los costos asociados incurridos en el ciclo de vida de un activo. Se analiza

superficialmente los costos de adquisición sin tomar en cuenta los costos operativos (Galar, Sandborn, & Kumar, 2017).

En la Figura 1.1, se observa la clasificación de los costos en el ciclo de vida de un activo: Gastos de capital o Capital Expenditure (CAPEX, por sus siglas en inglés) incurridos cuando se compra el activo (diseño, desarrollo y producción) y Gastos Operativos u Operational Expenditure (OPEX) incurridos a lo largo de la vida del activo (mantenimiento, operación y disposición final). La manera tradicional de tomar decisiones para la inversión de capital es basada en el precio de compra (CAPEX) incurriendo en el error de no considerar los costos influyentes durante la etapa más larga (OPEX) del ciclo de vida del activo (Fuenmayor, 2020).

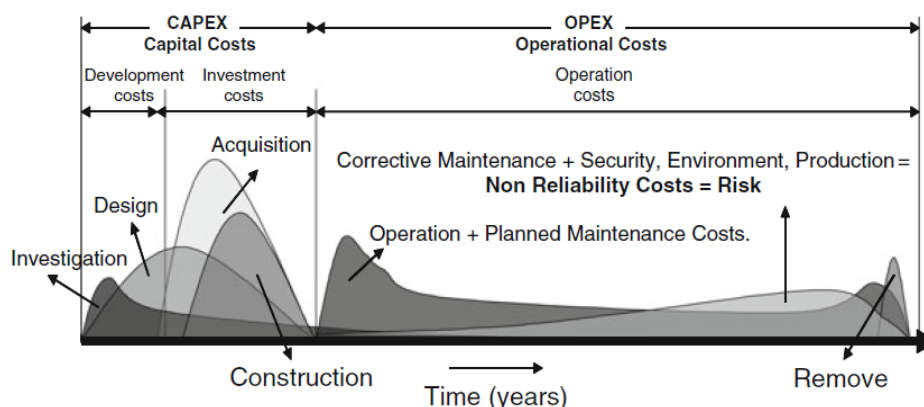


Figura 1.1: Clasificación de Costos en el Ciclo de Vida de un activo.

Fuente: Van der Lei, T., Herder, P., & Wijnia, Y. (2012). "Asset Management, The State of the Art in Europe from a Life. VTT Technology"

La pesca es uno de los métodos de producción de alimentos que requiere más uso de energía en el mundo y depende casi totalmente de la utilización de motores de combustión interna que funcionan con derivados del petróleo para propulsar las embarcaciones. El Departamento de Pesca de la FAO menciona que, en la industria pesquera en pequeña escala, los registros operativos son escasos o, en el mejor de los casos, muy básicos para sus embarcaciones.

Por lo general, el grado de detalle se limita al necesario para responder a las exigencias de las autoridades impositivas o calcular la división de las ganancias y los costos entre los tripulantes. Se registra muy poca o ninguna información que permita

analizar el rendimiento y operación de la embarcación. Los armadores de embarcaciones pequeñas se encuentran ante la difícil situación de seleccionar un motor diésel entre varias opciones para instalar en una embarcación nueva, seleccionando el motor que posea menor costo de adquisición, aunque esa elección del precio más módico, se consigue a expensas de la calidad y la durabilidad (Wilson, 2005).

En el sector de la pesca artesanal del Perú, el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES), organismo público ejecutor del Ministerio de Producción, posee como una de sus principales objetivos el fortalecimiento de capacidades técnicas de los pescadores artesanales a través de programas de capacitaciones, entre ellas, el mantenimiento de motores (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, 2021). En el 2022, la coordinación Zonal de Paita (aliada estratégica de FONDOPES) requiere adquirir un motor marino diésel para implementarlo en un aula-taller para el desarrollo de las capacitaciones. La licitación REQ. ADQ 030: "Adquisición de motor marino de centro diésel de 80 HP con recursos provenientes del proyecto de derechos de pesca para la Zonal Paita en Piura del fondo de desarrollo pesquero" posee como alcance de solicitud a los postores: El costo de adquisición, el requerimiento técnico de potencia y velocidad y la garantía del producto. No se solicita costos a lo largo del ciclo de vida útil del motor para un posterior análisis entre sus alternativas. Se declara en la licitación, que solo se deben cumplir las "Especificaciones Técnicas" (FONDOPES, 2022).

Para promover el acceso y el uso del guano de las islas en el litoral peruano en favor de los medianos y pequeños agricultores del país, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MIDAGRI) a través del Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (Agro Rural), construye un remolcador para transporte de guano y una embarcación de apoyo logístico en los años 2020 y 2022, respectivamente. Para estos proyectos, los motores diésel de propulsión fueron sometidos a licitación. En las licitaciones ADT-ML-004-2021-SIMAC y ADT-ML-006-2029-SIMAC, las bases integradas para la selección y contratación de los suministros de bienes, solicitan a los postores que incluyan en sus propuestas, el costo de adquisición de los activos para la propulsión, así como la garantía,

sin embargo, no se solicita los costos a lo largo del ciclo de vida para evaluar las alternativas y seleccionar la mejor opción. La adjudicación fue una decisión de compra basado en el costo de adquisición, optando por la opción de menor precio para compra de activos nuevos, obviando el impacto futuro en los costos de operación de la embarcación (SIMAC, 2019) (SIMAC, 2021).

En el Perú, la pesca industrial es una actividad económica vital que contribuye significativamente a las exportaciones y al abastecimiento de productos marinos en el mercado interno. Según el Instituto Peruano de Economía (IPE), la zona norte lideró el crecimiento en el segundo trimestre del PBI (+5.6%), su mayor avance en tres años, tras cuatro trimestres de caída. Esto se debió al rebote de la pesca y su impacto en la industria de harina de pescado. En la primera temporada de pesca de anchoveta del 2024, las capturas fueron casi 10 veces lo registrado en las pescas exploratorias del 2023, pero aún 9% por debajo del promedio 2018-2022 (Instituto Peruano de Economía, 2024).

Cada año, se construyen nuevas embarcaciones de madera destinadas a la pesca industrial, especialmente en zonas costeras donde la pesca es la principal fuente de empleo y desarrollo. Estas embarcaciones requieren motores marinos diésel para su operación, siendo un componente fundamental para el rendimiento y la eficiencia de las operaciones de pesca. La selección del motor adecuado es, por lo tanto, una decisión crítica que impacta directamente en los costos operativos de las embarcaciones y, en última instancia, en la rentabilidad de las faenas pesqueras.

El problema específico que enfrentan los pescadores y armadores en el Perú es la selección de motores marinos diésel basado exclusivamente en el costo de adquisición, sin considerar los costos asociados al ciclo de vida del motor. Tradicionalmente, al adquirir un motor para una nueva embarcación de pesca, la decisión se toma en función del costo de adquisición del motor, sin considerar costos adicionales que incurren a lo largo de su vida útil, tales como el consumo de combustible, mantenimientos preventivos, reparaciones, y disposición final. Esto conduce a un incremento en los costos operativos a

largo plazo, afectando la rentabilidad de las operaciones pesqueras, dado que un motor módico inicialmente, sin un análisis previo, resultaría más costoso durante su ciclo de vida.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal

¿Serán los costos del ciclo de vida de los motores marinos diesel que influyen en una reducción de costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad de bodega?

1.3.2. Problemas específicos

¿En qué medida una inadecuada recopilación de datos para el análisis del costo de ciclo de vida de un motor marino diesel influye en la selección?

¿En qué medida una incorrecta elección en el procedimiento para el análisis del costo de ciclo de vida de un motor marino diesel influye en la selección?

1.4. Justificación e importancia

Económicamente se justifica por la reducción de los costos operativos durante el ciclo de vida de los motores marinos diésel seleccionados para embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad de bodega, lo que resulta en una mayor rentabilidad para las embarcaciones pesqueras industriales.

Técnicamente se justifica en la presentación de una metodología adecuada para la selección de motores marinos diésel, que impacta directamente en las decisiones de adquisición de motores en el sector pesquero. En lugar de basarse únicamente en el costo de adquisición inicial, como es la práctica común, la metodología propuesta evalúa todos los costos asociados durante el ciclo de vida del motor, incluyendo costos de operación, mantenimiento y eliminación.

La presente investigación es importante para el sector pesquero industrial, ya que permite seleccionar motores marinos diésel reduciendo costos operativos de las embarcaciones pesqueras. Al aplicar el análisis del costo del ciclo de vida, permite a los armadores tomar decisiones más informadas y rentables al seleccionar un motor.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Reducir costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega, seleccionando un motor marino diésel basado en el costo de ciclo de vida.

1.5.2. Objetivos específicos

- Cuantificar y analizar el costo de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación de dos motores marinos Cummins KTA19 y X15 que permitan seleccionar el motor.
- Calcular y analizar el valor presente del costo total de ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción de los dos motores que permita reducir los costos operativos.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Seleccionando un motor marino diésel basado en el costo de ciclo de vida se reducirán los costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Cuantificando y analizando el costo de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación de dos motores marinos Cummins KTA19 y X15 se selecciona el motor marino diesel.
- Calculando y analizando el valor presente del costo total de ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción de los dos motores se reducen los costos operativos.

1.7. Variables y Operacionalización de variables

1.7.1. Operacionalización de variables

En la tabla 1.1 se muestra la Matriz de Operacionalización de Variables.

Tipo de variable	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente (x):	Selección de motor diésel basado en el costo de ciclo de vida	La selección de un motor diésel basado en el costo de ciclo de vida implica un enfoque integral que evalúa los costos totales asociados a un motor desde su adquisición, operación, mantenimiento hasta su eliminación. El objetivo es identificar el motor que, a lo largo de su vida útil, resulte más económico considerando todos los aspectos de costos, no solo el precio de compra inicial, sino también aquellos relacionados durante su ciclo de vida.	La selección del motor se evaluará comparando dos modelos específicos de motores marinos basándose en el análisis detallado del costo de ciclo de vida a lo largo de 15 años (vida útil de la embarcación), cuantificando costos de adquisición (precio de venta, instalación y pruebas), operación (combustible, lubricantes), mantenimiento (preventivo y correctivo) y eliminación final. Como fuente de información se empleará los precios actuales del mercado y registros de costos proporcionados por Cummins Perú.	Adquisición	- Precio de venta y accesorios - Costo componentes de repuesto (según ABS/DNV) - Costo instalación - Costo entrega técnica (pruebas en vacío y mar)	USD/motor
				Operación	- Costo mano de obra operador - Costo consumo de combustible - Costo cambio y consumo de aceite - Costo cambio de refrigerante y baterías	USD/motor
				Mantenimiento	- Costo mantenimientos preventivos - Costo mantenimientos correctivos	USD/motor
				Eliminación	- Costo desmantelamiento - Costo retirada de servicio - Costo eliminación medioambiental - Valor de salvamento	USD/motor
Variable Dependiente (y):	Reducción de costos operativos	La reducción de los costos operativos es la disminución de los costos recurrentes asociados con la operación diaria de una embarcación pesquera, como el consumo de combustible, los costos de mantenimiento, y los insumos operacionales (aceite, refrigerante, baterías, etc.). Estos costos se optimizan mediante la selección de un motor que ofrezca mayor rentabilidad.	La reducción de costos operativos se medirá determinando el costo de ciclo de vida en valor presente neto, costo de propiedad y costo unitario de producción basados en los indicadores calculados de la V.I. La comparación de los indicadores mencionados de los dos motores Cummins permitirá identificar cuál motor ofrece un mayor ahorro a largo plazo.	Costo del ciclo de vida	Costo total del ciclo de vida en Valor Presente Neto	USD/motor
					Costo de Propiedad	USD/motor
					Costo unitario de producción	USD/tonelada pescada

Tabla 1.1: Matriz de Operacionalización de Variables

Fuente: Elaboración propia

1.8. Metodología de la Investigación

1.8.1. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la presente investigación comprende dos motores marinos Cummins KTA19-M3 y X15-M, ambos con potencias nominales de 600HP y una velocidad nominal de 1800RPM.

1.8.2. Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación

La investigación es del tipo aplicada porque resuelve un problema real sobre la selección de motores marinos para disminuir los costos operativos en embarcaciones pesqueras mediante una metodología basado en el costo de ciclo de vida.

La investigación es del tipo cuantitativo porque el estudio se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos relacionados con los costos de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación de los motores KTA19 y X15. El objetivo principal es evaluar, a través del costo total de ciclo de vida, el costo de propiedad y el costo unitario de producción, cuál de los dos motores reduce los costos operativos de las embarcaciones pesqueras de 100 toneladas.

La investigación es de nivel descriptivo porque detalla la realidad problemática y cuantifica los costos asociados al ciclo de vida de los motores marinos seleccionados, proporcionando un análisis de cada componente de costo. Así mismo, es de nivel explicativo porque analiza las relaciones causales entre las variables, selección de motor y costos operativos de las embarcaciones pesqueras industriales.

1.8.3. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental, dado que se llevará a cabo una comparación directa entre dos motores marinos diésel, KTA19 y el X15, mediante la evaluación de sus costos de ciclo de vida, permitiendo manipular y controlar las variables relacionadas con los costos de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación de los motores para observar los efectos en la reducción de costos operativos.

1.8.4. Fuentes de Información

Las fuentes de información son del tipo primario porque se obtienen de fuentes de información directa Fichas técnicas del motor, histórico de datos operativos y registro/base de datos de los costos provistas por la empresa Cummins Perú:

1.8.5. Población y Muestra

En la presente investigación, tanto la población como la muestra están constituidas por los dos motores marinos diésel seleccionados, KTA19 y X15. En este caso la muestra es igual a la población, el estudio se centra exclusivamente en estos dos modelos para evaluar y comparar sus costos de ciclo de vida.

1.8.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En la tabla 1.2 se observa las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos. En el anexo 4 y 5 se muestra la plantilla de recolección de datos utilizados en la técnica de análisis instrumental.

Técnica	Justificación	Procedimiento	Instrumentos	Aplicado en
Análisis documental	Recolección de fichas y boletines técnicos/información histórica/base de datos ayudará a obtener información técnica de los motores, parámetros operativos y costos que incurren en el ciclo de vida de un motor marino.	Se comunicará el personal administrativo que documentos son necesarios para obtener información que ayuden al logro del objetivo. Se recolecta la información necesaria de cada documento y se procederá a su análisis.	Archivos de la empresa	Boletines y Fichas técnicas.
			Plantilla de recolección de datos	Datos históricos de la empresa.
				Base de datos de costos.
Entrevista	Permite recolectar y validar la información necesaria por parte del fabricante del motor.	Primero se plantearán y realizarán las plantillas adecuadas para la obtención de la información que se requiere, luego se validará horario disponible del personal involucrado y se procederá con la entrevista. Finalmente, la información será analizada.	Guía de Entrevista	Gerentes y ejecutivos comerciales, ingenieros de aplicaciones y Personal administrativo y personal técnico.
Observación Directa	Esta técnica permitirá analizar los sistemas y el contexto operativo en una embarcación pesquera.	Para realizar este procedimiento se coordinará con constructores/dueños de embarcaciones pesqueras de madera para realizar el levantamiento de información respecto a la instalación/operación de motores en embarcaciones.	Guía de Observación	Embarcaciones pesqueras de madera destinadas a la pesca industrial.

Tabla 1.2: Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

1.8.7. Análisis y Procesamiento de Datos.

En la presente investigación se utilizará para el procesamiento de datos el software MS Word y MS Excel, la cual emplearemos para estructurar la información técnica y costos en tablas, calcular indicadores, elaboración de gráficos de resultados y otros. Se realiza el análisis de los datos en la plantilla elaborada para el cálculo de los indicadores económicos, las cuales se observan en el anexo 10 y 11. Se evalúa la propuesta en base a los costos de ciclo de vida y se realizará en análisis de indicadores económicos y análisis de sensibilidad para la selección del motor marino que permita mejorar la operación de las embarcaciones pesqueras.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Conceptos generales de motores diésel para embarcaciones pesqueras

2.1.1.1. *Motor diésel marino*

Deven Aranha (2017) en su libro “Marine Diesel Engines” define a los motores diesel marinos como motores alternativos que utilizan fuel oil pesado o diesel oil en un sistema de Encendido por Compresión o Compresion Ignition (CI). A diferencia de un sistema de encendido por chispa, en el que se usa una chispa para encender el combustible, un sistema de encendido por compresión usa el calor de la compresión para encender el combustible en la cámara de combustión.

Palocz-Andersen (2012) en su libro “Decreasing Fuel Consumption and Exhaust Gas Emissions in Transportation” describe que los motores diésel marinos son muy similares a los motores CI de aplicación automotriz e industrial, pero generalmente son más grandes, más complejos y funcionan con mayor eficiencia.

2.1.1.2. *Sistema de refrigeración*

Los motores diésel marinos poseen una característica principal, su forma de enfriarse. Nigel Calder (2007) en su libro “Marine Diesel Engines: Maintenance, Troubleshooting and Repair” define tres tipos principales de sistemas de enfriamiento que se utiliza en las embarcaciones: agua cruda o agua de mar, intercambiadores de calor y enfriadores de quilla.

2.1.1.2.1. *Sistema de refrigeración por agua cruda o agua de mar*

Los sistemas de enfriamiento de agua cruda extraen directamente masa de agua en el que flota la embarcación. Ingresa por una toma de mar, fluye por un filtro para luego circular a través de los enfriadores de aceite, postenfriador y el motor; finalmente, descarga

por la borda. En algunos motores diésel de cuatro tiempos, el agua se descarga en los gases de escape (escape húmedo), como se aprecia en la figura 2.1.

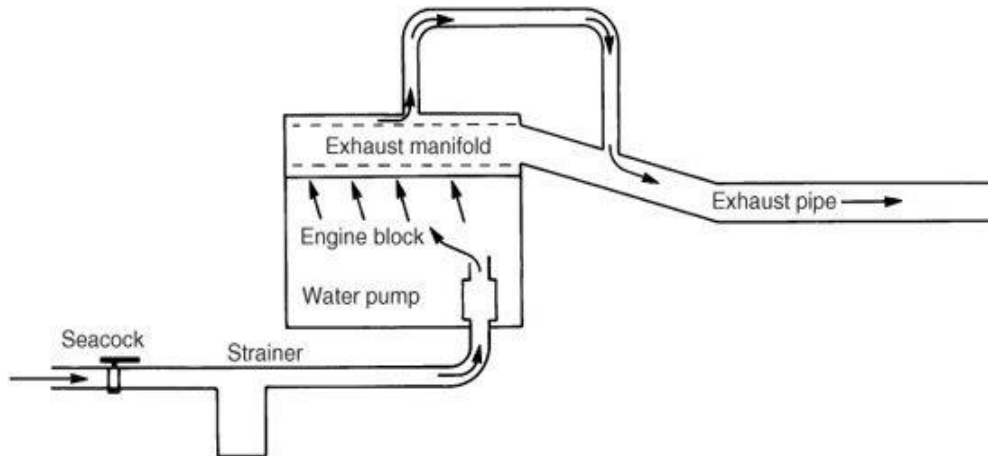


Figura 2.1: Esquema refrigeración por agua cruda. Escape húmedo.

Fuente: Calder N. (2007). "Marine Diesel Engines. Maintenance, Troubleshooting and Repair"

2.1.1.2.2. Sistema de refrigeración por intercambiador de calor

Un motor enfriado por intercambiador de calor tiene un sistema de enfriamiento cerrado. La bomba de refrigerante del motor (engine-water pump en la Figura 2.2) bombea el refrigerante desde la alimentación del tanque de expansión hacia el enfriador de aceite, postenfriador y el motor. Luego, el refrigerante ingresa a un intercambiador de calor para disminuir su temperatura y vuelve a circular. En la Figura 2.2, se muestra el circuito 1, cuando el refrigerante del motor está frío y el termostato no permite el paso del flujo al intercambiador, y el circuito 2, cuando el refrigerante está caliente y el termostato permite el paso del flujo hacia el intercambiador. El agua de mar ingresa por el casco de la embarcación, se filtra y bombea a través de las tuberías internas del intercambiador de calor para luego ser descargado por la borda, ya sea directamente o a través de un escape húmedo.

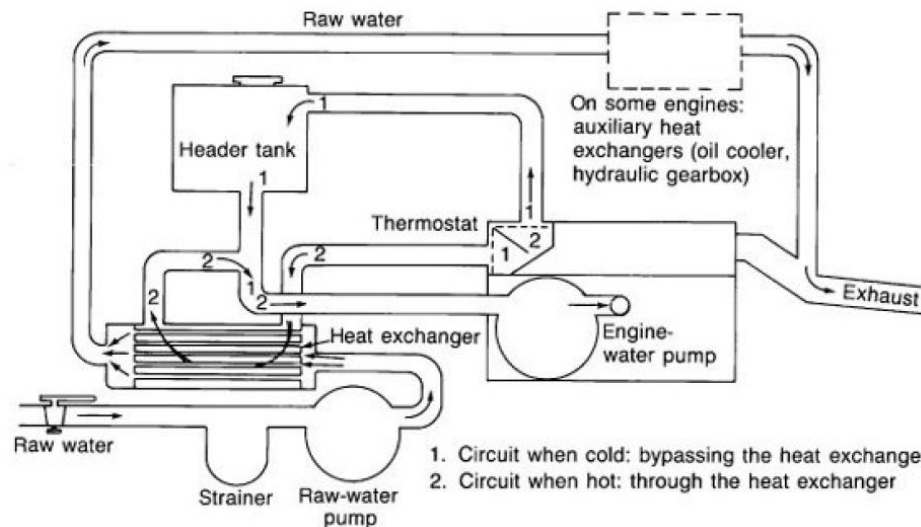


Figura 2.2: Esquema refrigeración por Intercambiador de calor. Escape húmedo.

Fuente: Calder N. (2007). "Marine Diesel Engines. Maintenance, Troubleshooting and Repair"

Un intercambiador de calor consta de un cilindro con una serie de pequeños tubos de cuproníquel que lo atraviesan. El refrigerante del motor caliente pasa a través del cilindro mientras que el agua cruda fría se bombea a través de los tubos como se observa en la Figura 2.3.

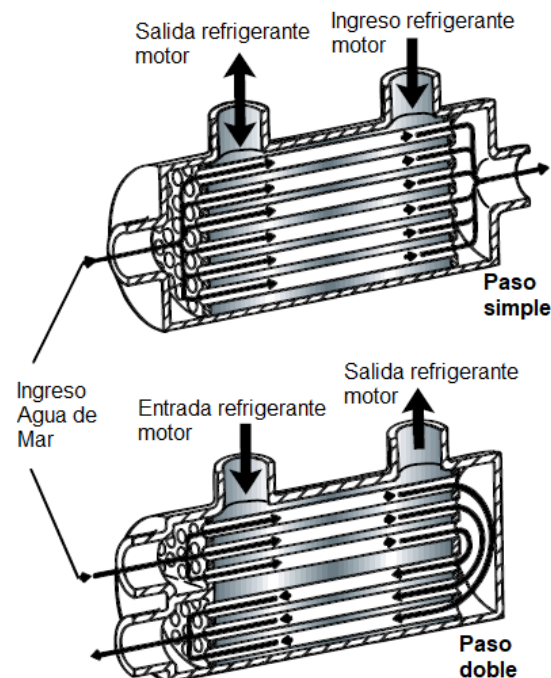


Figura 2.3: Intercambiador de calor de tubo y coraza. Paso simple y doble.

Fuente: Caterpillar (2000). "Marine Engines Application and Installation Guide"

2.1.1.2.3. Sistema de refrigeración por quilla

El enfriamiento por quilla como se observa en la Figura 2.4, el refrigerante (o agua con aditivos) circula a través del motor y cuando este caliente, el termostato permite el paso del refrigerante un intercambiador de calor instalado fuera de la embarcación sumergido en agua de mar, enfriador de quilla (tuberías o arreglo de tuberías montadas externamente debajo de la línea de flotación en el casco de la embarcación como se observa en la Figura 2.5). El agua de mar en el exterior de las tuberías de enfriamiento de la quilla enfría el refrigerante en el interior. La bomba de agua de mar no se utiliza, sin embargo, se requiere una bomba para hacer circular el refrigerante dentro del sistema.

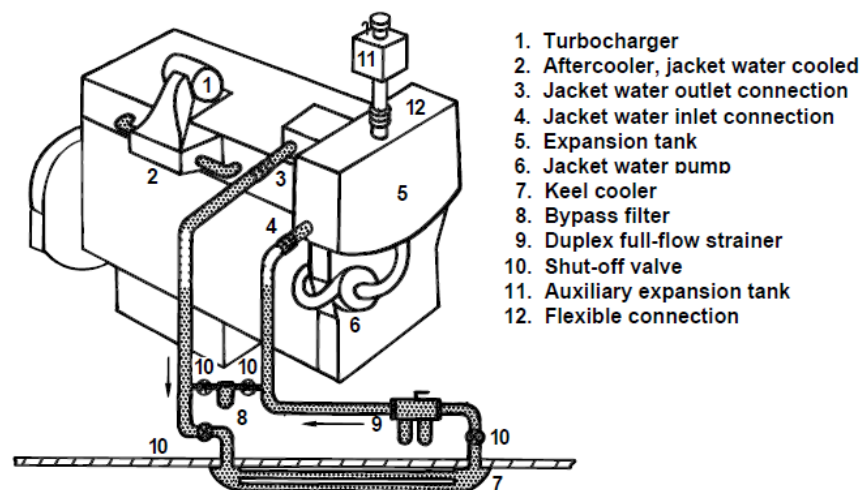


Figura 2.4: Esquema refrigeración por Quilla.

Fuente: Caterpillar (2000). "Marine Engines Application and Installation Guide"

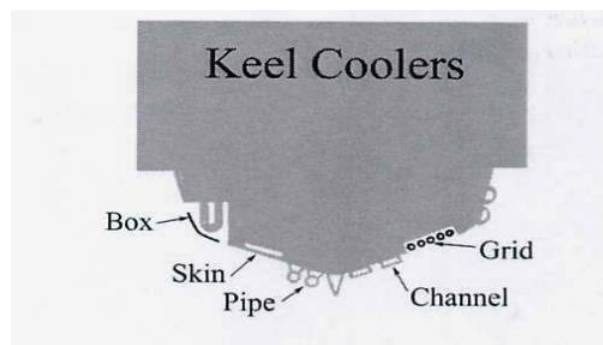


Figura 2.5: Tipos de Enfriadores de Quilla instalados en el casco de una embarcación.

Fuente: Australian National Training Authority (1997). "Engineering Knowledge (MED 3), ABF621: Learner's Guide"

2.1.1.3. **Sistema de inyección**

Gimeno (2008), en su trabajo de investigación “Desarrollo y aplicación de la medida del flujo de cantidad de movimiento de un chorro diésel” establece en dos partes en un sistema de inyección según el rango de presión de trabajo: baja presión (desde presión atmosférica hasta una presión del orden de 0,3 MPa) y alta presión (desde 10 hasta 200 MPa) dependiendo del punto de funcionamiento y del sistema considerado.

Los componentes del circuito de baja presión comprenden: el tanque de combustible y los filtros de combustible (retención de partículas sólidas contenidas en el combustible que dañan los diferentes elementos mecánicos), la bomba de cebado o alimentación (asegura una presión a la entrada de la bomba de alta presión entre 0,2 y 0,3 MPa), el regulador de presión (que limita la presión de salida de la bomba de cebado) y las líneas de baja presión. La presión del combustible, requerida para la inyección, es generada en el circuito de alta presión del sistema. Dicha generación depende del tipo de sistema de que se trate (Gimeno, 2008).

2.1.1.3.1. *Bomba de inyección en línea*

Castillejo (2014), en su trabajo de investigación “Sistemas de inyección en motores diésel” define que el elemento principal de bombeo de este tipo de bombas se compone de un cilindro y un émbolo. Esta bomba contiene elementos de bombeo colocados en línea, uno por cada cilindro del motor.

2.1.1.3.2. *Bomba de inyección rotativa*

Castillejo (2014), en su trabajo de investigación “Sistemas de inyección en motores diésel” define que las bombas rotativas solo tienen un elemento de bombeo de alta presión que distribuye el combustible a todos los inyectores. A través de un solo orificio, realiza el control de la inyección para cada cilindro. A diferencia de las bombas en línea, estas son lubricadas por el propio combustible dentro de la bomba. Además, son más compactas, más livianas, soportan mayores revoluciones y funcionan en cualquier posición.

2.1.1.3.3. *Inyección Common Rail*

Este sistema tiene la capacidad de variar fácilmente la presión y el tiempo de inyección dentro de un amplio rango y se consigue mediante la separación de los componentes de generación de presión (bomba de alta presión) y de inyección de combustible (inyectores electrónicos). Castillejo (2014), en su trabajo de investigación “Sistemas de inyección en motores diésel” define que el riel común o “common rail” actúa como acumulador de presión. De esta forma la presión en el acumulador es independiente del régimen de giro del motor y del caudal de inyección.

Gimeno (2008), en su trabajo de investigación “Desarrollo y aplicación de la medida del flujo de cantidad de movimiento de un chorro diésel” describe que un sensor de presión mide la presión del combustible en el rail, como se observa el componente de color verde; captador de presión o sensor de presión, en la Figura 2.6. Esta señal se compara con el valor de consigna grabado en la Unidad Electrónica de Control o Engine Control Unit (ECU, por sus siglas en ingles). Si el valor medido y de consigna son distintos, un orificio de descarga situado en el regulador de presión, en el lado de alta presión, se abre o se cierra para igualar ambos valores. El caudal excedente de combustible retorna al depósito. Los inyectores se abren y cierran controlados por la ECU en instantes definidos. La duración de la inyección, la presión de combustible en el raíl, y la capacidad de descarga de los orificios de la tobera determinan la cantidad de combustible inyectada.

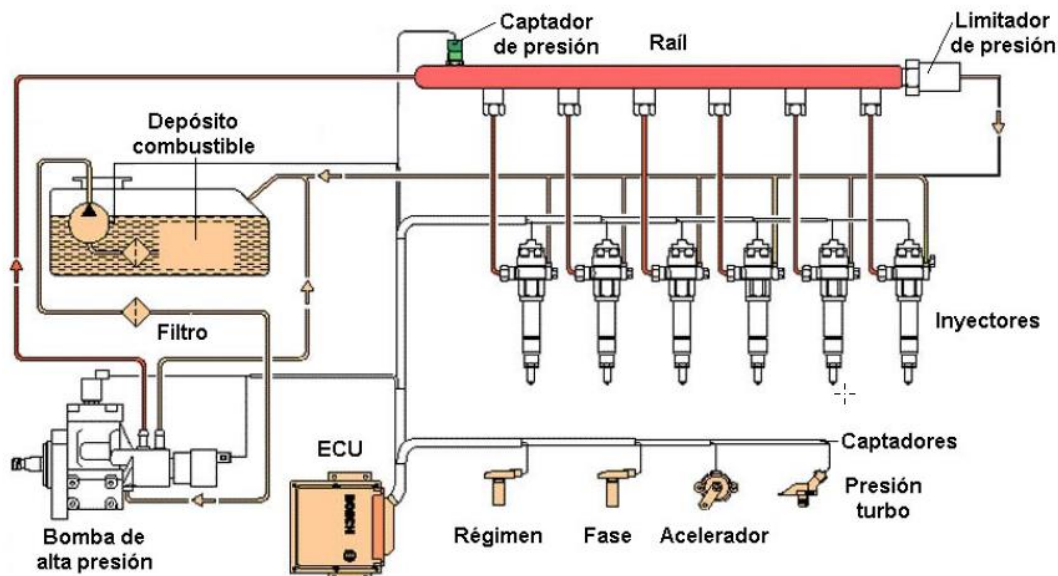


Figura 2.6: Esquema del sistema de inyección common rail.

Fuente: Gimeno J. (2008). "Desarrollo y aplicación de la medida del flujo de cantidad de movimiento de un chorro diésel"

2.1.1.4. **Potencia estándar ISO bloqueada**

La potencia nominal de los motores diésel marinos propulsores para los grupos de aplicación son potencias estándar ISO bloqueadas (ICFN), según la normativa ISO 3046-1 (2002) "Reciprocating internal combustion engines - Performance - Part 1".

I = Potencia ISO (ISO power)

C = Potencia Continua (Continuous power)

F = Potencia con combustible bloqueado (Fuel Stop power)

N = Potencia Neta al Freno (Net brake power)

La unidad de medición de la potencia es el kW. La potencia con combustible bloqueado representa la potencia que un motor diésel produce, de forma ilimitada, durante un periodo de tiempo acorde con la aplicación, funcionando a la velocidad asociada (velocidad nominal) y bajo unas determinadas condiciones ambientales (condiciones de referencia). Las características del funcionamiento son especificadas en el plan de mantenimiento del fabricante. Las especificaciones de potencia de los diferentes fabricantes de motores diésel expresan la potencia neta al freno. La potencia necesaria

para los componentes auxiliares accionados por el motor, tales como la bomba de aceite, las bombas de agua de refrigeración y de agua salada, ya se han restado.

2.1.1.5. *Proceso de transmisión de potencia en una embarcación*

Bayraktar, Yüksel , & Göksu (2023) en su artículo de investigación “Classification of Ship Propeller Types and Energy-Saving Devices Under Technology Developments”, argumenta que la cantidad de potencia del motor principal de la embarcación que se transmite a la hélice, es una variable crucial para la selección de la hélice con el fin de lograr la eficiencia propulsiva (rendimiento óptimo y bajo consumo de combustible y emisiones). La figura 2.7 muestra el proceso de transmisión de potencia en una embarcación y en los párrafos siguientes, se define cada una.

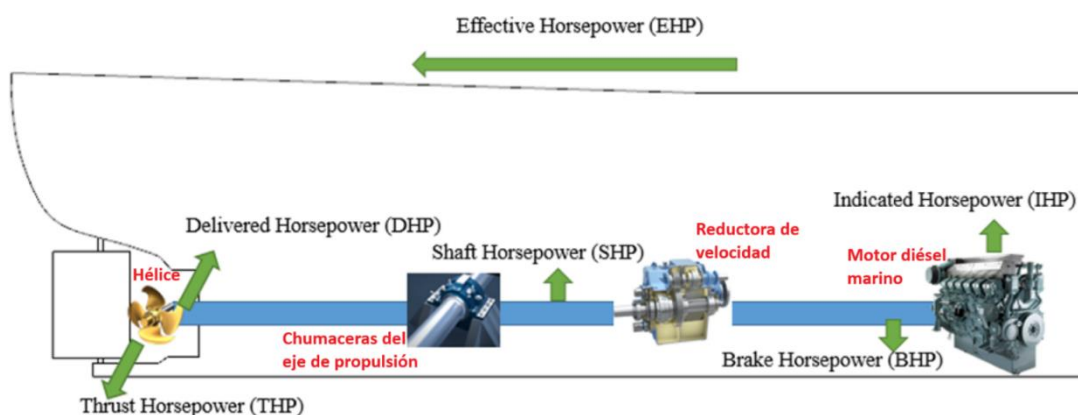


Figura 2.7: Esquema de transmisión de potencia desde el motor diésel a la hélice en una embarcación.

Fuente: Bayraktar M. et al (2023). “Classification of Ship Propeller Types and Energy-Saving Devices Under Technology Developments”

La potencia indicada del motor (IHP) es la fuerza descendente ejercida sobre el pistón como resultado de la combustión del combustible. El diámetro del cilindro, la longitud de la carrera del cilindro, la presión indicada y las revoluciones del motor son los factores principales utilizados para su cálculo.

La potencia al freno (BHP) es la potencia máxima generada por el motor a unas RPM determinadas, según lo probado por el fabricante. La potencia máxima al freno es la potencia máxima entregada por un motor, en general, en su máxima RPM.

La potencia en el eje (SHP) es la potencia medida en el eje de propulsión, a la salida de la reductora de velocidad y las pérdidas entre la potencia al freno y la potencia del eje son causadas por la reductora y los cojinetes.

La potencia entregada a la hélice (DHP), es la potencia transmitida a la hélice después de todas las pérdidas en el eje de propulsión. La DHP es la medida que se utiliza para realizar los cálculos de la hélice. A falta de información detallada, se estima que el DHP máximo es el 96% del BHP máximo.

La potencia de empuje (THP), es la potencia derivada de la hélice y la mayoría de las pérdidas de eficiencia entre DHP y THP son atribuibles a la eficiencia de la hélice.

La potencia efectiva (EHP) es la potencia necesaria para superar la resistencia de una embarcación a una velocidad determinada, sin incluir la potencia necesaria para hacer girar su propia hélice y operar su maquinaria (motor diésel, reductora de velocidad, eje de propulsión y entre otros) (Bayraktar et al., 2023).

2.1.1.6. ***Grupos de aplicación marina***

Gerhard Götz, Carsten Panke y Karl Steinbeck (2005) en su libro “Guía técnica de proyectos. Aplicación marina” menciona que el conocimiento de los requisitos de funcionamiento del motor es esencial para establecer una correspondencia adecuada entre el grupo de aplicación del motor y los requisitos de funcionamiento de la embarcación. La selección del grupo de aplicación marina o también llamado “rating”, determina la severidad de uso del motor (si el motor está diseñado para funcionamiento continuo o sólo a corto plazo a RPM máximas), las horas de funcionamiento anual y el Tiempo entre Mantenimientos Mayores o en inglés, Time Between Overhaul (TBO). Los autores, definen 03 grupos de aplicación principales para motores del fabricante MTU según la tabla 2.1. Se observa la carga media como el porcentaje de la potencia nominal, el tiempo recomendado de funcionamiento anual promedio y ejemplos de embarcaciones para cada grupo de aplicación.

Grupo de Aplicación (Rating)	Carga media del motor o Factor de Potencia (% de la Potencia Nominal)	Tiempo de Funcionamiento Anual (h)	Ejemplos
1A	70-90%	Ilimitado	Cargueros, remolcadores, pesqueros, ferries y otros buques mercantes
1B	60-80%	Hasta 5000 h	Buques comerciales, buques de servicio, buques multipropósito y patrulleros
1DS	Menor 60%	Hasta 3000 h	Yates de alta velocidad, patrulleros rápidos y buques contraincendios

Tabla 2.1: Grupos de Aplicación MTU, carga media, tiempo funcionamiento anual y ejemplos.

Fuente: Götz G. et al. (2005). "Guía técnica de proyectos. Aplicación marina"

Cummins Inc. (2018) en su guía de instalación "Commercial Marine Installation Directions" define para que el motor funcione según lo previsto, debe emplearse de acuerdo con las pautas de grupo de aplicación o clasificación marina (Cummins Inc. utiliza la palabra "clasificación"). Es importante elegir la clasificación (rating) adecuada del motor para proporcionar el rendimiento óptimo en una aplicación determinada. En la tabla 2.2 se muestra los grupos de aplicación para los motores del fabricante Cummins, similar a la tabla de los motores MTU.

Grupo de Aplicación (Rating)	Carga media del motor o Factor de Potencia (% de la Potencia Nominal)	Tiempo de Funcionamiento Anual (h)	Ejemplos
Continuo	70-90%	Ilimitado	Empujadores, remolcadores y embarcaciones de pesca
Servicio Pesado	60-75%	Hasta 5000 h	Transporte de pasajeros
Medio Continuo	40-60%	Hasta 3000 h	Embarcaciones multipropósito y barcos piloto
Intermitente	20-40%	Hasta 1500 h	Patrulleras y yates de excursión
Servicio Ligero	10-30%	Hasta 500 h	Yates recreativos y pesca recreativa

Tabla 2.2: Grupos de Aplicación Cummins, carga media, tiempo funcionamiento anual y ejemplos.

Fuente: Cummins Inc. (2014). "Quantum System MCRS Marine Engines Project Guide"

Caterpillar Inc. (2022), en su guía de productos marinos, "Marine Power Solution" define grupos de aplicación basados en la carga media y tiempos recomendados de funcionamiento anual según la tabla 2.3, similar a los otros fabricantes de motores diésel presentados anteriormente.

Grupo de Aplicación (Rating)	Carga media del motor o Factor de Potencia (% de la Potencia Nominal)	Tiempo de Funcionamiento Anual	Ejemplos
A (Unrestricted Continuous)	80-100%	5000-8000h	Cargueros, remolcadores y remolcadores de río profundo
B (Heavy Duty)	40-80%	Hasta 5000 h	Barcos de tripulación y suministro, transbordadores o remolcadores.
C (Maximum Continuous)	20-80%	Hasta 4000 h	Remolcadores de puerto, barcos de pesca y barcos de servicio en alta mar
D (Intermittent Duty)	Hasta 50%	Hasta 3000 h	Lanchas patrulleras en alta mar, lanchas aduaneras, lanchas policiales y lanchas contraincendios
E (High Performance)	Hasta 30%	Hasta 1000 h	Embarcaciones de recreo y algunas embarcaciones de pesca o patrulleras portuarias

Tabla 2.3: Grupos de Aplicación Caterpillar, carga media, tiempo funcionamiento anual y ejemplos.

Fuente: Caterpillar Inc. (2022). "Marine Power Solution"

2.1.1.7. **Curvas de rendimiento del motor diésel marino y potencia teórica de la hélice**

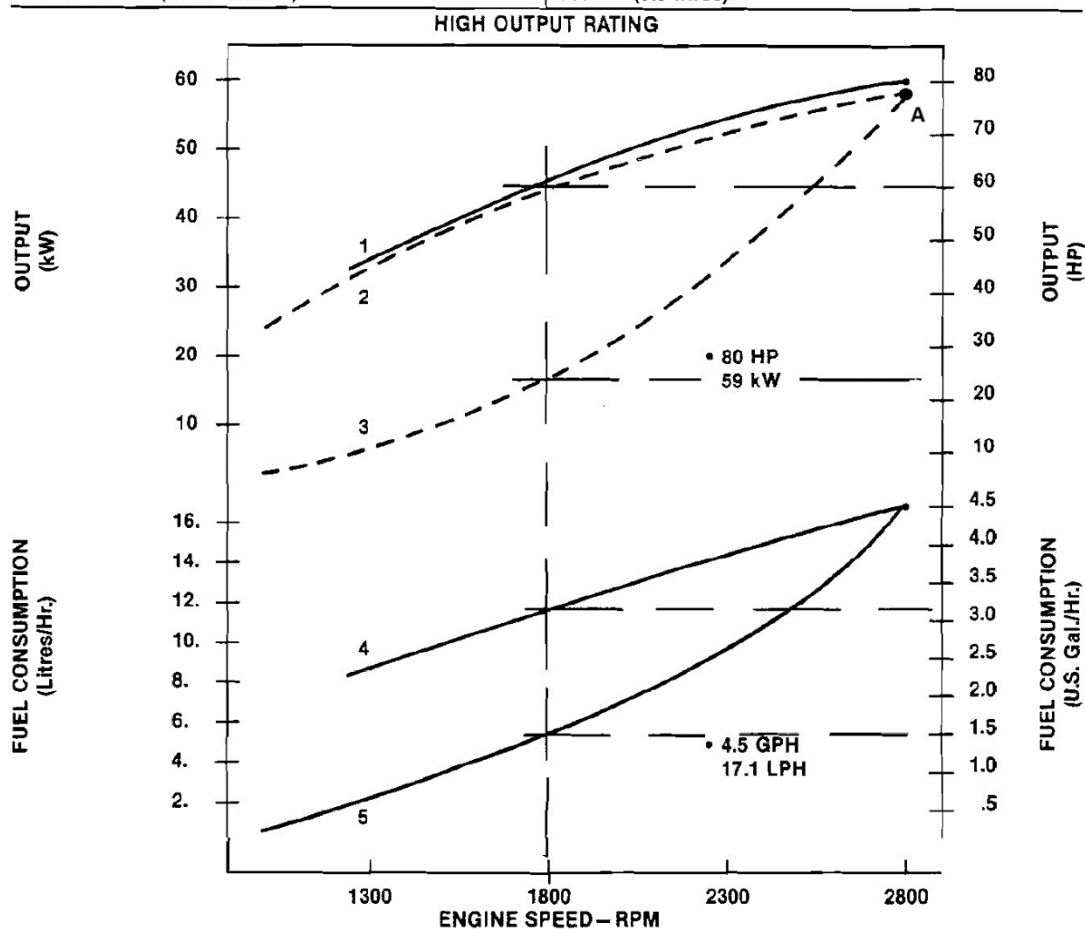
Dave Gerr (2001) en su libro "Propeller handbook: the complete reference for choosing, installing and understanding boat propellers", menciona que la potencia y el torque disponibles en un motor están definidos por las curvas de rendimiento, graficadas en las hojas técnicas brindadas por el fabricante del motor. En la figura 2.8 se observa las curvas de rendimiento para un motor marino diésel con una cilindrada de 3.9 L y una potencia nominal de 80BHP a 2800RPM.

La curva 1 y 2, representan la potencia al freno (BHP) y la potencia en el eje (SHP) en función de las RPM, respectivamente. La curva 4 muestra el consumo de combustible en U.S. gal/h o L/h de la curva de potencia al freno en función de las RPM. Algunos fabricantes incluyen la curva de potencia teórica de la hélice (curva 3) y su respectiva curva de consumo de combustible (curva 5).

La curva de potencia teórica de la hélice es una representación aproximada de los requisitos de potencia promedio de una hélice a diferentes RPM. Para la mayoría de las hélices de paso fijo que combinan correctamente con sus motores, la curva de potencia de la hélice cruza la curva de SHP cerca de las RPM máximas y SHP máximas, como se observa en el punto A de la figura 2.8. Esto significa que cuando el motor gira en la máxima

RPM, teóricamente entregará exactamente la potencia requerida por la hélice. La curva de potencia teórica de la hélice se obtiene mediante la Ecuación 2.1.

Engine Model: 4B3.9-M		Curve Number: 4172-1A	
Rating: 80 BHP (59 kW) at 2800 RPM			
CPL: 0721		Date: 04/23/86	By: DAB
Type and Aspiration: 4 Stroke, In-line, 4 Cylinder		Naturally Aspirated	
Bore x Stroke 4.02 x 4.72 in. (102 x 119 mm)		Displacement 239 in.³ (3.9 litres)	



RATING CONDITIONS: Ratings are based upon ISO 3046 (SAE J1228) conditions of 29.812 in. Hg (100 kPa), 81°F (27°C), and 60% relative humidity. Shaft Power represents the net power available after typical reverse/reduction gear losses and is 97 percent of rated power. Fuel consumption is based upon No. 2 diesel fuel with a fuel weight of 7.1 lbs. per U.S. gal. (0.85 kg/litre) and the power requirements of a typical fixed pitch propeller.

1. Brake Horsepower (BHP).
2. Shaft Horsepower (SHP) with Reverse Reduction Gear.
3. Typical Propeller Power Curve (2.7 exponent).
4. Fuel Consumption for Brake and Shaft Horsepower.
5. Fuel Consumption for Typical Propeller.

HIGH OUTPUT RATING: This power rating is for use in variable load applications where full power is limited to two hours out of every six hours of operation. Reduced power operation must be at least 200 RPM below rated RPM. This rating is an ISO fuel stop power rating (ISO 3046), and is for applications that operate less than 600 hours per year.

Figura 2.8: Curvas de rendimiento de un motor diésel marino

Fuente: Geer (2001). "Propeller handbook: the complete reference for choosing, installing and understanding boat propellers"

$$P_{HP} = C_{sm} \times RPM^n$$

Ecuación 2.1

Fuente: Geer D. (2001). "*Propeller handbook: the complete reference for choosing, installing and understanding boat propellers*"

Donde: P_{HP} : Potencia teórica de la hélice (HP)
 C_{sm} : Constante de coincidencia de suma (HP/RPM)
 RPM : Velocidad del motor (RPM)
 n : Exponente de 2.2-3.0 (2.7 para embarcaciones promedio)

La constante de coincidencia de suma, en este caso, se elige arbitrariamente para hacer que la curva de potencia de la hélice cruce la curva SHP a máximas RPM. Gran parte del proceso de selección de hélice consiste en determinar este valor exactamente. Calcular el paso, el diámetro y el área de las palas de la hélice correctos garantizará que los requisitos de potencia de la hélice coinciden correctamente con los del motor. Sin embargo, la curva de potencia de la hélice que figura en las hojas de rendimiento del motor es sólo teórica. Es una buena aproximación útil para visualizar la relación entre motores específicos y la potencia de la hélice.

Según datos experimentales, el valor de "n" es 2.7 para la mayoría de embarcaciones de recreo, de pasajeros y comerciales ligeros de velocidad media a alta. Las embarcaciones comerciales pesadas, como embarcaciones de pesca industrial y transporte de carga que operan a baja velocidad suelen tener hélices de alto empuje y alta relación de paso. Para tales hélices, "n" debe tomarse como 3.0 (Geer, 2001).

2.1.1.8. **Perfil operativo de una embarcación**

Götz G. et al (2005) en su libro "Guía técnica de proyectos. Aplicación marina" define que el perfil operativo es una proyección del funcionamiento rutinario del motor diésel de acuerdo a su aplicación. Cada buque tiene un perfil operativo característico. En las figura 2.9 y figura 2.10, se muestran ejemplos de perfiles operativos aproximados para un buque carguero y una patrullera, respectivamente. El tiempo entre la partida de un

buque y su llegada a puerto se divide en tiempos parciales en lo que se navega con rangos de potencia o velocidad constantes.

En la Figura 2.11 se muestran los perfiles correspondientes a los grupos de aplicación MTU, descritos en la sección anterior. Se grafica el porcentaje del tiempo de funcionamiento, eje horizontal, versus el porcentaje de la potencia de potencia nominal o potencia al freno, eje vertical.



Figura 2.9: Ejemplo de perfil operativo de un Buque Carguero.

Fuente: Götz G. et al (2005). "Guía técnica de proyectos. Aplicación marina"

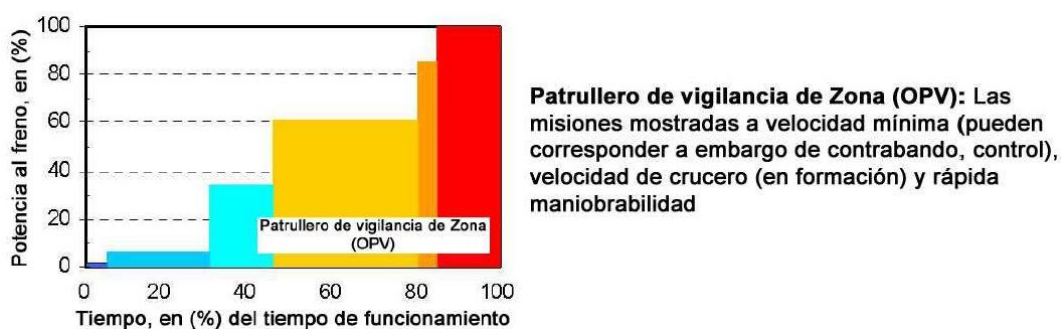


Figura 2.10: Ejemplo de perfil operativo de una Patrullera de Vigilancia de Zona (OPV, Offshore Patrol Vessels)

Fuente: Götz G. et al (2005). "Guía técnica de proyectos. Aplicación marina"

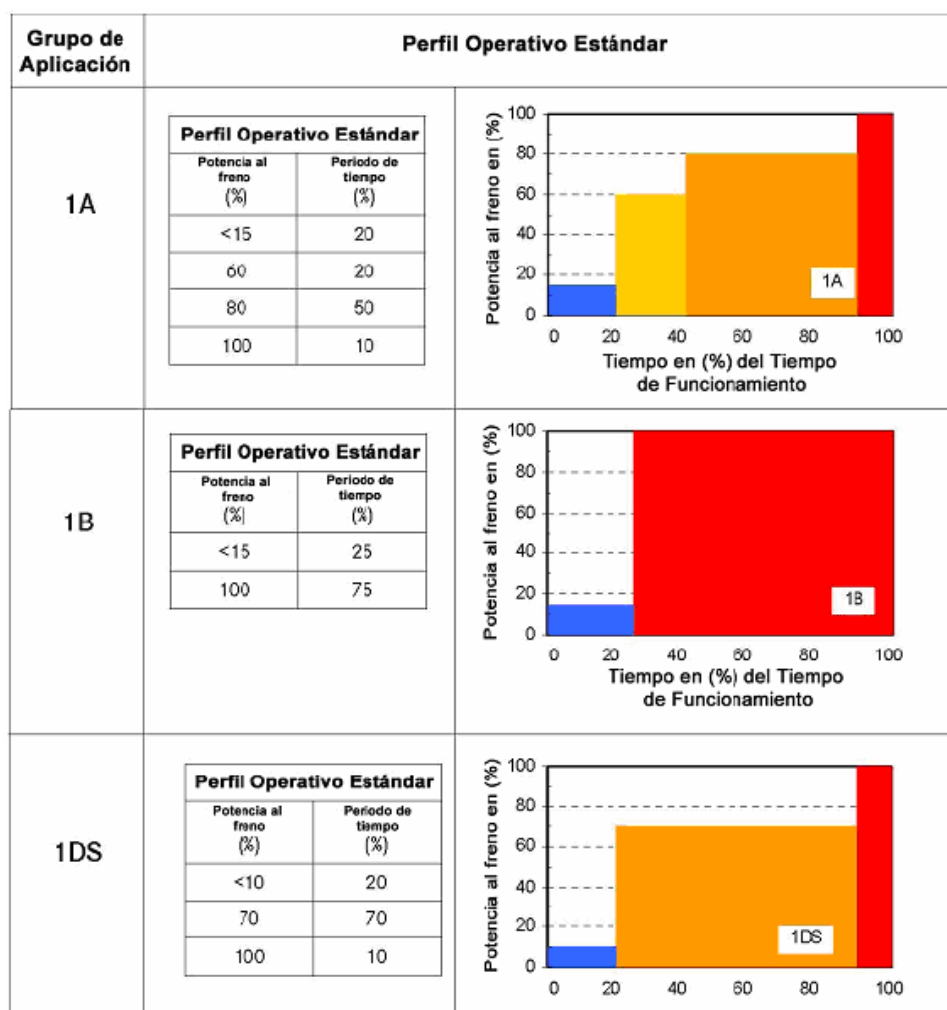


Figura 2.11: Perfil Operativo para Grupos de Aplicación 1A, 1B y 1DS.

Fuente: Götz G. et al (2005). “Guía técnica de proyectos. Aplicación marina”

Cummins Inc. (2018) en su guía de instalación “Commercial Marine Installation Directions” define que el perfil de carga es una descripción precisa del ciclo de trabajo de una embarcación en particular y es un factor esencial en el proceso de selección óptima de un motor para esa embarcación. Una vez que se ha determinado el patrón de operación de una embarcación en particular, se calcula el uso anual (horas) y el factor de potencia (severidad de uso) de los motores de la embarcación.

El factor de potencia se calcula utilizando los parámetros operativos básicos del motor y la información del ciclo de trabajo. El método siguiente se aplica cuando un capitán describe la operación habitual de una embarcación. Se desconocen los requisitos de

potencia del motor en cada modo de operación, pero sí se conoce la velocidad de funcionamiento (RPM).

A manera de ejemplo, en la figura 2.12 se calcula el factor de potencia y consumo de combustible promedios de un perfil operativo. En color naranja, se definen los datos que son recolectados de la ficha técnica del motor y del perfil de operación: la potencia nominal y la velocidad nominal del motor marino especificada en la ficha técnica del fabricante, los modos de operación, las horas operativas y las velocidades del motor (RPM) obtenidas del ciclo de trabajo de una embarcación. En los siguientes párrafos, se explica el cálculo de las columnas de color blanco.

Análisis del perfil operativo o ciclo de trabajo

Ingrese los caballos de fuerza nominales, la velocidad nominal y el tiempo de operación, la velocidad y el consumo de combustible para un servicio típico y confirme que el factor de potencia calculado (que se muestra en un círculo a continuación) y las horas de operación anuales están dentro de los límites de las definiciones de clasificación de Cummins Marine.

Potencia Nominal ^a :		1800	Velocidad nominal ^a :		1900			
# Modo de Operación	Descripción	Tiempo de operación ^d (horas)	Porcentaje tiempo total de operación (%)	Velocidad del motor (RPM)	Potencia teórica de la hélice ^b (HP)	Consumo de combustible ^c	Porcentaje de Potencia Nominal o Factor de potencia instantaneo (%)	Factor de Potencia promedio (%)
1	Modo 1	145	43.2%	800	174	8.5	9.7%	4.2%
2	Modo 2	30	8.9%	1200	521	25.3	28.9%	2.6%
3	Modo 3	115	34.2%	1600	1132	57.3	62.9%	21.5%
4	Modo 4	32	9.5%	1700	1333	68	74.1%	7.1%
5	Modo 5	14	4.2%	1900	1800	91.3	100.0%	4.2%
Totales:		336	Consumo promedio ponderado de combustible			36 g/h	Factor de potencia	39.5%

Notes:

^a Potencia nominal y velocidad nominal indicadas en la curva de rendimiento y la hoja de datos (ficha técnica)

^b Potencia teórica de la hélice ($HP = C \times RPM^n$), siendo C una constante y "n" dependiera del tipo de casco.

^c Calcule el consumo de combustible a partir de la curva de la hélice que figura en la curva de rendimiento y la hoja de datos (ficha técnica)

^d Horas anuales = Tiempo total de operación (horas) X número de ciclos por año

Figura 2.12: Análisis del perfil de operativo para determinar el factor de potencia y consumo promedio de combustible

Fuente: Cummins Inc. (2014). "Quantum System MCRS Marine Engines Project Guide"

El factor de potencia como concepto general, se define como la división entre la potencia entregada por el motor diésel en un instante de tiempo a una determinada RPM y la potencia nominal del motor, como se observa en la ecuación 2.2. Para una embarcación, la potencia entregada por el motor se calcula mediante la curva de potencia teórica de la hélice, ecuación 2.1. En la figura 2.12 para el modo 1, la velocidad del motor

es de 800RPM, entrega 174HP y su potencia nominal es de 1800HP. Calculando el factor de potencia instantáneo se obtiene 9.7%.

$$\text{Factor Potencia (\%)} = \frac{\text{Potencia entregada por el motor}}{\text{Potencia nominal}} \times 100\% \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Fuente: Cummins Inc. (2014). “Quantum System MCRS Marine Engines Project Guide”

El factor de potencia promedio para un perfil operativo o ciclos de trabajo para una embarcación se determina multiplicando el factor de potencia instantáneo de cada modo de operación por el porcentaje de tiempo empleado en cada modo de operación, como se observa en la ecuación 2.3. En la figura 2.12 el tiempo de operación del modo 1 es de 145h, 43.2% del tiempo total del ciclo de trabajo (336h). El factor de potencia instantáneo es de 9.7%. El factor de potencia promedio para el modo 1 es la multiplicación de 43.2% y 9.7%, obteniendo 4.2%. Se procede de la misma forma para otros modos de operación y posteriormente se realiza la sumatoria, obteniendo 39.5% de factor de potencia promedio para el ciclo de trabajo mostrado.

$$FP_{prom} = \sum_i FP_i \cdot t_i \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Fuente: Cummins Inc. (2014). “Quantum System MCRS Marine Engines Project Guide”

Donde: FP_{prom} : Factor de potencia promedio (%)
 FP_i : Factor de potencia instantáneo del modo “i” (%)
 t_i : Porcentaje del tiempo total de operación para el modo “i” (%)

El consumo de combustible promedio para un ciclo de trabajo se determina multiplicando el consumo de combustible de cada modo de operación según RPM de operación, el cual se encuentra en la curva de performance del motor, y el porcentaje de tiempo empleado en cada modo, como se observa en la ecuación 2.4. En la figura 2.12, el porcentaje del tiempo total del ciclo de trabajo es de 43.2%. El consumo de combustible para el modo 1 según las RPM de operación es de 8.5 gal/h. El consumo de combustible promedio para el modo 1 es la multiplicación de 43.2% y 8.5 gal/h, obteniendo 3.7 gal/h.

Se procede de la misma forma para otros modos de operación y posteriormente se realiza la sumatoria, obteniendo 36 gal/h de consumo de combustible promedio para el ciclo de trabajo mostrado.

$$\dot{v}_{c,prom} = \sum_i \dot{v}_{c,i} \cdot t_i \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Fuente: Cummins Inc. (2014). “Quantum System MCRS Marine Engines Project Guide”

Donde: $\dot{v}_{c,prom}$: Consumo de combustible promedio (gal/h)
 $\dot{v}_{c,i}$: Consumo de combustible en el modo “i” (gal/h)
 t_i : Porcentaje del tiempo total de operación del modo “i” (%)

2.1.1.9. **Tiempo entre mantenimientos mayores**

Götz G. et al (2005) en su libro “Guía técnica de proyectos. Aplicación marina” define el TBO como el lapso de tiempo en el que se asegura el funcionamiento del equipo sin ningún fallo de importancia. Se excluyen los daños debidos a desgaste que requieren un mantenimiento mayor o un cambio del propio motor diésel. Tomando como base los perfiles operativos explicados en la sección 2.1.1.8., se calcula el TBO disponible para el motor diésel seleccionado que desarrolle la potencia requerida. Los motores operan con la potencia bloqueada de combustible tanto tiempo como requiera el usuario. Un funcionamiento extendido en el tiempo a la potencia bloqueada de combustible (perfil de carga más alto – perfil operativo más pesado) acorta el TBO.

Cummins Inc. (2014) en su guía “Quantum System MCRS Marine Engines Project Guide” establece valores de combustible total quemado hasta el overhaul (mantenimiento mayor) de sus motores. La Ecuación 2.5, se utiliza para estimar el TBO de motores marinos. El TBO es afectado significativamente por el factor de potencia, por lo tanto, primero se debe determinar una estimación razonable, el cual depende del perfil de potencia o perfil operativo del buque. Los valores de combustible total quemado hasta el overhaul y consumo de combustible nominal son definidos por modelo de motor y brindados por el fabricante del motor.

$$TBO = \frac{V_{OVH}}{FP_{prom} \cdot \dot{v}c_{nominal}} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Fuente: Cummins Inc. (2014). “Quantum System MCRS Marine Engines Project Guide”

Donde: V_{OVH} : Combustible total quemado hasta el Overhaul (gal)
 FP_{prom} : Factor de potencia promedio (%)
 $\dot{v}c_{nominal}$: Consumo de combustible nominal (gal/h)

2.1.2. Fundamentos del Costo del ciclo de vida

Barringer, P. (2003) en su artículo “A Life Cycle Cost Summary” define que el Costo del Ciclo de Vida (LCC) es el costo total de propiedad de la maquinaria y el equipo, incluido su costo de adquisición, operación, mantenimiento, conversión y/o desmantelamiento, teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo, Valor Presente Neto. En la figura 2.13 se observa dos alternativas diferentes, VPN1 y VPN2. El objetivo del análisis LCC es elegir el enfoque más rentable de una serie de alternativas para lograr el menor costo de propiedad a largo plazo.

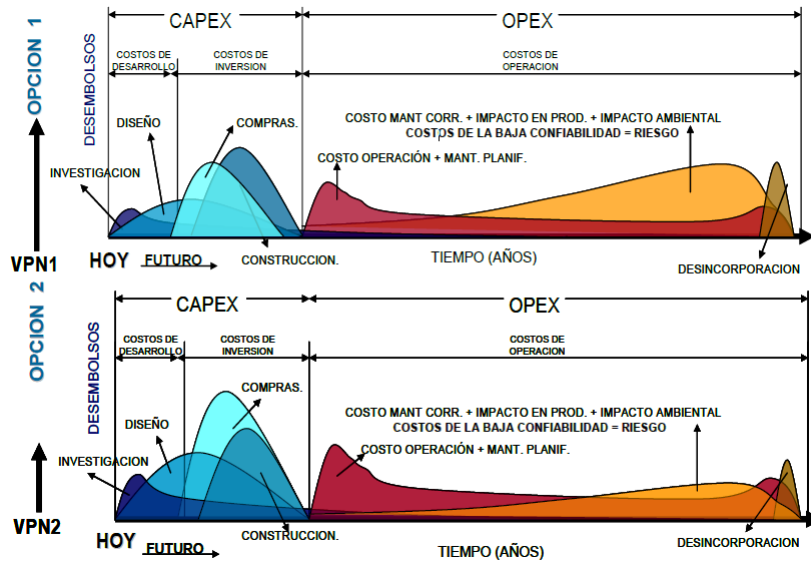


Figura 2.13: Costos a lo largo del ciclo de vida de un activo.

Fuente: Fuenmayor, E (2020). “Selección de un activo físico considerando sus costos en el ciclo de vida”

Van der Lei et al. (2012) en su libro “Asset Management, The State of the Art in Europe from a Life.VTT Technology” argumenta que el análisis del Costo del Ciclo de Vida, calcula el costo de un activo durante toda su vida útil. El análisis incluye costos de

planificación, investigación y desarrollo, producción, operación, mantenimiento y eliminación. El análisis es importante cuando se toman decisiones sobre bienes de capital (reemplazo o nueva adquisición) entre dos o más alternativas.

2.1.2.1. *Fases del ciclo de vida*

AENOR (2017) en la norma “UNE-EN 60300-3- 3:2017. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste del ciclo de vida” define que es fundamental para el concepto del cálculo del costo del ciclo de vida una comprensión básica del ciclo de vida de un activo y de las actividades a realizar durante esas fases. También es esencial la comprensión de las relaciones de esas actividades para el funcionamiento, seguridad, fiabilidad, mantenibilidad y otras características del activo que contribuyen al costo del ciclo de vida. Hay seis fases principales como se observa en la figura 2.14: Concepción y Definición, Diseño y Desarrollo, Fabricación, Instalación, Operación y Mantenimiento y eliminación.

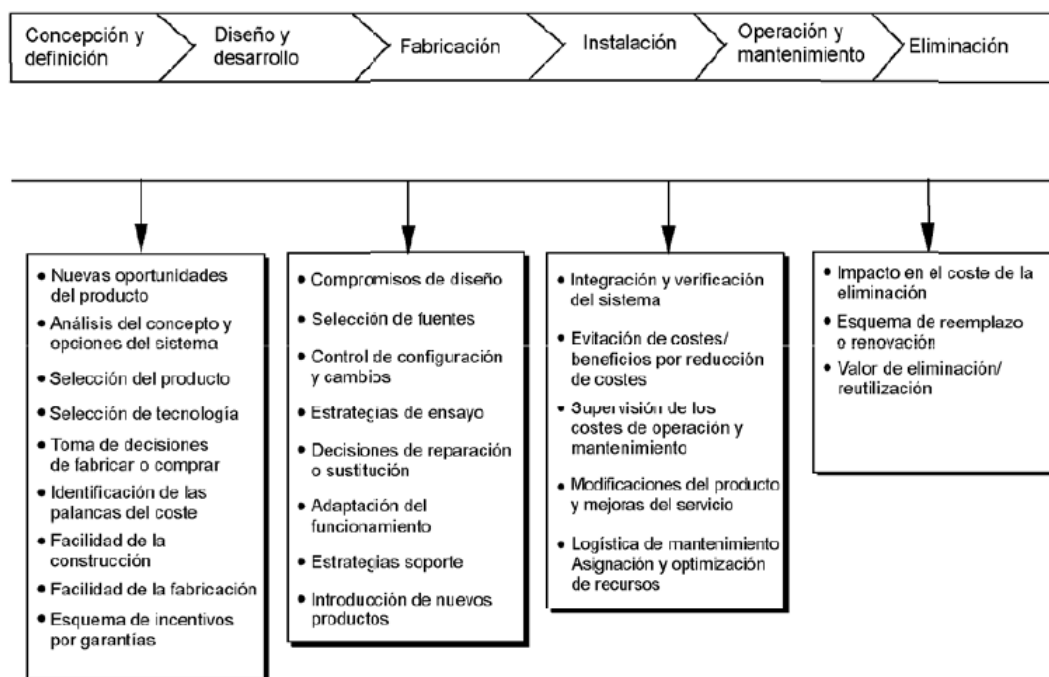


Figura 2.14: Fases del Ciclo de vida de un activo.

Fuente: AENOR (2017). “UNE-EN 60300-3- 3:2017. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste del ciclo de vida”

Se debe seleccionar las fases apropiadas del ciclo de vida o partes o combinaciones de estas fases para adaptarlo a la necesidad de cada análisis en específico. El proceso de cálculo del costo del ciclo de vida es dirigido a todo el ciclo de vida o una parte del mismo. De forma general, los costos totales durante las fases indicadas se dividen en costo de adquisición, costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación.

2.1.2.2. **Proceso del Costo de Ciclo de Vida**

Barringer, P. (2003) en su artículo “A Life Cycle Cost Summary” menciona que varias investigaciones han presentado muchas formas de realizar análisis LCC para diferentes industrias en diferentes fases. La figura 2.15 presenta los pasos típicos para el proceso LCC y comúnmente utilizados en la industria del petróleo y el gas. Sin embargo, estos pasos se modifican e iteran de acuerdo con los objetivos y los recursos disponibles en función de la situación real en esa etapa.

Paso 1: Identificar los tópicos a analizarse y el período de tiempo para el estudio de vida del proyecto junto con los criterios financieros apropiados.

Paso 2: Enfocar las características técnicas a través de las consecuencias económicas para proponer soluciones alternativas.

Paso 3: Desarrollar los detalles de los costos por año considerando la estructura de costos según figura 2.16.

Paso 4: Seleccionar el modelo de costo apropiado, simple discreto, simple con alguna variabilidad para reparaciones y reemplazos, complejo con variaciones aleatorias, etc. de acuerdo a la complejidad del proyecto.

Paso 5: Recopilación de datos, costos de adquisición, operación, mantenimiento y otros costos asociados. Facilita la evaluación completa considerando tanto los aspectos financieros como técnicos.

Paso 6: Sobre la base de los datos y la información recopilados de los pasos anteriores, se producen perfiles de costos para cada alternativa para cada año de estudio a lo largo del ciclo de vida definido.

Paso 7: Elaboración de gráficos de punto de equilibrio para simplificar los detalles en tiempo y dinero en problemas críticos.

Paso 8: Clasificar los elementos de mayor costo en una distribución de Pareto para reconsiderar un estudio adicional.

Paso 9: Este paso facilita el estudio y la identificación de cómo los contribuyentes de costos varían y afectan el costo total. Si un pequeño cambio en el contribuyente de costos da como resultado un gran cambio en el costo total de propiedad, se debe tomar nota y enfocarse para reducir el riesgo de sobre presupuesto.

Paso 10: Estudie la incertidumbre/riesgo de errores o/alternativas para artículos de alto costo como un control de cordura y proporcione retroalimentación a los estudios de LCC de manera iterativa

Paso 11: Es el paso final para el análisis de LCC que se eligen las alternativas más adecuadas. Los ciclos completos permiten que el equipo de ingeniería presente hechos y cifras obtenidas del LCC para una mejor visualización y consideración por parte del equipo de gestión.

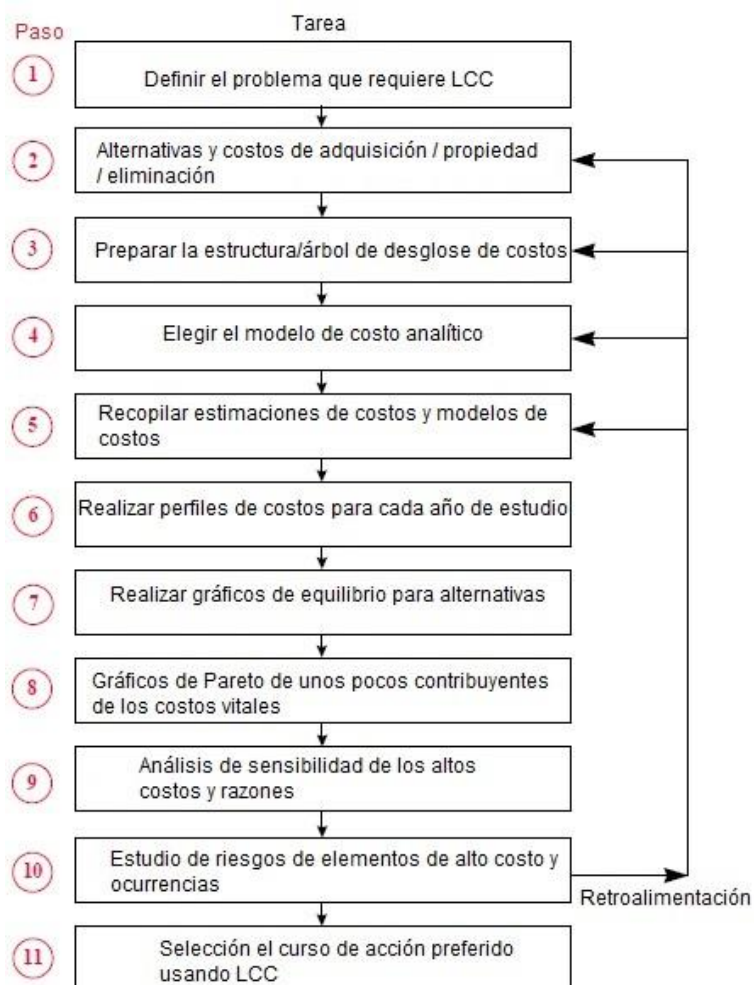


Figura 2.15: Proceso genérico del análisis del costo de ciclo de vida

Fuente: Barringer, P. (2003) "A Life Cycle Cost Summary"

2.1.2.3. *Estructura de desglose de costos y factores de costo*

Chuin (2013) en su trabajo de investigación "Life Cycle Cost for Modification Project" define el árbol de estructura de desglose de costos el cual se observa en la Figura 2.10 y se utiliza como base para obtener y comparar el LCC de varias alternativas, ya que vincula los objetivos y actividades con sus costos y recursos asociados.

Una vez que se han identificado los componentes del costo y se ha desarrollado el árbol de estructura, se proporciona una mejor visibilidad de los elementos que contribuyen al costo. Es relativamente importante que los factores de costo más críticos para el proyecto o la inversión se identifiquen en esta etapa para realizar el análisis LCC con mayor precisión.

Cabe señalar que los componentes por debajo del costo se identifican comúnmente como los principales impulsores de costos para un proyecto:

- **Costo de adquisición**

Implica el precio de venta del activo, componentes de repuesto, instalación, comisionamiento y pruebas.

- **Costo de operación**

Implica costos administrativos operativos, costos operativos funcionales y costos de consumibles como combustible.

- **Costo de mantenimiento**

Implica el costo de las reparaciones o mantenimientos programados y no programados, repuestos, el costo de las instalaciones de mantenimiento, el costo de la mano de obra, el costo de los consumibles, el costo del reemplazo del personal y el costo del tiempo de inactividad del equipo. Estos son los costos para mantener la operatividad y el rendimiento del sistema.

- **Costo de eliminación**

Implica el costo de retirar el activo de operación: Parada del sistema o línea de producción, retirada de servicio, desmontaje y reciclado o eliminación segura.

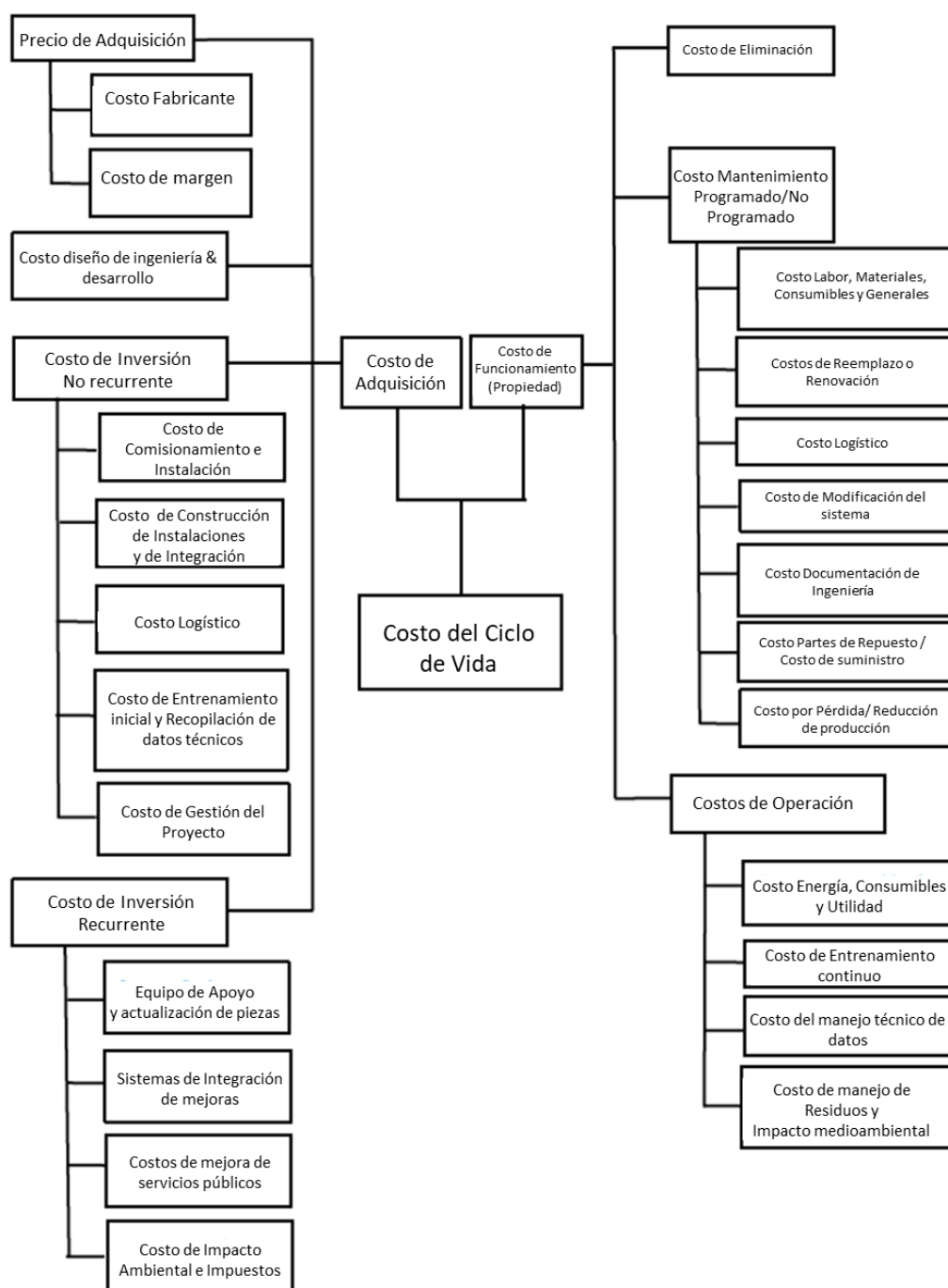


Figura 2.16: Estructura de desglose de los costos del ciclo de vida

Fuente: Barringer, H. P. & Weber, D. (1996). "Life Cycle Cost Tutorial"

2.1.3. Análisis de los costos del ciclo de vida del motor diésel marino

2.1.3.1. *Vida útil de la embarcación pesquera*

Oscar Salazar (2016) en su investigación "Análisis y selección de un sistema de sellado para una bomba de impulsión de lodos basada en la metodología de análisis de costo de ciclo de vida" argumenta que la vida de un sistema (proceso, elemento,

componente, equipo) es definida en términos semejantes a la vida humana, como el promedio de años en el cual se espera que el sistema funcione. Salazar, define el ciclo de vida útil, como el número de años esperados durante los cuales el activo cumplirá sus funciones dentro de los estándares de operación de diseño establecidos.

Alberto Espinoza (2010), en su trabajo de investigación titulado "Determinación de la vida útil de la embarcación pesquera artesanal construida con un tipo de madera en el Puerto del Callao" menciona que la vida útil de una embarcación pesquera de madera se mide en función de distintos parámetros; de acuerdo a la apreciación de la entidad financiera, al interés de la compañía aseguradora, a la realidad económica de cada pescador artesanal y de acuerdo a las condiciones de seguridad humana a bordo. Considerando la duración de los materiales de construcción, el rango de vida útil de una embarcación pesquera artesanal no debe ser mayor de 10 a 15 años.

2.1.3.2. **Costo de Adquisición**

Barringer, P. (2003) en su artículo "A Life Cycle Cost Summary" define los costos al adquirir un activo: Precio de compra, Ingeniería y gastos administrativos, instalación, entrenamiento, modificación, o transporte. Barringer menciona incluir los elementos de costo apropiados y descartar los elementos que no influyen sustancialmente en el análisis.

El costo de adquisición se calcula mediante la ecuación 2.6, el cual principalmente es compuesto por: Precio venta del motor, Costo de accesorios marinos para condiciones Listo para Trabajar o Ready to Work (RTD), Costo de instalación del motor, Costo de componentes de repuestos y Costo de Entrega Técnica el cual consta del comisionamiento, pruebas en tierra y mar del motor en la embarcación.

$$C_a = P_V + C_{ACC} + C_{ACC} + C_{INST} + C_{ET} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Donde:

- C_a : Costo de Adquisición
- P_V : Precio de venta del motor marino
- C_{ACC} : Costo de accesorios marinos para condiciones RTD
- C_{REP} : Costo de Componentes de repuesto a bordo
- C_{INST} : Costo de instalación del motor
- C_{ET} : Costo de Entrega Técnica

La American Bureau of Shipping (2023) en su publicación “Rules for Building and Classing Marine Vessels - Part 4, Vessel Systems and Machinery” lista componentes de reemplazo o piezas de repuestos (llamados también spare parts) para los motores marinos de combustión interna como una guía para las embarcaciones destinadas a un servicio sin restricciones. Disponer los repuestos de reemplazo en reserva, permite al equipo de mantenimiento solucionar rápidamente las averías, reducir el tiempo de inactividad del equipo y garantizar un funcionamiento continuo y sin problemas. Esta guía de componentes de repuestos es mostrada en la tabla 2.4.

El mantenimiento de repuestos a bordo de cada embarcación es responsabilidad del armador o propietario y cuando se utilicen los repuestos descritos, se recomienda suministrar repuestos nuevos lo antes posible. En caso de instalaciones donde se instalen dos o más motores, los repuestos mínimos recomendados solo son necesarios para un motor. Para repuestos de motores controlados electrónicamente, los componentes de repuesto son recomendados por el diseñador/fabricante del motor.

Ítem	Componentes de repuesto (Spare Parts)	Numero recomendado
Cojinetes principales	Cojinetes de bancada o semicojinetes para un cojinete de cada tamaño y tipo montados, completos con calces, pernos y tuercas	1
Bloque de empuje principal	Zapatatas para una cara de bloque de empuje tipo Michell, o	1 juego
	Zapata de empuje completo de metal blanco del tipo de anillo sólido, o	1
	Anillo de rodadura interior y exterior con rodillos, donde se instalan cojinetes de empuje de rodillos	1
Camisa de cilindro	Camisa de cilindro, completa con anillos de unión y juntas	1
Tapa del cilindro	Tapa del cilindro, completa con todas las válvulas, anillos de unión y juntas.	1
	Pernos y tuercas de la tapa del cilindro, para un cilindro	1/2 juego
Válvulas de cilindro	Válvulas de escape, completas con carcassas, asientos, resortes y otros accesorios para un cilindro	2 juegos
	Válvulas de entrada de aire, completas con carcassas, asientos, resortes y otros accesorios para un cilindro	1
	Válvula de aire de arranque, completa con carcasa, asiento, resortes y otros accesorios	1
	Válvulas de combustible de cada tamaño y tipo instaladas, completas con todos los accesorios, para un motor	1 juego
Cojinetes de biela	Cojinetes o semicojinetes del extremo inferior de cada tamaño y tipo montados, completos con calces, pernos y tuercas, para un cilindro	1 juego
	Cojinetes o semicojinetes de extremo superior de cada tamaño y tipo montados, completos con calces, pernos y tuercas, para un cilindro	1 juego
Pistones	Tipo de cruceta: Pistón de cada tipo montado, completo con vástago de pistón, prensaestopas, faldón, anillos, espárragos y tuercas	1
	Pistón tipo tronco: Pistón de cada tipo montado, completo con faldón, anillos, espárragos, tuercas, bulón y biela.	1
Anillos de pistón	Anillos de pistón, para un cilindro	1 juego
Refrigeración de pistones	Tubos, accesorios y sellos de refrigeración telescópicos o su equivalente, para una unidad de cilindro	1 juego
Lubricadores de cilindros	Lubricador, completo, del tamaño más grande, con su transmisión por cadena o engranaje ruedas, o kit de repuesto equivalente	1
Bombas de inyección de combustible	Bomba de combustible completa o cuando sea factible el reemplazo en el mar, un juego completo de piezas de trabajo para una bomba (émbolo, manguito, resortes de válvula, etc.) o una bomba de combustible de alta presión equivalente (por ejemplo, bomba common rail o servobomba esencial para el funcionamiento de Sistema de inyección de combustible)	1
Tubería de inyección de combustible	Tubería de combustible de doble pared de alta presión de cada tamaño y forma equipada, completa con acoplamientos	1 juego
Sopladores de barrido (incluidos los turbocompresores)	Rotores, ejes de rotor, cojinetes, anillos de toberas y ruedas dentadas o piezas de trabajo equivalentes si son de otro tipo	1 juego
Sistema de barrido	Válvulas de aspiración e impulsión para una bomba de cada tipo instalada	1 juego
Reductora y/o marcha atrás	Casquillo de cojinete completo, de cada tamaño instalado en el conjunto de la caja de engranajes	1 juego
	Rodillos o pistas de bolas, de cada tamaño instalados en el conjunto de la caja de engranajes	1 juego

Tabla 2.4: Guía para componentes de repuesto en motores marinos de combustión interna

Fuente: American Bureau of Shipping (2023). "Rules for Building and Classing Marine Vessels - Part 4, Vessel Systems and Machinery"

2.1.3.3. Costo de Operación

Albuquerque F. (2020) en su trabajo de investigación “Selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663, para disminuir los costos operativos en la flota de camiones en la empresa Minera Chinalco Perú S.A.” y Gonzalez A. (2021) en su trabajo “Cálculo del Ciclo de Vida de un motor diésel” define que los costos de operación están conformados por: Costo del operador del activo, el costo de combustible, costo de aceite, costo de refrigerante y otros costos de materiales consumidos en la operación y se calcula mediante la ecuación 2.7.

$$C_O = C_{MO.O} + C_{diesel} + C_{aceite} + C_{cambio\ aceite} + C_{cambio\ refrigerante} + C_{cambio\ bateria} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde:

- C_O : Costo de Operación
- $C_{MO.O}$: Costo de mano de obra (operador)
- C_{diesel} : Costo de consumo de combustible diésel
- C_{aceite} : Costo de consumo de aceite
- $C_{cambio\ aceite}$: Costo de cambio de aceite
- $C_{cambio\ refrigerante}$: Costo de cambio de refrigerante
- $C_{cambio\ bateria}$: Costo de cambio de batería

La ecuación 2.8, expresa el costo de combustible en función del consumo horario promedio del motor según su perfil operativo en gal/h, las horas de operación y el precio venta unitario en USD/gal.

$$C_{diesel} = \dot{v}C_{promedio} \cdot t_{operación} \cdot PV_{diesel} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Donde:

- $\dot{v}C_{promedio}$: Consumo de combustible promedio (gal/h)
- $t_{operación}$: Horas de operación (h)
- PV_{diesel} : Precio venta unitario del Diesel D2 (USD/gal)

La ecuación 2.9, expresa el costo del consumo de aceite inherente en el funcionamiento de un motor diésel. Los fabricantes de motores definen la tasa de consumo de aceite como el porcentaje en volumen de la tasa de consumo de combustible.

$$C_{aceite} = \%CA \cdot \dot{v}C_{promedio} \cdot t_{operación} \cdot PV_{aceite} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Donde: $\%CA$: Tasa de consumo de aceite (porcentaje en volumen de la tasa de consumo de combustible promedio) (%)
 $\dot{v}c_{promedio}$: Consumo de combustible promedio (gal/h)
 $t_{operación}$: Horas de operación (h)
 PV_{aceite} : Precio venta unitario del aceite 15W-40 (USD/gal)

El costo de aceite por cambios periódicos (mantenimientos preventivos) es expresado por volumen de aceite total para el sistema de lubricación del motor y el precio venta unitario (USD/gal). Se expresa en la ecuación 2.10.

$$C_{cambio\ aceite} = V_{aceite\ motor} \cdot PV_{aceite} \quad \text{Ecuación 2.10}$$

Donde: $V_{aceite\ motor}$: Volumen de aceite total para el sistema de lubricación del motor (gal)
 PV_{aceite} : Precio venta unitario del aceite 15W-40 (USD/gal)

El costo de refrigerante por cambios periódicos (mantenimientos preventivos) es expresado por volumen de refrigerante total para el sistema de refrigeración (motor, enfriador de quilla, tuberías de conexión entre ambos y tanque de expansión) multiplicado por el precio venta unitario (USD/gal). Se expresa en la ecuación 2.12.

$$C_{cambio\ refrigerante} = (V_{r,motor} + V_{r,externo}) \cdot PV_{refrigerante} \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Donde: $V_{r,motor}$: Volumen de refrigerante del motor (gal)
 $V_{r,externo}$: Volumen de refrigerante externo (Enfriador de quilla, tuberías y tanque de expansión) (gal)
 $PV_{refrigerante}$: Precio venta unitario del refrigerante (USD/gal)

El costo de baterías por cambios periódicos (mantenimientos preventivos) es expresado por la cantidad de baterías que utiliza el motor multiplicado por el precio venta unitario (USD/unidad). Se expresa en la ecuación 2.12.

$$C_{cambio\ bateria} = Q_{b,m} \cdot PV_{bateria} \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Donde: $Q_{b,m}$: Cantidad de baterías que utiliza el motor (unidad)
 $PV_{bateria}$: Precio venta unitario de batería (USD/unidad)

2.1.3.4. **Costo de Mantenimiento**

Moubray J. (2004) en su libro “RCM 2: Reliability-centered Maintenance”, define el reacondicionamiento cíclico como una refabricación o reparación de un componente o conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento. La sustitución cíclica implica sustituir un componente antes de un límite de edad específico, más allá de su condición en ese momento. Ambas tareas, reacondicionamiento y sustitución cíclica, son conocidos como mantenimiento preventivo o programado, respectivamente.

La ecuación 2.13 muestra la fórmula para el cálculo del costo de mantenimiento preventivo expresado por el costo de mano de obra técnica, costo de reparación de componentes y costo de repuestos nuevos.

$$C_{MP} = C_{MO,MP} + C_{RC,MP} + C_{REP,MP} \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Donde:

- C_{MP} : Costo de Mantenimiento Preventivo
- $C_{MO,MP}$: Costo de mano de obra (mantenedor)
- $C_{RC,MP}$: Costo de reparación de componentes (reacondicionamiento cíclico)
- $C_{REP,MP}$: Costo de repuestos nuevos (sustitución cíclica)

Siempre que sea posible, los datos históricos son preferibles a los datos teóricos de los proveedores. El costo de cada evento y los costos totales de estas fallas inesperadas se estima de la misma manera que los costos calculados para los mantenimientos de rutina.

El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades conducentes a la corrección de las fallas y anomalías en los activos a medida que se van presentando y con el activo fuera de servicio. Parra C. (2022), en su artículo “Técnica de Análisis de Costos de Ciclo de Vida (ACCV)” define el cálculo de costo por falla según la ecuación 2.14 normalmente dado como valor Anualizado. La tasa de fallos considerada es constante, por lo cual el impacto en costos es igual en todos los años.

$$C_{MC} = \sum_{i=0}^m n_f \cdot MTTR \cdot C_f \quad \text{Ecuación 2.14}$$

Donde:

- C_{MP} : Costo de Mantenimiento Correctivo (\$/año)
- n_f : Frecuencia de ocurrencia de cada modo de falla para el año n (fallas/año)
- $MTTR$: Mean Time to Repair. Tiempo Promedio para Reparar (horas)
- C_f : Costo horario para la reparación del modo de falla (\$/hora)
- m : Número de modos de falla que ocurren al año

El costo de mantenimiento total se calcula mediante la ecuación 2.15, el cual es la suma de costos del mantenimiento preventivo y correctivo.

$$C_M = C_{MP} + C_{MC} \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Donde:

- C_M : Costo de Mantenimiento
- C_{MP} : Costo de mantenimiento preventivo
- C_{MC} : Costo de mantenimiento correctivo

2.1.3.5. **Costo de Eliminación**

La Asociación Española de Normalización y Certificación (2017), en la norma “UNE-EN 60300-3- 3:2017. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste del ciclo de vida” define que, en la fase de Eliminación, se incluyen principalmente los costos de desmantelamiento (desmontaje), retirada de servicio y eliminación del activo, la cual se representa en la ecuación 2.16. El valor de salvamento (también llamado valor residual) también se incluyen esta fase, y es aquella parte del costo de un activo que se espera recuperar mediante su venta al final de su vida útil.

$$C_E = C_{DESM} + C_{RS} + C_{EMA} - V_S \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Donde:

- C_E : Costo de Eliminación
- C_{DESM} : Costo de desmantelamiento (desmontaje)
- C_{RS} : Costo de retirada de servicio
- C_{EMA} : Costo de eliminación medioambiental del activo
- V_S : Valor de Salvamento

Los activos se desgastan durante su vida útil, por lo tanto, se devalúan. Para cubrir esta devaluación progresiva, cuya acumulación durante su vida económica se denomina depreciación, el activo debe proporcionar fondos para adquirir otra en reemplazo. El Ministerio de Economía y Finanzas (2020) en el “Decreto Legislativo N°1488” establece una tasa anual de depreciación hasta un máximo de 20% para maquinaria y equipos. El valor de salvamento, se define como el valor de reventa que tendrá el activo al final de su vida útil. Se calcula mediante la ecuación 2.17 y se basa en la depreciación acumulada para calcular el valor de la depreciación año a año a través del ciclo de vida del motor marino. La depreciación para un año “n” se calcula mediante la ecuación 2.18.

$$V_s = P_v \times (1 - i)^n \quad \text{Ecuación 2.17}$$

Donde: V_s : Valor de salvamento del motor marino al final de su vida útil
 P_v : Precio de venta del motor marino
 i : Tasa de depreciación anual
 n : Numero de periodos (años)

$$D_n = P_v \times i \times (1 - i)^{n-1} \quad \text{Ecuación 2.18}$$

Donde: D_n : Valor de depreciación en el año “n”
 P_v : Precio de venta del motor marino
 i : Tasa de depreciación anual
 n : Numero de periodos (años) en el cual se desea calcular

2.1.3.6. **Indicadores económicos**

2.1.3.6.1. *Costo del Ciclo de Vida*

Como se argumentó en la sección 2.1.2.2, el proceso de cálculo del costo del ciclo de vida es dirigido a todo el ciclo de vida o una parte del mismo. De forma general, estos se dividen en costo de adquisición, costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación y este se calcula mediante la ecuación 2.19. Estos costos, deberán trabajarse como Valor Presente y sumados obteniendo el Valor Presente Neto, los cuales se detallarán líneas abajo.

$$CCV = Costo_{adquisición} + Costo_{operación} + Costo_{mantenimiento} + Costo_{eliminación} \quad \text{Ecuación 2.19}$$

Arana (2020) en su libro “Matemáticas Financieras Básicas” argumenta que el valor del dinero hoy y el valor del dinero que será gastado en un futuro, no son iguales, a esto se le conoce como valor del dinero en el tiempo. Los costos que ocurren en diferentes etapas durante la vida útil del motor no se comparan directamente, debido a la variación del valor del dinero en el tiempo. Se debe descontar o traerse a su valor actual mediante la ecuación 2.20.

$$VP = \frac{VF}{(1 + i)^n} \quad \text{Ecuación 2.20}$$

Donde: VP : Valor presente (USD)
 VF : Valor futuro en el año n (USD)
 i : Tasa de descuento (%)
 n : Numero o periodos de año

García (2013) en su libro “Contabilidad de Costos” define que la tasa de descuento es la tasa de interés que representa el valor del dinero a través del tiempo. Existen vasta bibliografía y métodos para determinar la tasa de descuento. No existe un método único estándar y frecuentemente la selección de la tasa de descuento es una decisión propia de la organización, por la cual variará entre las diferentes organizaciones públicas y privadas.

Welch (2017) en su libro “Corporate Finance” establece que uno de los métodos que emplean el valor del dinero en el tiempo para la evaluación de la tecnología de motores es el Valor Presente Neto. El cálculo del VPN implica la valoración tanto de los costos como de los beneficios. Cuando solo se tienen en cuenta los flujos de costos, el valor actual neto de los costos durante el período de vida útil del motor se expresa mediante la ecuación 2.21. El VPN se utiliza para comparar el desempeño de costos de tecnologías de motores. El motor diésel con el VPN más bajo es seleccionado.

$$VPN = \sum_{n=0}^N \frac{VF_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación 2.21}$$

Donde: VPN : Valor Presente Neto (USD)
 VF_n : Valor futuro en el n-ésimo año (USD)
 i : Tasa de descuento (%)
 n : Referido a un año específico de la vida útil del motor
 N : Vida útil del motor (años)

2.1.3.6.2. Costo Total de Propiedad

Galar et. Al (2017) en su libro “Maintenance Costs and Life Cycle Cost Analysis” menciona que los propietarios, usuarios y administradores deben tomar decisiones sobre la adquisición y el uso continuo de muchos activos diferentes, incluidos los equipos y las instalaciones que los albergan. El costo adquisición suele estar claramente definido y generalmente es un factor clave que influye en la elección del activo, dada una serie de alternativas entre las cuales seleccionar.

Sin embargo, el costo adquisición es sólo una parte de los costos a lo largo del ciclo de vida de un activo que debe considerarse para tomar la decisión correcta de inversión en activos. Como se indicó anteriormente, el proceso de identificar y documentar todos los costos involucrados durante la vida de un activo se llama Costo del Ciclo de Vida (LCC). Un concepto relacionado, el Costo Total de Propiedad o Total Cost of Ownership (TCO), se refiere a todos los costos asociados con el uso de activos (costos de operación y mantenimiento) y se calcula mediante la ecuación 2.22. El TCO de un activo suele ser mucho mayor que el costo de adquisición y varía significativamente entre varias soluciones posibles diferentes que satisfacen una necesidad operativa determinada.

$$TCO = C_O + C_M \quad \text{Ecuación 2.22}$$

Donde: TCO : Costo Total de Propiedad
 C_O : Costo de Operación
 C_M : Costo de Mantenimiento

García (2013) en su libro “Contabilidad de Costos” argumenta que el costo operativo, o también llamado costo de producción, son los costos originados en el proceso de transformar las materias primas en productos finales. El costo unitario de producción (o

simplemente, costo unitario) se calcula al dividir el costo total de producción entre el total de unidades producidas, como se observa en la ecuación 2.23.

$$C_u = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Unidades totales producidas}} \quad \text{Ecuación 2.23}$$

2.2. Marco conceptual

Activo: Recurso tangible que permite obtener beneficios económicos a futuro.

Vida: Intervalo de tiempo entre la concepción del activo y su eliminación.

Operación: Fase de la vida del activo en el cual se transforman insumos o recursos en productos finales, bienes o servicios.

Mantenimiento: Conjunto de actividades necesarias para lograr un óptimo funcionamiento del activo.

Refrigerante: Fluido que se utiliza principalmente para absorber el calor producido en un motor de combustión interna.

Aceite: Fluido que se utiliza principalmente para lubricar un motor de combustión interna

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Datos operativos de embarcaciones de pesca industrial de madera

El objetivo del presente trabajo de investigación es disminuir los costos operativos de las embarcaciones pesqueras mediante la selección de un motor diésel para la propulsión del mismo, basado en los Costos del Ciclo de Vida cuya finalidad es obtener una selección más rentable entre diferentes alternativas. Este análisis de costos depende del perfil operativo, y este a su vez depende del tipo de embarcación pesquera (pesca industrial, pesca artesanal o pesca deportiva).

Una de las principales aplicaciones de los motores marinos en el Perú es el sector de la pesca industrial de anchoveta para propulsar embarcaciones pesqueras de madera, comúnmente llamadas “vikings”, como se observa en la figura 3.1. En la presente investigación, ambos motores son seleccionados para aplicarse en embarcaciones pesqueras industriales de madera con una capacidad de bodega de entre 90-110 m³ y eslora de entre 20-26 metros construidas principalmente en los astilleros del norte del Perú en los distritos de San José y Sechura, ubicados en Lambayeque y Piura, respectivamente. Utilizan una potencia del motor en el rango de 600-650HP para alcanzar velocidades en la embarcación de 10-11 nudos en vacío.



Figura 3.1: Construcción de embarcación de madera de 100 toneladas destinada a la pesca industrial de anchoveta.

En Perú, las temporadas de pesca están reguladas por el Ministerio de la Producción (Produce) y se establecen principalmente para proteger el recurso de la anchoveta y asegurar la sostenibilidad de la pesca. Las temporadas de pesca varían de acuerdo a la biomasa disponible y a las recomendaciones del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). La zona Norte-Centro presenta 2 temporadas: Primera Temporada, generalmente se apertura en el primer semestre del año, entre abril y julio y la Segunda Temporada, la cual se apertura en el segundo semestre del año, entre noviembre y enero del año siguiente. Para embarcaciones de pesca industrial de madera, estas temporadas tiene una duración promedio de 25-30 días cada una y poseen una cuota de pesca (Límite Máximo de Captura por Embarcación) de 2300 Toneladas métricas en promedio por temporada, estos basado según Resolución Directoral N.º 00252-2024-PRODUCE/DGPCHDI.

El proceso de pesca cuenta con modos de operación donde el motor presenta distintos requerimientos de potencia y velocidad. Estos modos de operación son los siguientes:

- Salida/Entrada a puerto: Navegación a velocidad variable en las zonas cercanas a puerto, alterna entre propulsión a velocidad nominal y motor en mínimo.
- Navegación: Navegación hacia/desde zona de pesca, acelerando a máxima velocidad o valores cercanos, la mayor parte del tiempo (la potencia desarrollada es similar con o sin carga en bodegas, lo que varía es la velocidad desarrollada por la embarcación, referencia reporte de pruebas de mar.
- Búsqueda: Navegación en zona de pesca, velocidad variable y reducida, alternada con breves detenciones
- Cala: faena de pesca, no se propulsa, potencia destinada a equipos hidráulicos.
- Espera: Periodos en los que el motor opera sin carga (descanso de personal, espera a reparaciones u otro tipo de trabajos)
- Descarga: Descarga de la captura en chata.

Se recopiló información del tiempo (horas) y velocidades (RPM) de operación de las embarcaciones de madera destinadas a la pesca industrial con una capacidad de bodega de 90-110 m³ en los registros históricos de ventas y pruebas de mar/entrega técnica con motores KTA19 de la empresa Cummins Perú. En la tabla 3.1 se muestran los modos de operación, tiempo de operación y el promedio en horas para una muestra de 10 embarcaciones.

Modos de operación	Tiempo de operación en cada etapa del proceso de pesca (h)										
	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5	EP6	EP7	EP8	EP9	EP10	Promedio
Salida/Ingreso a Puerto	1.2	1	1.1	1.1	1.2	1	1.1	1	0.9	1	1.1
Navegación	7.7	8.5	9.4	8.6	8	9.4	8.5	9.1	8.3	9.2	8.7
Búsqueda	6.1	7.2	6.1	7.4	6.7	6	6.2	5.7	5.7	5.6	6.3
Cala	4.3	4.7	4.9	4.2	4.3	4.1	5.3	4.6	5	4	4.5
Espera	0.9	0.9	1	1.2	0.9	0.9	0.8	1.2	1.1	1.1	1.0
Descarga	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
Duración del proceso	20.6	22.7	23.1	23.1	21.7	21.9	22.4	22.0	21.5	21.4	22.1

Tabla 3.1: Tiempo de operación en un proceso de pesca de una embarcación de 100-110 m³ con motor marino diésel de 600HP.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.2 se muestran los modos de operación y las velocidades en RPM del motor para una muestra de 10 embarcaciones.

Modos de operación	Velocidad del motor en cada etapa del proceso de pesca (RPM)										
	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5	EP6	EP7	EP8	EP9	EP10	Promedio
Salida/Ingreso a Puerto	1510	1540	1510	1470	1540	1470	1490	1540	1500	1450	1500
Navegación	1770	1760	1790	1770	1760	1760	1800	1760	1790	1790	1780
Búsqueda	1610	1560	1630	1620	1570	1630	1550	1620	1620	1560	1600
Cala	1160	1160	1190	1170	1170	1160	1160	1180	1150	1170	1170
Espera	660	670	660	660	660	650	660	670	670	670	660
Descarga	1180	1200	1150	1160	1190	1170	1190	1170	1170	1180	1180

Tabla 3.2: Velocidad del motor en un proceso de pesca de una embarcación de 100-110 m³ con motor marino diésel de 600HP.

Fuente: Elaboración propia

Adicional a los modos descritos, se realiza 4 pruebas de mar en cada temporada de pesca (02 pruebas antes y 02 pruebas después de la temporada) con duración de 8 horas a una velocidad nominal de 1800RPM para asegurar el funcionamiento correcto del motor y accesorios de pesca de la embarcación (los cuales no figuran en las tablas mostradas, debido a que no forman parte inherente de un proceso de pesca). La tabla 3.1 y tabla 3.2 se utilizaron para el determinar el perfil operativo de una embarcación pesquera y obtener el factor de potencia y el consumo de combustible, con el fin de determinar horas de funcionamiento anual y costos de operación y mantenimiento.

De la información recolectada, se utilizó para determinar el perfil de operativo de una embarcación pesquera y obtener el factor de potencia del motor y el consumo horario de combustible promedio, para determinar las horas de funcionamiento anual y costos de operación y mantenimiento, descritas en la sección 3.3.1.

Las horas de funcionamiento anual del motor marino permitieron proyectar los costos de operación, mantenimiento y eliminación en un horizonte de evaluación de 15

años (2023-2037) según la vida útil de una embarcación pesquera de madera, para realizar el análisis LCC de ambos modelos de motores marinos.

De acuerdo a la información recopilada en la tabla 3.1 y tabla 3.2, los cuales describen el tiempo y velocidades de operación del motor en un proceso de pesca de una embarcación de 100-110 m³ con motor marino diésel de 600HP, se determina el perfil operativo con el fin de obtener el uso anual (horas) y el factor de potencia (severidad de uso) de los motores KTA19 y X15.

Como ejemplo de cálculo, se desarrolló el cálculo matemático para el modo de operación “Navegación” para el motor KTA19, el cual, dentro del proceso de pesca, posee mayor duración y entrega de potencia al freno. Se presenta a continuación:

- Según la tabla 3.3, el modo de operación “Navegación” presenta una duración promedio de 8.7 horas y una velocidad promedio del motor de 1780 RPM. Así mismo, se muestra la duración total promedio del modo “Navegación” es 218h (8.7h multiplicado por la frecuencia o duración de la temporada de pesca, 25 días). También, se muestra las horas totales de operación del motor en una temporada de pesca el cual es 584.5 h. La columna “Porcentaje del total del tiempo de operación (%)” se obtiene dividiendo las 218h entre 584.5 h, obteniendo 37.2% para este modo de operación.
- La columna “Potencia” se obtiene utilizando la ecuación 2.1, curva de potencia teórica de la hélice, considerando que la potencia máxima y velocidad nominal es de 600HP y 1800RPM, respectivamente, y se considera $n=3$ por ser una embarcación de desplazamiento (embarcación pesquera).

$$P_{HP} = \left(\frac{600 \text{ HP}}{(1800 \text{ RPM})^3} \right) \times (1780 \text{ RPM})^3 = 580 \text{ HP}$$

- El consumo de combustible horario a 1780RPM se obtiene gráficamente de la figura 3.2 el cual se obtiene graficando los datos de consumo de combustible definidos en la hoja técnica del motor del fabricante como se observa en la figura 3.3. A 1780 RPM se obtiene un consumo horario de combustible de 28.6 gal/h.

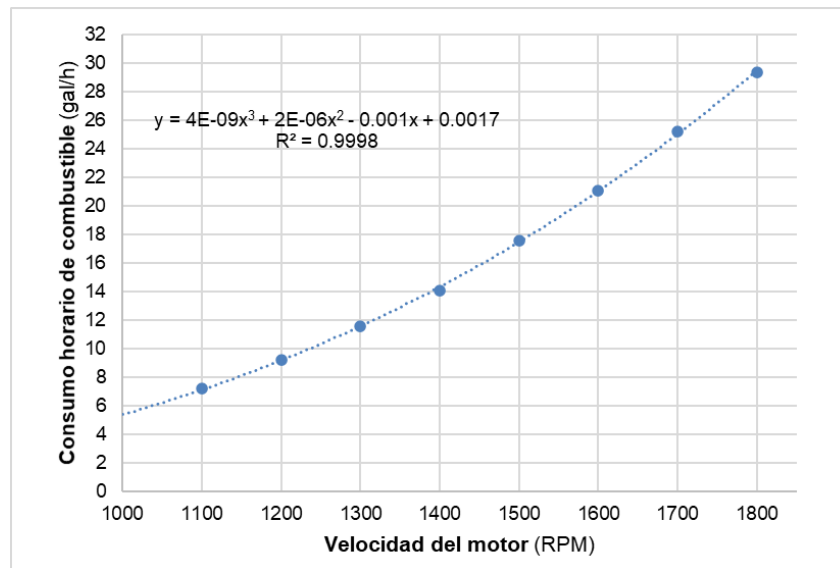


Figura 3.2: Consumo horario de combustible en función de la velocidad del motor KTA19

Fuente: Elaboración propia

Speed	Full Throttle- Power		Full Throttle- Torque		Fuel Cons.- Prop. Curve 3.0 Exp.	
	rpm	kw (hp)	N·m (ft·lb)		L/hr (gal/hr)	
	1860	447 (600)	2297 (1694)			
	1800	447 (600)	2374 (1751)		111.1	(29.4)
	1700	451 (605)	2535 (1870)		95.3	(25.2)
	1600	437 (586)	2610 (1925)		79.9	(21.1)
	1500	420 (563)	2671 (1970)		66.5	(17.6)
	1400	393 (527)	2680 (1977)		53.4	(14.1)
	1300	355 (475)	2604 (1921)		44.0	(11.6)
	1200	314 (421)	2499 (1843)		34.8	(9.2)
	1100	257 (345)	2230 (1645)		27.3	(7.2)

Figura 3.3: Potencias teóricas de la hélice y consumos de combustibles según RPM del motor KTA19

Fuente: Cummins Inc. (2009). "FR4197 KTA19-M3 Marine Performance Curves" (Cummins Inc., 2009)

- El factor de potencia instantáneo del modo operación tratado, se calcula mediante la Ecuación 2.2.

$$FP_{Navegación} = \frac{580 \text{ HP}}{600 \text{ HP}} \times 100\% = 96.7\%$$

- El factor de potencia promedio del modo de operación tratado respecto a todo el perfil operativo, se calcula mediante la Ecuación 2.3

$$FP_{prom,navegación} = 96.7\% \times 37.2\% = 36.0\%$$

- Mediante el cálculo mostrado anteriormente para el modo de operación “Navegación”, se realizó igualmente para los otros modos de operación que componen el perfil operativo.
- Para el cálculo del factor de potencia y consumo horario promedio del perfil operativo mostrado, se emplean la Ecuación 2.3 y Ecuación 2.4, obteniéndose 69.2% y 20.7 gal/h, respectivamente.

$$FP_{prom} = (57.9\% \times 4.7\%) + (96.7\% \times 37.2\%) + (70.2\% \times 26.9\%) + (27.5\% \times 19.2\%) \\ + (4.9\% \times 4.3\%) + (28.2\% \times 2.1\%) + (100\% \times 5.5\%) = \mathbf{69.2\%}$$

$$\dot{v}_{c,prom} = \left(17.6 \frac{gal}{h} \times 4.7\%\right) + \left(28.6 \frac{gal}{h} \times 37.2\%\right) + \left(21.1 \frac{gal}{h} \times 26.9\%\right) \\ + \left(8.5 \frac{gal}{h} \times 19.2\%\right) + \left(1.5 \frac{gal}{h} \times 4.3\%\right) + \left(8.8 \frac{gal}{h} \times 2.1\%\right) \\ + \left(29.4 \frac{gal}{h} \times 5.5\%\right) = \mathbf{20.7 \text{ gal/h}}$$

En la tabla 3.3 y tabla 3.4 se observan el perfil operativo, el factor de potencia promedio y consumo horario de combustible promedio de una embarcación pesquera industrial de madera con motor KTA19 y X15, respectivamente. Se observa que ambos motores presentan el mismo factor de potencia, ya que poseen igual condición operativa: embarcación y ciclo de trabajo. La diferencia entre ambos, es el consumo promedio de combustible, dado que, si bien entregan la misma potencia nominal, 600HP a 1800RPM, el consumo horario es diferente en cada RPM de operación, esto debido a que los motores presentan tecnologías diferentes detallados en la sección 3.2.

El factor de potencia promedio permite obtener el TBO aproximado del motor según la Ecuación 2.5. Según ficha técnica del fabricante el combustible quemado hasta el overhaul para el motor KTA19 es de 275,000 gal y para el X15 es de 265,000 gal.

$$TBO_{KTA19} = \frac{275,000 \text{ gal}}{69.2\% \times 29.4 \text{ gal/h}} = 13,517h$$

$$TBO_{X15} = \frac{265,000 \text{ gal}}{69.2\% \times 28.8 \text{ gal/h}} = 13,297h$$

Por lo tanto, cada motor debe tener su reparación mayor (overhaul) según las horas calculadas. Para efecto de comparación y uniformizar los mantenimientos preventivos en ambos motores, se consideró un overhaul a las 12,000h de operación.

Las horas totales de operación por temporada de pesca (584.5h) mostradas en la tabla 3.3 y tabla 3.4 permitirán calcular las horas operativas anuales y las horas operativas acumuladas por año, la cual permitirá distribuir los costos que incurren a lo largo del ciclo de vida del motor en el horizonte de evaluación de 15 años.

Proceso de pesca	Duración Promedio (h)	Frecuencia	Duración Promedio total del modo de operación (h)	Porcentaje del total del tiempo de operación (%)	Velocidad de motor promedio (RPM)	Potencia teórica de la hélice (HP)	Consumo horario de combustible (gal/h)	Porcentaje de Potencia Nominal o Factor de potencia instantáneo (%)	Factor de Potencia (%)
Salida/Ingreso a Puerto	1.1	25	28	4.7%	1500	347	17.6	57.9%	2.7%
Navegación	8.7	25	218	37.2%	1780	580	28.6	96.7%	36.0%
Búsqueda	6.3	25	158	26.9%	1600	421	21.1	70.2%	18.9%
Cala	4.5	25	113	19.2%	1170	165	8.5	27.5%	5.3%
Espera	1	25	25	4.3%	660	30	1.5	4.9%	0.2%
Descarga	0.5	25	13	2.1%	1180	169	8.8	28.2%	0.6%
Pruebas de mar Pre y Pos temporada	8	4	32	5.5%	1800	600	29.4	100.0%	5.5%
Horas totales de operación en una temporada de pesca			584.5		Consumo promedio ponderado de combustible		20.7	Factor de potencia	69.2%

Tabla 3.3: Resumen del perfil operativo con motor Cummins KTA19

Fuente: Elaboración propia

Proceso de pesca	Duración Promedio (h)	Frecuencia	Duración Promedio total del modo de operación (h)	Porcentaje del total del tiempo de operación (%)	Velocidad de motor promedio (RPM)	Potencia teórica de la hélice (HP)	Consumo horario de combustible (gal/h)	Porcentaje de Potencia Nominal o Factor de potencia instantáneo (%)	Factor de Potencia (%)
Salida/Ingreso a Puerto	1.1	25	28	4.7%	1500	347	16.7	57.9%	2.7%
Navegación	8.7	25	218	37.2%	1780	580	27.6	96.7%	36.0%
Búsqueda	6.3	25	158	26.9%	1600	421	19.8	70.2%	18.9%
Cala	4.5	25	113	19.2%	1170	165	8.1	27.5%	5.3%
Espera	1	25	25	4.3%	660	30	1.7	4.9%	0.2%
Descarga	0.5	25	13	2.1%	1180	169	8.3	28.2%	0.6%
Pruebas de mar Pre y Pos temporada	8	4	32	5.5%	1800	600	28.8	100.0%	5.5%
Horas totales de operación en una temporada de pesca			584.5		Consumo promedio ponderado de combustible		19.8	Factor de potencia	69.2%

Tabla 3.4: Resumen del perfil operativo con motor Cummins X15

Fuente: Elaboración propia

3.2. Datos técnicos de los motores marinos diésel KTA19 y X15

Para la selección del motor diésel en base a sus costos de ciclo de vida, se recopiló información de los principales parámetros operativos y características técnicas de los motores marinos Cummins KTA19 y X15 según la ficha técnica de cada motor brindada por el fabricante el cual se observa en la tabla 3.5. En el Anexo 2 y 3, se adjuntan las fichas técnicas de cada modelo de motor, KTA19 y X15, respectivamente.

Los motores KTA19 y X15, como se observa en la figura 3.4 y figura 3.5, cuentan con un sistema inyección de combustible y control mecánica y electrónica, respectivamente, ofrecen potencias nominales a un rating continuo de 600HP y una velocidad nominal de 1800RPM. Son diseñados para instalarse en embarcaciones de transporte de carga, transporte de pasajeros, remolcadores de puerto, empujadores fluviales y embarcaciones de pesca. En el norte del Perú, son empleados para propulsar embarcaciones pesqueras industriales de madera con una capacidad de bodega de entre 90-110 m³.

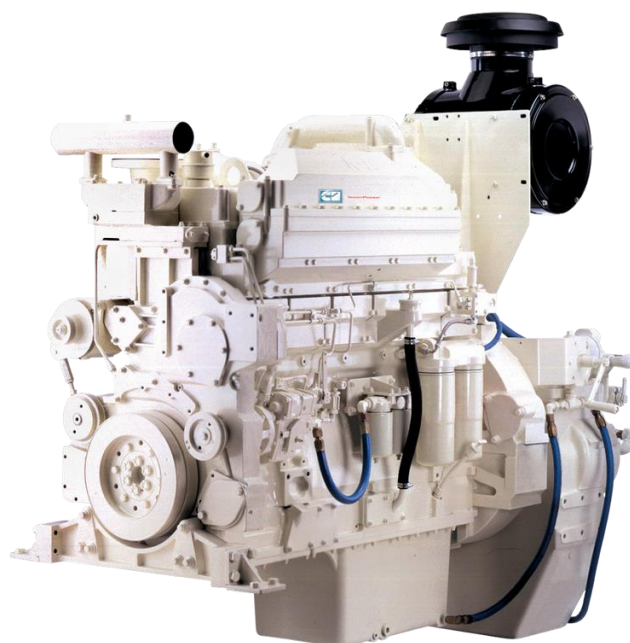


Figura 3.4: Motor Marino Cummins modelo KTA19 con sistema de inyección y control mecánica.

Fuente: Cummins Inc. (2023). "Cummins Marine Product Guide"

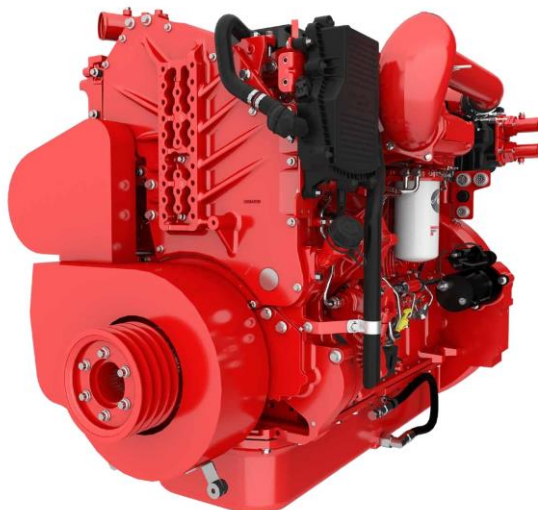


Figura 3.5: Motor Marino Cummins modelo X15 con sistema de inyección y control electrónica.

Fuente: Cummins Inc. (2023). "Cummins Marine Product Guide"

El motor KTA19 cuenta con sistema mecánico de inyección de combustible denominado Pressure Time (PT, por sus siglas en inglés). La cantidad de combustible inyectado depende de la presión (una bomba mecánica de engranajes suministra la presión de combustible a los inyectores) y el tiempo de inyección (velocidad del motor). El motor X15 cuenta con sistema electrónico de inyección de combustible, es del tipo Common Rail y posee una ECU, el cual gestiona la sincronización del motor y el suministro de combustible, así como también regula las emisiones y mantiene la eficiencia del combustible. Procesa datos de sensores en todo el motor para realizar ajustes en tiempo real a las operaciones del mismo y lograr un rendimiento óptimo.

El motor electrónico X15 posee un consumo de combustible nominal menor, una mayor densidad de potencia y cumple con regulaciones de emisiones IMO2. También, posee una menor cantidad de liberación de calor para su refrigeración, el cual permite construir e instalar un enfriador de quilla más pequeño en la embarcación. Sin embargo, su costo de adquisición es mayor al motor mecánico KTA19 y posee mayor volumen de aceite y refrigerante el cual conlleva mayores costos operativos debido a los cambios periódicos de dichos fluidos el cual se presentará en la sección 3.3.1.2.

Descripción	Unidad	Modelo motor Cummins	
		KTA19	X15
Consumo de combustible nominal	gal/h (L/h)	29.4 (111.9)	28.8 (108.9)
Potencia Nominal	BHP (kW)	600 (447)	600 (447)
Velocidad Nominal	RPM	1800	1800
Consumo de aceite promedio (porcentaje volumétrico del consumo promedio de combustible)	%	0.07	0.05
Volumen de aceite del motor	gal (L)	21.5 (81.4)	24 (90.8)
Volumen de refrigerante del motor	gal (L)	8.0 (30.3)	8.75 (33.1)
Cilindrada o Desplazamiento	L	18.9	14.9
Relación de compresión	-	13.8:1	17.1:1
Peso	kg	2073	1724
Medidas			
Largo	mm	1907	1712
Ancho	mm	997	1121
Alto	mm	1954	1234
Norma de Emisión de Contaminantes	-	IMO 1	IMO 2
Sistema de inyección y control	-	Mecánico	Electrónico
Calor Liberado	kW	341	262

Tabla 3.5: Datos técnicos de los motores marinos Cummins KTA19 y X15

Fuente: Elaboración propia

3.3. Selección de motor diésel basado en el costo del ciclo de vida

En esta sección, se analiza el proceso de selección del motor marino diésel considerando el costo de ciclo de vida (LCC). La selección no se basa únicamente en el costo de adquisición inicial, sino que toma en cuenta los costos totales que incurren durante la vida útil del motor. El objetivo de esta sección es cuantificar y analizar el costo de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación de dos motores marinos Cummins KTA19 y X15 que permitan seleccionar el motor más rentable a lo largo de su ciclo de vida, ofreciendo una evaluación integral que ayude a la toma de decisiones basada en datos financieros y operativos.

3.3.1. Cuantificación y análisis de costos en el ciclo de vida de los motores KTA19 y X15

3.3.1.1. Costos de Adquisición

En la tabla 3.6 y tabla 3.7, se muestran todos los costos que incurren en el costo de adquisición del motor KTA19 y X15, el cual es calculado mediante la ecuación 2.6. Esta información fue recolectada de la base de datos de costos y precios de la empresa Cummins Perú en la plantilla de costos del Anexo 4 y 5. Se ha tomado una contingencia del 5% respecto al costo total de adquisición debido a una posible variabilidad económica en el periodo de compra (actualidad económica, riesgo e inflación), esto acorde a políticas internas de Cummins Perú.

Cummins Perú ofrece soluciones integrales en la venta de sus productos. Esto significa que, en adición al precio de venta (precio comercial), se incluyen los siguientes costos importantes para la operatividad de ambos motores: Accesorios marinos que se instalan en los diferentes sistemas periféricos del motor que no están incluidos en el kit de accesorios provistos desde la planta de fabricación EE. UU , consumibles para el arranque inicial y pruebas de mar, componentes de repuesto según lineamientos de ABS y DNV para un servicio continuo a bordo, definidos en la sección 2.1.3.2., instalación del motor en sala de máquinas (montaje y sujeción al casco) e instalación de accesorios marinos, entrega técnica del motor, el cual incluye comisionamiento (recomendaciones e inspección de correcta instalación del motor marino y sus sistemas periféricos, conexión mecánico/eléctrica y configuración de accesorios propios del motor), pruebas en vacío con la embarcación en astillero y las pruebas de navegación en mar abierto.

Descripción	Costo (USD)
Precio de venta	\$86,598
Accesorios	
Silenciador Industrial de 8 pulgadas	\$1,333
Mando morse	\$424
Cables morse y kit de instalación	\$994
Bomba hidráulica para el sistema de gobierno	\$968
Tanque de Expansión 20 gal	\$733
Tableros digitales y arneses eléctricos	\$5,067
Embrague Mecánico	\$4,693
Filtro Separador Agua-Combustible	\$619
Consumibles para el Arranque y Pruebas de mar	
Aceite	\$460
Refrigerante	\$740
Componentes de repuesto (según ABS/DNV)	
Kit de Cojinete Principal	\$1,135
Juego de camisas	\$367
Empaque de culata	\$348
Válvula de admisión	\$350
Válvula de escape	\$537
Juego de metales de biela	\$121
Kit de pistón de motor	\$943
Juego de anillos pistón	\$137
Boquilla de refrigeración de pistones	\$27
Bomba de combustible	\$5,610
Tubería de suministro de combustible	\$121
Tubería de suministro de combustible	\$85
Tubería de suministro de combustible	\$119
Tubería de suministro de combustible	\$87
Empaque de Bomba de Combustible	\$4
Empaque de Carcaza de Postenfriador	\$169
Empaque de Múltiple de Escape	\$79
Empaque de Turbocargador	\$9
Kit empaque de alta	\$1,329
Kit empaque de baja	\$963
Biela de motor	\$1,274
Bomba de aceite lubricante	\$2,116
Bomba de refrigerante	\$1,601
Inyector de combustible	\$510
Kit de turbocompresor	\$4,359
Motor de Arranque	\$1,963
Turbocompresor	\$4,359
Varilla de balancín de válvula	\$173
Varilla de balancín inyector	\$166
Instalación de motor y accesorios	\$8,667
Entrega Técnica	
Comisionamiento	\$1,734
Pruebas en vacío y navegación	\$1,156
Costo Total de Adquisición	\$143,248
Contingencia (5%)	\$7,162
Costo Total de Adquisición (con 5%)	\$150,411

Tabla 3.6: Costos de Adquisición del motor Cummins KTA19

Fuente: Elaboración propia

Descripción	Costo (USD)
Precio de venta	\$83,928
Accesorios	
Silenciador industrial de 6 pulgadas	\$1,133
Mando morse	\$424
Cables morse y kit de instalación	\$994
Bomba hidráulica para el sistema de gobierno	\$968
Tanque de expansión de refrigerante de 20 gal	\$733
Embrague Mecánico	\$15,611
Consumibles para el Arranque y Pruebas de mar	
Aceite	\$460
Refrigerante	\$740
Componentes de repuesto (según ABS/DNV)	
Kit de Cojinete Principal	\$309
Juego de camisas	\$305
Empaque de culata	\$398
Válvula de admisión	\$96
Válvula de escape	\$242
Juego de metales de biela	\$134
Kit de pistón de motor	\$1,026
Juego de anillos pistón	\$276
Boquilla de refrigeración de pistones	\$18
Bomba de combustible	\$6,326
Tubería suministro de combustible inyector	\$127
Tubería suministro de combustible inyector	\$155
Tubería suministro de combustible inyector	\$152
Tubería suministro de combustible inyector	\$153
Empaque de Bomba de Combustible	\$30
Empaque de Carcaza de Postenfriador	\$46
Empaque de Múltiple de Escape	\$33
Empaque de Turbocargador	\$1,170
Kit empaque de baja	\$1,034
Kit empaques de alta	\$1,756
Biela de motor	\$626
Bomba de aceite lubricante	\$708
Bomba de refrigerante	\$1,170
Inyector de combustible	\$2,622
Motor de arranque	\$923
Turbocompresor	\$8,040
Módulo electrónico de control (ECU)	\$3,712
Instalación de motor y accesorios	\$9,333
Entrega Técnica	
Comisionamiento	\$2,891
Pruebas en vacío y navegación	\$1,156
Costo Total de Adquisición	\$149,018
Contingencia (5%)	\$7,451
Costo Total de Adquisición (con 5%)	\$156,469

Tabla 3.7: Costos de Adquisición del motor Cummins X15

Fuente: Elaboración propia

Los accesorios marinos mostrados en la tabla 3.6 y tabla 3.7, corresponden a los siguientes sistemas:

- Sistema de escape: Silenciador de gases de escape. Los motores KTA19 y X15 se instalan con un silenciador de 8" y 6", respectivamente. La diferencia de tamaños es debido a que el caudal de gases de escape es mayor en el motor KTA19.
- Sistema de gobierno de la embarcación: Bomba hidráulica de gobierno. Ambos motores operan con el mismo modelo de bomba.
- Sistema de refrigeración: Tanque de expansión de refrigerante. Ambos motores operan un tanque de expansión de refrigerante de 20 gal.
- Sistema de combustible: Filtro primario separador de agua en combustible instalado entre el tanque de combustible y la toma de ingreso de combustible al motor. Para el motor X15, está incluido en el kit de accesorios enviado desde la planta de fabricación EE. UU. Para el motor KTA19 se agrega en la estructura de costos.
- Sistema de control y monitoreo: Paneles digitales de control instalados en sala de máquinas y puente de mandos para leer los parámetros operativos del motor (Horómetro, velocidad del motor, temperatura de operación, entre otros). Para el motor X15, está incluido en el kit de accesorios enviado desde la planta de fabricación, EE. UU. Para el motor KTA19 se agrega en la estructura de costos.
- Sistema de recojo de red de pesca: Embrague mecánico para transferir potencia del motor a bombas hidráulicas que operan en el proceso de recojo de la red de cerco. Ambos motores operan con el mismo modelo de embrague mecánico, pero el acoplamiento embrague-motor es diferente. Para el motor KTA19, el acoplamiento es directo, como se aprecia en la figura 3.6, mientras que para el motor X15 se utiliza un acoplamiento flexible entre el dämpel del motor y el eje del embrague, como se aprecia en la figura 3.7. Estas diferencias conllevan a un costo mayor del embrague mecánico y su instalación (bases de montaje) para el motor X15.



Figura 3.6: Motor marino acoplado directamente a embrague mecánico.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.7: Motor marino acoplado mediante un acoplamiento flexible a embrague mecánico

Fuente: Elaboración propia

El costo la instalación del motor X15 es mayor respecto al motor KTA19 debido a que el motor electrónico posee más cables eléctricos para ruteo e instalación en la sala de máquinas, puente de mandos y fabricación de bases de montaje del embrague mecánico. El costo de comisionamiento del motor x15 es mayor respecto al motor KTA19, debido a los conexiones eléctricos de accesorios del propio motor, como paneles digitales de control en sala de máquinas y puente de mandos y configuraciones de software del motor para su operación.

3.3.1.2. **Costos de Operación**

Esta información, fue recolectada en base a entrevistas a clientes pesqueros e información de costos de Cummins Perú en la plantilla del Anexo 4 y 5.

3.3.1.2.1. Operador

Para la operación de una embarcación pesquera de madera de anchoveta se necesitan 04 personas operativas: 01 capitán, 01 patrón y 02 motoristas. El capitán es el encargado del mando de la embarcación y posee conocimientos de operación y mantenimiento de toda la embarcación. El patrón supe funciones de operación de la embarcación en caso el capitán no tenga facultad de realizarlo, posee conocimientos de operación y mantenimiento del motor. Los son encargados de la operación y mantenimiento del motor y poseen niveles técnicos que diferencian el uno del otro. En la tabla 3.8 se observa los costos anuales (2 temporadas de pesca) por operador que incluye los costos adicionales de alimentación. El personal operativo percibe un salario mayor aproximadamente un 10% más al operar y mantener un motor electrónico debido a la complejidad del trabajo y formación especializada.

Operador	Cantidad/ embarcación	KTA19	X15
		Costo Anual Total (USD/embarcación)	
O1	1	\$8,043	\$8,847
O2	1	\$6,702	\$7,373
O3	1	\$4,692	\$5,161
O4	1	\$4,357	\$4,792
Costo Total Anual		\$23,794	\$26,173

Tabla 3.8: Costo anual operador del motor Cummins KTA19 y X15

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2.2. Combustible

El costo de combustible Diesel, se calcula en base el consumo horario promedio en galones por hora de cada motor, el cual se obtuvo en la sección 3.1. Este valor será multiplicado por las horas operativas anuales de cada motor en el año de análisis, y luego será multiplicado por el costo de combustible por galón, el cual es 17.3 PEN/gal y al tipo de cambio, 4.61 USD/gal, en promedio para los meses de mayo-julio del 2024 para la región de la Lambayeque y Piura (zona de pesca). Esta información fue recolectada de la

página de precios de combustibles líquidos del Osinergmin, como se observa en la figura 3.8.

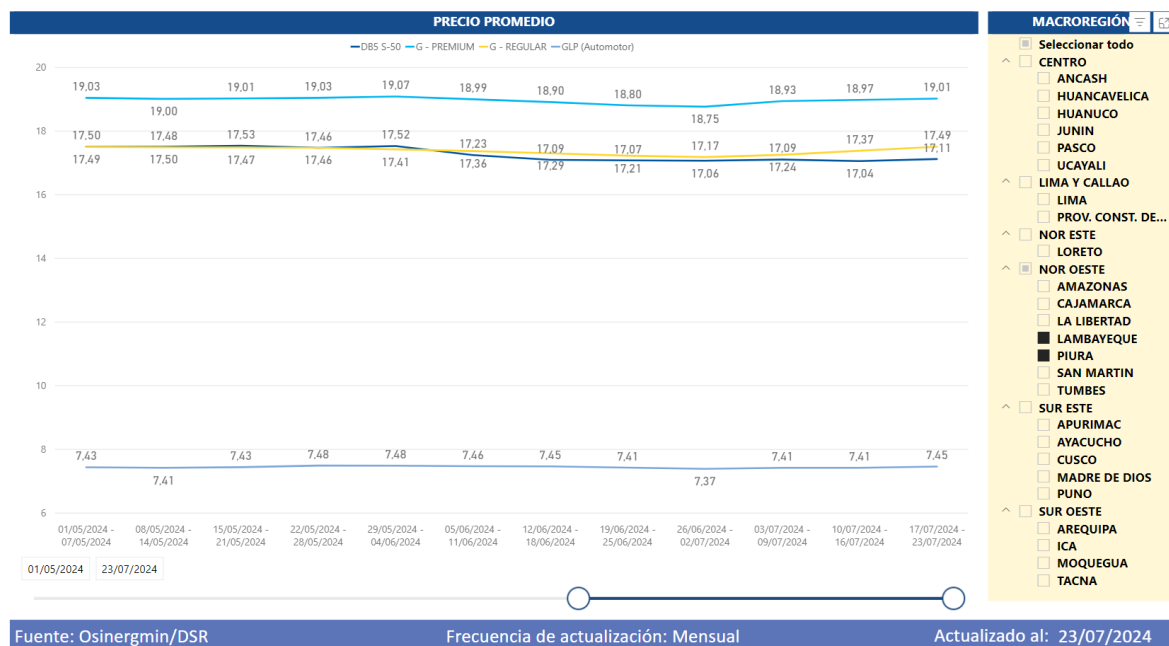


Figura 3.8: Precio promedio del diésel mayo-julio 2024 por macrorregiones en el Perú.

Fuente: Osinergmin (2024). “Precios de combustibles líquidos”

3.3.1.2.3. Aceite, refrigerante y batería

En la tabla 3.9, se muestra la frecuencia, cantidad y costos unitarios de los consumibles del motor diésel marino. Los valores de frecuencia y cantidad por motor son recopilados del plan de mantenimiento brindado por el fabricante. El costo unitario es recopilado de la lista de precios de Cummins Perú.

El motor X15 posee mayor capacidad volumétrica de aceite por lo tanto mayor costo de cambio de aceite, pero menor capacidad volumétrica de refrigerante de motor y volumen externo, por lo tanto, menor costo de cambio de refrigerante en un periodo de tiempo.

Consumibles	Frecuencia	Cantidad/motor		Costo Unitario	
		KTA19	X15	Unidad	Valor
Cambio preventivo aceite de motor 15W-40	250 h	21.5 gal	24 gal		
Consumo de aceite de motor 15W-40 (% del consumo promedio de combustible)	-	0.07%	0.05%	USD/gal	18
Cambio preventivo de refrigerante motor	4000 h	8 gal	8.75 gal	USD/gal	16.4
Cambio preventivo de refrigerante externo (Enfriador de quilla, tuberías y tanque de expansión)	4000 h	82 gal	63.25 gal	USD/gal	16.4
Cambio preventivo batería	3000 h	2 unid.	2 unid.	USD/unid.	300

Tabla 3.9: Costo aceite, refrigerante, batería del motor Cummins KTA19 y X15

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.3. *Costos de Mantenimiento*

Esta información, fue recolectada en base a los planes de mantenimiento e información de costos de Cummins Perú en la plantilla del Anexo 4 y 5.

3.3.1.3.1. *Mantenimientos preventivos*

En la tabla 3.10 y tabla 3.11, se muestran las frecuencias recomendadas de los mantenimientos preventivos PM1, PM2 y PM3 o preventive maintenance (PM, por sus siglas en inglés), reparación de media vida y reparación mayor (overhaul) según lo indicado por el fabricante. Los costos fueron recopilados de la lista de precios del área de servicios de Cummins Perú y se muestra el desglose de los costos: Repuestos, Mano de obra y Servicios de terceros.

Descripción	Frecuencia (horas)	Costo de mantenimiento preventivos (USD/motor)			Costo Total (USD/motor)
		Repuestos	Mano de obra	Servicios de	
			(Mantenedor)	Terceros	
PM1	250	\$190	\$1,006	\$0	\$1,196
PM2	1500	\$310	\$1,562	\$0	\$1,872
PM3	3000	\$310	\$1,762	\$0	\$2,072
Reparación Media Vida (Midlife)	6000	\$23,269	\$4,130	\$4,800	\$32,199
Reparación Mayor (Overhaul)	12000	\$41,976	\$12,850	\$8,500	\$63,326

Tabla 3.10: Costo de mantenimientos preventivos del motor Cummins KTA19

Fuente: Elaboración propia

Descripción	Frecuencia (horas)	Costo de mantenimiento preventivos (USD/motor)			Costo Total (USD/motor)
		Repuestos	Mano de obra (Mantenedor)	Servicios de Terceros	
PM1	250	\$301	\$1,006	\$0	\$1,307
PM2	1500	\$517	\$1,562	\$0	\$2,079
PM3	3000	\$563	\$1,962	\$600	\$3,125
Reparación Media Vida (Midlife)	6000	\$24,788	\$4,130	\$5,800	\$34,718
Reparación Mayor (Overhaul)	12000	\$39,336	\$12,850	\$7,500	\$59,686

Tabla 3.11: Costo de mantenimientos preventivos del motor Cummins X15

Fuente: Elaboración propia

El detalle de las tareas realizadas en cada mantenimiento preventivo, reparación de media vida y reparación mayor se detalla en el Anexo 6 y 7, para el motor KTA19 y X15, respectivamente. El costo de cada PM, midlife y overhaul está compuesto por costos de repuestos (filtros, fajas, empaque, válvulas de admisión y escape, kits de reparación), mano de obra para realizar el mantenimiento (horas hombre del personal técnico de campo y taller) y servicios de terceros, que incluyen servicios reparación especializados de proveedores de Cummins Perú. Los (turbocargadores, enfriadores de aceite y aire, bomba de combustible e inyectores). En el Anexo 8 y 9 se detalla lo mencionado para cada modelo de motor.

Los mantenimientos preventivos (PM1, PM2 y PM3) están diseñados para prevenir fallos y asegurar el funcionamiento eficiente del motor mediante la inspección y el servicio regular de componentes específicos. Son realizados a bordo de la embarcación por personal técnico de campo de Cummins Perú. Se dividen en diferentes niveles basados en la profundidad y frecuencia del mantenimiento.

- PM1: Realizado a una frecuencia de cada 250-500 horas operación. Tareas Comunes: Cambio de aceite y filtros de los sistemas del motor. Inspección visual de componentes externos del motor. Verificación y ajuste de correas. Revisión de niveles de fluidos (refrigerante, aceite, etc.). Limpieza de filtros de aire.

- PM2: Realizado a una frecuencia de 1000-2000 horas de operación. Tareas Comunes: Todas las tareas de PM1. Cambio de fajas. Inspección y calibración de válvulas de admisión y escape y calibración de inyectores de combustible.
- PM3: Realizado a una frecuencia de 2000-4000 horas de operación. Se realiza todas las tareas de PM1 y PM2. Cambio de fajas. Inspección y calibración de válvulas de admisión y escape y calibración de inyectores de combustible. Limpieza y revisión de intercambiadores de calor. Inspección de componentes internos accesibles sin un desmontaje significativo.

La reparación de media vida (midlife) se realiza cuando el motor ha alcanzado aproximadamente la mitad de su vida útil estimada. Es un mantenimiento más profundo que los preventivos y plantea restaurar el rendimiento del motor para prevenir fallos mayores. Son realizados a bordo de la embarcación por personal técnico de campo de Cummins Perú. Se lleva a cabo aproximadamente a mitad de la vida útil del motor, 6000 - 9000 horas. Se realizan tareas de desmontaje parcial del motor para inspección de componentes internos. Inspección y limpieza de inyectores y bombas de combustible. Verificación y limpieza de intercambiadores de calor y sistema de enfriamiento. Inspección y limpieza de la culata, válvulas y turbocargador. Reemplazo de componentes desgastados como juntas, empaques, válvulas de admisión y escape, bomba de refrigerante y termostato.

La reparación mayor (overhaul) una revisión exhaustiva de todo el motor, realizada generalmente al final de la vida útil del motor o cuando el rendimiento ha disminuido significativamente (ejemplo: 12,000-18,000 horas) o según las recomendaciones del fabricante. Este mantenimiento plantea restaurar el motor a un estado casi nuevo. Son realizados fuera de la embarcación (motor se desmonta y transporta a taller) por personal técnico del taller Cummins Perú. Desmontaje completo del motor. Inspección detallada de todos los componentes internos y externos. Limpieza y reparación o reemplazo de todas las partes desgastadas o dañadas. Rectificación de cilindros, culata y otras superficies

críticas. Reemplazo de todos los sellos, juntas y componentes menores. Pruebas en dinamómetro en taller de Cummins Perú.

3.3.1.3.2. Mantenimientos correctivos

En la tabla 3.12, se muestra información recopilada del fabricante respecto a los costos horarios por mantenimientos correctivos según modelo de motor el cual depende del factor de potencia promedio. Cummins Inc. posee una base de datos histórica de los costos horarios correctivos mostrados, recopilados de sus motores marinos operando en diversas embarcaciones con modelos de motores y factores de potencia diversos. Los costos horarios mostrados están compuestos en un 65 % de costos repuestos y en un 35 % de costos mano de obra técnica.

Factor de potencia (%)	Costo horario correctivo (no programado) por modelo de motor Cummins (USD/h)								
	QSK78	QSK60 2Stage	QSK60 1Stage	K2000E /K1500E	QSK45	QST30	QSK23	QSK19 /KTA19	QSK15
25%	7.09	4.96	3.15	2.39	2.99	2.26	1.67	1.41	1.15
30%	7.51	5.30	3.59	2.65	3.07	2.37	1.74	1.50	1.24
35%	7.93	5.64	3.93	2.91	3.25	2.42	1.80	1.56	1.32
40%	8.37	5.98	4.28	3.15	3.41	2.83	1.89	1.64	1.38
45%	8.88	6.41	4.62	3.41	3.58	3.06	1.95	1.71	1.45
50%	9.30	6.75	4.96	3.76	4.18	3.32	2.02	1.77	1.53
55%	-	7.09	5.30	4.02	4.70	3.53	2.08	1.84	1.59
60%	-	7.48	5.64	4.28	5.20	3.77	2.15	1.92	1.67
65%	-	7.93	5.98	4.52	5.64	3.97	2.23	1.98	1.74
70%	-	8.37	6.41	4.78	6.07	4.26	2.39	2.05	1.80
75%	-	8.88	6.75	5.04	6.23	4.47	2.36	2.11	1.90
80%	-	9.30	7.09	5.28	6.41	4.73	2.42	2.18	1.95
85%	-	9.74	7.43	5.56	6.49	4.96	2.49	2.28	2.02

Tabla 3.12: Costo de mantenimientos correctivos de motores Cummins

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.4. Costos de Eliminación

El costo de eliminar un motor diésel marino en Perú varía dependiendo de varios factores, como el tipo y tamaño del motor, la ubicación geográfica, los servicios específicos requeridos, y las tarifas de las empresas especializadas en gestión de residuos peligrosos.

Como se observa en la tabla 3.13, incluye el costo de desmantelamiento (desmontaje del motor marino de la estructura de la embarcación y desconexión de los sistemas periféricos), costos de retirada de servicio u operación (izaje y retiro de la sala de máquinas, incluyendo perforación de casco para salida del motor y costos del transporte hacia la planta de desechos) y el costo de eliminación medioambiental el cual consta de drenado de fluidos, tratamiento y disposición de residuos peligrosos así como las gestiones para con el cumplimiento de la regulación medioambiental vigente. Para el presente trabajo de investigación el valor de salvamento será 0, debido a que el activo se eliminará según regulaciones medioambientales y no se venderá al final de su vida útil.

Descripción	Costo Eliminación (USD/motor)	
	KTA19	X15
Costo de desmantelamiento		
Costo de desmontaje	\$3,000	\$2,000
Costo de retirada de servicio		
Izaje y retiro de sala de máquinas (1 grúa)	\$600	\$500
Transporte planta de desechos	\$950	\$700
Costo eliminación medioambiental		
Descontaminación (drenado de aceite y refrigerante)	\$700	\$600
Tratamiento de residuos peligrosos y disposición final	\$1,000	\$850
Gestión y cumplimiento regulatorio	\$600	\$600
Total	\$6850	\$5250

Tabla 3.13: Costos de eliminación de los motores Cummins KTA19 y X15

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Proyección de costos del ciclo de vida del motor diésel marino

En la sección presente se realizarán las proyecciones de costos en el ciclo de vida del motor para las dos propuestas de adquisición de motores, X15 y KTA19, en el horizonte de 15 años el cual es la vida útil de una embarcación pesquera de madera.

Para distribuir los costos en un periodo de tiempo, nos basamos en las horas operativas acumuladas de cada motor, y, en base a la frecuencia de los costos descritos en la sección 3.3.1, se determinó el año en que incurren.

3.3.2.1. **Costos en el ciclo de vida del motor KTA19**

Recolectado los costos del ciclo de vida del motor se procesó la información con el software Microsoft Excel, se realizó una plantilla de cálculo para el registro de la información recolectada en la sección anterior (variables independientes) y posterior cálculo de los indicadores económicos (variables de pendientes) como Costo de ciclo de vida (VPN), Costos Total de Propiedad y el Costo Unitario de Producción. La plantilla de cálculo se muestra en el Anexo 10 y 11.

Como ejemplo de cálculo, se desarrolló el cálculo de costos para el año 11. Cabe resaltar que el costo de adquisición incurre en el año 0, así que no se calcula su valor presente y el costo de eliminación incurre en el año 15, último año de vida útil de la embarcación.

- Según la tabla 3.3 el motor registra un total de 584.5 horas operativas en una temporada de pesca y considerando lo descrito en la sección 3.1, existen dos temporadas de pesca en un año (y cada una con una cuota de 2300 toneladas de anchoveta), por lo tanto, el motor registra un total de 1169 horas operativas anuales con una cantidad total pescada anual de 4600 ton.
- El costo de operación este compuesto por los siguientes costos:
 - El costo anual de operador detallado en la sección 3.3.1.2.1 es de USD 23,794 según tabla 3.8.
 - Según la ecuación 2.8, cálculo del costo de costo de combustible, el consumo promedio de combustible por año es de 20.7 gal/h con un precio venta de 4.61 \$/gal, según la tabla 3.3 y figura 3.8, respectivamente, obteniendo un costo de:

$$C_{diesel} = 20.7 \frac{gal}{h} \times 1169h \times 4.61 \frac{\$}{gal} = USD 111,634.82$$

- El costo del consumo de aceite de motor es calculado mediante la ecuación 2.9. El consumo de aceite promedio (porcentaje volumétrico del consumo promedio de combustible) es de 0.07% según la tabla 3.5, el consumo

promedio de combustible por año es de 20.7 gal/h, tiempo de operación de 1169 horas y el precio venta del aceite 15W-40 se detalla en la tabla 3.9, obteniendo un costo de:

$$C_{aceite} = 0.07\% \times 20.7 \frac{gal}{h} \times 1169h \times 18 \frac{USD}{gal} = USD 304.90$$

- El costo de cambio de aceite de motor es calculado mediante la ecuación 2.10. El volumen de aceite de motor es 21.5 gal según la tabla 3.5. El precio venta del aceite 15W-40 se detalla en la tabla 3.9. Para obtener el costo anual, se multiplica por la cantidad de cambios en un año, considerando 1169 horas operativas anuales y la frecuencia de cambio de aceite es cada 250 horas. Para el año 11, ocurren 5 cambios de aceite, obteniéndose un costo de:

$$C_{cambio\ aceite} = 21.5gal \times 18 \frac{USD}{gal} \times 5 = USD 1,935.00$$

- El costo de cambio de refrigerante es calculado mediante la ecuación 2.11. El volumen de refrigerante del motor, volumen externo y su precio de venta, es 8 gal, 82 gal y 16.4 USD/gal, respectivamente, según la tabla 3.9. Para obtener el costo anual, se multiplica por la cantidad de cambios en un año, considerando una frecuencia de cambio cada 4000 horas y el año 11 posee 12859 horas acumuladas de operación; ocurre 1 cambio de refrigerante a las 12000 horas, obteniéndose un costo de:

$$C_{cambio\ refrigerante} = (8gal + 82gal) \times 16.4 \frac{USD}{gal} = USD 1472.73$$

- El costo anual de cambio de baterías es calculado mediante la ecuación 2.12. Para obtener el costo anual, se multiplica por la cantidad de cambios en un año, considerando una frecuencia de cambio cada 3000 horas y el año 11 posee 12859 horas acumuladas de operación, ocurre 1 cambio de baterías a las 12000 horas, obteniéndose un costo de:

$$C_{\text{cambio bateria}} = 2 \text{ unidades} \times 300 \frac{\text{USD}}{\text{Unidad}} = \text{USD } 600.00$$

- El costo operativo total para el año 11 se obtiene utilizando la ecuación 2.7., el cual es la suma de los costos detallados líneas arriba:

$$\begin{aligned} C_0 &= 23,793.57 + 111,634.82 + 304.90 + 1,935.00 + 1472.73 + 600.00 \\ &= \text{USD } 139,741.02 \end{aligned}$$

- El costo de mantenimiento este compuesto por los siguientes costos:

- El costo de mantenimiento preventivo expresado por el costo de mano de obra técnica, costo de reparación de componentes y costo de repuestos nuevos es calculado mediante la ecuación 2.13. El año 11 posee 12859 horas acumuladas de operación y se realizan 4 mantenimientos del tipo PM1 y 01 Reparación mayor (Overhaul) en ese año, con costos de USD 1,196.24 y USD 63325.51, respectivamente, según la tabla 3.10. Obteniéndose costos de mantenimiento para el año 11:

$$C_{MP} = 4 \times \text{USD } 1,196.24 + \text{USD } 63,325.51 = \text{USD } 68,110.47$$

- El costo de mantenimiento correctivo, es calculado mediante la tabla 3.12. Para el motor marino Cummins KTA19, y con un factor de potencia de 69.2% según la tabla 3.3, el costo horario por mantenimiento correctivo es de 2.05 USD/h. Para obtener el costo anual en el año 11, se multiplica por la cantidad de horas operativas anuales, 1169 horas, obteniéndose un costo anual por mantenimiento correctivo de USD 2,396.45. El costo correctivo horario es brindado por el fabricante según histórico de fallas a nivel mundial, este está basado según valores de MTTR y frecuencia/cantidad de fallas promedio para diferentes modelos de motores marinos, razón por la cual no se utilizó la ecuación 2.14.
- El costo de mantenimiento total para el año 11 se obtiene utilizando la ecuación 2.15, el cual es la suma de los costos detallados líneas arriba:

$$C_M = USD\ 68,110.47 + USD\ 2,396.45 = USD\ 70,506.92$$

- El costo de eliminación no incurre en el año 11, este ocurre en el último año de la vida útil de la embarcación.
- La depreciación para el año 11 es calculada mediante la ecuación 2.18 considerando el precio venta del motor marino USD 86,598 según tabla 3.6, el valor de $i=20\%$ según lo descrito en la sección 2.1.3.5 y $n=11$, obteniéndose:

$$D_{11} = USD\ 86,598 \times 0.20\% \times (1 - 0.20\%)^{11-1} = USD\ 1,859.67$$

- Para el año 11, se calcularán los indicadores económicos: costo total de ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción.
- El Costo del Ciclo de Vida del motor para el año en análisis, es la suma del costo de operación y mantenimiento. El costo de adquisición y eliminación no se consideran, debido a que solo se está analizando un año en particular. Este valor coincide con el costo de propiedad debido a que solo están presentes los costos mencionados. Se emplea la ecuación 2.20 y considera una tasa de descuento del 8% (tasa que maneja Cummins Perú para sus análisis de económicos) para obtener el valor presente de los costos de operación (VP_{CO11}) y mantenimiento (VP_{CM11}) para el año 11. Para el cálculo de Costo de Ciclo de Vida (CCV_{11}) y Costo de Propiedad (TCO_{11}), se utilizan la ecuación 2.19 y ecuación 2.22, respectivamente:

$$VP_{CO11} = \frac{USD\ 139,741.02}{(1 + 8\%)^{11}} = USD\ 59,932.53$$

$$VP_{CM11} = \frac{USD\ 70,506.92}{(1 + 8\%)^{11}} = USD\ 30,239.21$$

$$CCV_{11} = TCO_{11} = USD\ 59,932.53 + USD\ 30,239.21 = USD\ 90,171.74$$

- Para el costo de producción en el año 11 (C_{u11}), se calcula mediante la ecuación 2.23, considerando el costo total en dicho año (operación, mantenimiento y depreciación) dividido por las toneladas pescadas de anchoveta, 4300 toneladas.

$$C_{u11} = \frac{(USD\ 139,741.02 + USD\ 70,506.92 + USD\ 1,859.67)}{4600\ ton} = 46,11\ USD/ton$$

Identificados los costos del ciclo de vida del motor KTA19 que incurren en cada año, se procedió según el ejemplo mostrado para los demás años. Se elaboro la estructura de costos, la cual se muestra en la tabla 3.14: costo de adquisición, costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación. Estos fueron proyectados como flujo en el horizonte de evaluación de 15 años (2023-2037).

Descripción	Unidad	Año							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Toneladas pescadas	ton/motor		4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas operativas	h/motor		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas operativas acumuladas	h/motor		1,169	2,338	3,507	4,676	5,845	7,014	8,183
Costo Adquisición	USD/motor	\$150,411							
Costo Operación									
Operador embarcación (O1, O2, O3 y O4)	USD/motor		\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794
Consumo de diésel D2	USD/motor		\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635
Consumo de aceite 15W-40	USD/motor		\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305
Cambio de aceite 15W-40			\$1,548	\$1,935	\$1,935	\$1,548	\$1,935	\$1,935	\$1,548
Cambio de refrigerante						\$1,473			\$1,473
Cambio de baterías	USD/motor				\$600			\$600	
Costo Mantenimiento									
Mantenimiento Preventivo (PM1, PM2, PM3)	USD/motor		\$4,785	\$6,657	\$6,857	\$5,461	\$5,981	\$4,785	\$5,461
Media Vida	USD/motor							\$32,199	
Overhaul	USD/motor								
Mantenimiento Correctivo	USD/motor		\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396
Costos de Eliminación									
Costo de desmantelamiento	USD/motor								
Costo de retirada de servicio	USD/motor								
Costo eliminación medioambiental	USD/motor								
Valor de Salvamento	USD/motor								

Descripción	Unidad	Año							
		8	9	10	11	12	13	14	15
		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Toneladas pescadas	ton/motor	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas operativas	h/motor	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas operativas acumuladas	h/motor	9,352	10,521	11,690	12,859	14,028	15,197	16,366	17,535
Costo Adquisición	USD/motor								
Costo Operación									
Operador embarcación (O1, O2, O3 y O4)	USD/motor	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794
Consumo de diésel D2	USD/motor	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635
Consumo de aceite 15W-40	USD/motor	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305
Cambio de aceite 15W-40		\$1,935	\$1,935	\$1,548	\$1,935	\$1,935	\$1,548	\$1,935	\$1,935
Cambio de refrigerante					\$1,473			\$1,473	
Cambio de baterías	USD/motor	\$600			\$600		\$600		
Costo Mantenimiento									
Mantenimiento Preventivo (PM1, PM2, PM3)	USD/motor	\$6,857	\$6,657	\$4,785	\$4,785	\$6,657	\$5,661	\$5,981	\$6,657
Media Vida	USD/motor								
Overhaul	USD/motor				\$63,326				
Mantenimiento Correctivo	USD/motor	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396
Costos de Eliminación									
Costo de desmantelamiento	USD/motor								\$3,000
Costo de retirada de servicio	USD/motor								\$1,550
Costo eliminación medioambiental	USD/motor								\$2,300
Valor de Salvamento	USD/motor								\$0

Tabla 3.14: Estructura de costos en el ciclo de vida del motor marino Cummins KTA19

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2. **Costos en el ciclo de vida del motor X15**

En esta sección, se procesará la información de costos del ciclo de vida del motor marino Cummins X15 bajo la misma forma desarrollada en la sección 3.3.2.1.

Recolectado los costos del ciclo de vida del motor se procesó la información con el software Microsoft Excel, se realizó una plantilla de cálculo para el registro de la información recolectada en la sección anterior (variables independientes) y posterior cálculo de los indicadores económicos (variables de pendientes) como Costo de ciclo de vida (VPN), Costos Total de Propiedad y el Costo Unitario de Producción. La plantilla de cálculo se muestra en el Anexo 10 y 11.

Identificados los costos del ciclo de vida del motor X15 que incurren en cada año, se elaboró la estructura de costos como se muestra en la tabla 3.15: costo de adquisición, costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación. Estos fueron proyectados como flujo en el horizonte de evaluación de 15 años (2023-2037).

Descripción	Unidad	Año							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Toneladas pescadas	ton/motor		4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas operativas	h/motor		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas operativas acumuladas	h/motor		1,169	2,338	3,507	4,676	5,845	7,014	8,183
Costo Adquisición	USD/motor	\$156,469							
Costo Operación									
Operador embarcación (O1, O2, O3 y O4)	USD/motor		\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173
Consumo de diésel D2	USD/motor		\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673
Consumo de aceite 15W-40	USD/motor		\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208
Cambio de aceite 15W-40			\$1,728	\$2,160	\$2,160	\$1,728	\$2,160	\$2,160	\$1,728
Cambio de refrigerante			\$0	\$0	\$0	\$1,178	\$0	\$0	\$1,178
Cambio de baterías	USD/motor		\$0	\$0	\$600	\$0	\$0	\$600	\$0
Costo Mantenimiento									
Mantenimiento Preventivo (PM1, PM2, PM3)	USD/motor		\$5,229	\$7,308	\$8,354	\$6,001	\$6,536	\$5,229	\$6,001
Media Vida	USD/motor		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$34,718	\$0
Overhaul	USD/motor		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Mantenimiento Correctivo	USD/motor		\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104
Costos de Eliminación									
Costo de desmantelamiento	USD/motor								
Costo de retirada de servicio	USD/motor								
Costo eliminación medioambiental	USD/motor								
Valor de Salvamento	USD/motor								

Descripción	Unidad	Año							
		8	9	10	11	12	13	14	15
		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Toneladas pescadas	ton/motor	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas operativas	h/motor	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas operativas acumuladas	h/motor	9,352	10,521	11,690	12,859	14,028	15,197	16,366	17,535
Costo Adquisición	USD/motor								
Costo Operación									
Operador embarcación (O1, O2, O3 y O4)	USD/motor	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173
Consumo de diésel D2	USD/motor	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673
Consumo de aceite 15W-40	USD/motor	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208
Cambio de aceite 15W-40		\$2,160	\$2,160	\$1,728	\$2,160	\$2,160	\$1,728	\$2,160	\$2,160
Cambio de refrigerante		\$0	\$0	\$0	\$1,178	\$0	\$0	\$1,178	\$0
Cambio de baterías	USD/motor	\$600	\$0	\$0	\$600	\$0	\$600	\$0	\$0
Costo Mantenimiento									
Mantenimiento Preventivo (PM1, PM2, PM3)	USD/motor	\$8,354	\$7,308	\$5,229	\$5,229	\$7,308	\$7,047	\$6,536	\$7,308
Media Vida	USD/motor	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Overhaul	USD/motor	\$0	\$0	\$0	\$59,686	\$0	\$0	\$0	\$0
Mantenimiento Correctivo	USD/motor	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104
Costos de Eliminación									
Costo de desmantelamiento	USD/motor								\$2,000
Costo de retirada de servicio	USD/motor								\$1,200
Costo eliminación medioambiental	USD/motor								\$2,050
Valor de Salvamento	USD/motor								

Tabla 3.15: Estructura de costos en el ciclo de vida del motor marino Cummins X15

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.3. *Valores presentes de los costos proyectados del motor X15 y KTA19*

Según la proyección de costos realizadas en la sección 3.3.2.1 y 3.3.2.2, se muestra la tabla 3.16 en la cual se detalla los costos en valor presente de los indicadores de las dimensiones de la variable independiente el cual permite visualizar las diferencias en costos de cada dimensión para seleccionar un motor diesel.

Se observa que el motor KTA19 presentan un menor costo de adquisición, pero un mayor costo de operación. Respecto al costo de mantenimiento y eliminación, el motor X15 presenta un costo menor comparado al motor KTA19. Las dimensiones descritas, en conjunto, se analizarán a detalle en la sección 4.1, para obtener el costo de ciclo de vida de cada motor, el cual permite seleccionar un motor diesel con el fin de reducir los costos operativos.

Dimensión	Indicadores	Unidades	Motor KTA19	Motor X15
Costo Adquisición	Precio de venta y accesorios	USD/motor	\$101,430	\$103,792
	Costo componentes de repuesto (según ABS/DNV)	USD/motor	\$29,061	\$30,647
	Costo instalación	USD/motor	\$8,667	\$9,333
	Costo entrega técnica (pruebas en vacío y mar)	USD/motor	\$4,090	\$5,247
	Contingencia (5%)	USD/motor	\$7,162	\$7,451
	Costo Total Adquisición	USD/motor	\$150,411	\$156,469
Costo Operación	Costo mano de obra operador	USD/motor	\$203,661	\$224,027
	Costo consumo de combustible	USD/motor	\$955,536	\$913,068
	Costo cambio y consumo de aceite	USD/motor	\$17,982	\$18,941
	Costo cambio de refrigerante y baterías	USD/motor	\$4,731	\$4,116
	Costo Total Operación	USD/motor	\$1,181,910	\$1,160,152
Costo Mantenimiento	Costo mantenimientos preventivos	USD/motor	\$97,479	\$103,726
	Costo mantenimientos correctivos	USD/motor	\$20,512	\$18,011
	Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$117,992	\$121,737
Costos de Eliminación	Costo de desmantelamiento	USD/motor	\$946	\$630
	Costo de retirada de servicio	USD/motor	\$489	\$378
	Costo eliminación medioambiental	USD/motor	\$725	\$646
	Valor de Salvamento	USD/motor	\$0	\$0
	Costo Total Eliminación	USD/motor	\$2,159	\$1,655

Tabla 3.16: Valor presente de los indicadores de las dimensiones de la variable independiente

Fuente: Elaboración propia

3.4. Reducción de costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales

De la información procesada, en esta sección se calculan y analiza los indicadores económicos que permiten reducir costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de madera, los cuales son: valor presente del costo del ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción de ambos motores en análisis para un horizonte de evaluación de 15 años (2023-2037).

3.4.1. Indicadores económicos del motor Cummins KTA19

En la tabla 3.17 se muestra el valor del indicador económico, Costo del Ciclo de Vida, calculado mediante la ecuación 2.19 y ecuación 2.21, el cual es el flujo neto de todos los costos en cada año llevado al valor presente considerando una tasa de descuento=8% y n=15. El valor del Costo de Ciclo de vida es USD 1,452,472. El “Año 0” representa los costos previos antes del funcionamiento y puesta en marcha del activo. Del “Año 1” al “Año 15”, representan el funcionamiento u operación del activo.

$$\begin{aligned}
 CCV_{KTA19} &= Costo_{adquisición} + Costo_{operación} + Costo_{mantenimiento} + Costo_{eliminación} \\
 &= USD150,411 + USD1,181,910 + USD117,992 + USD2,159 \\
 &= \textbf{USD 1,452,472}
 \end{aligned}$$

En la tabla 3.18 se muestran los costos de operación y mantenimiento en valor futuro. Utilizando la ecuación 2.20 se llevan los valores al presente, y mediante la ecuación 2.21, se obtiene la suma total del valor presente del costo de operación y mantenimiento en el cálculo del horizonte de evaluación para calcular el Costo de Propiedad, cuyo valor es USD 1,299,902.

$$TCO_{KTA19} = C_O + C_M = USD1,181,910 + USD117,992 = \textbf{USD 1,299,902}$$

En la tabla 3.19 se muestran los costos de operación, mantenimiento y depreciación en valor futuro. Utilizando la ecuación 2.23 se calculan los costos unitarios en el horizonte de evaluación para calcular el Costo de Unitario de Producción, cuyo valor es 34.42 USD/tonelada pescada.

$$C_{u,KT A19} = \frac{USD\ 2,071,980}{69,000\ t} + \frac{USD\ 219,495}{69,000\ t} + \frac{USD\ 83,551}{69,000\ t} = \mathbf{34.42\ \frac{USD}{ton}}$$

Descripción	Unidad	Año							
		0	1	2	3	4	5	6	7
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Toneladas pescadas	ton/motor		4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas operativas	h/motor		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas operativas acumuladas	h/motor		1,169	2,338	3,507	4,676	5,845	7,014	8,183
Costo Adquisición	USD/motor	\$150,411							
Costo Operación									
M.O. operador embarcación (O1, O2, O3 y O4)	USD/motor		\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794
Consumo de diésel D2	USD/motor		\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635
Consumo de aceite 15W-40	USD/motor		\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305
Cambio de aceite 15W-40			\$1,548	\$1,935	\$1,935	\$1,548	\$1,935	\$1,935	\$1,548
Cambio de refrigerante						\$1,473			\$1,473
Cambio de baterías	USD/motor				\$600			\$600	
Costo Total Operación	USD/motor		\$137,281	\$137,668	\$138,268	\$138,754	\$137,668	\$138,268	\$138,754
Costo Mantenimiento									
Mantenimientos Preventivos (PM1, PM2, PM3)	USD/motor		\$4,785	\$6,657	\$6,857	\$5,461	\$5,981	\$4,785	\$5,461
Media Vida	USD/motor							\$32,199	
Overhaul	USD/motor								
Mantenimientos Correctivos	USD/motor		\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396
Costo Total Mantenimiento	USD/motor		\$7,181	\$9,053	\$9,253	\$7,857	\$8,378	\$39,380	\$7,857
Costos de Eliminación									
Costo de desmantelamiento	USD/motor								
Costo de retirada de servicio	USD/motor								
Costo eliminación medioambiental	USD/motor								
Valor de Salvamento	USD/motor								
Costo Total Eliminación	USD/motor								
Costo Total del Ciclo de vida	USD/motor	\$150,411	\$144,463	\$146,722	\$147,522	\$146,611	\$146,046	\$177,648	\$146,611
Costo del Ciclo de Vida (VPN, tasa 8%)	USD/motor	\$1,452,472							

Descripción	Unidad	Año								
		0	8	9	10	11	12	13	14	15
			2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Toneladas pescadas	ton/motor		4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas operativas	h/motor		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas operativas acumuladas	h/motor		9,352	10,521	11,690	12,859	14,028	15,197	16,366	17,535
Costo Adquisición	USD/motor	\$150,411								
Costo Operación										
Operador embarcación (O1, O2, O3 y O4)	USD/motor		\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794	\$23,794
Consumo de diésel D2	USD/motor		\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635	\$111,635
Consumo de aceite 15W-40	USD/motor		\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305	\$305
Cambio de aceite 15W-40			\$1,935	\$1,935	\$1,548	\$1,935	\$1,935	\$1,548	\$1,935	\$1,935
Cambio de refrigerante						\$1,473			\$1,473	
Cambio de baterías	USD/motor		\$600			\$600		\$600		
Costo Total Operación	USD/motor		\$138,268	\$137,668	\$137,281	\$139,741	\$137,668	\$137,881	\$139,141	\$137,668
Costo Mantenimiento										
Mantenimiento Preventivo (PM1, PM2, PM3)	USD/motor		\$6,857	\$6,657	\$4,785	\$4,785	\$6,657	\$5,661	\$5,981	\$6,657
Media Vida	USD/motor									
Overhaul	USD/motor					\$63,326				
Mantenimiento Correctivo	USD/motor		\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396	\$2,396
Costo Total Mantenimiento	USD/motor		\$9,253	\$9,053	\$7,181	\$70,507	\$9,053	\$8,057	\$8,378	\$9,053
Costos de Eliminación										
Costo de desmantelamiento	USD/motor									\$3,000
Costo de retirada de servicio	USD/motor									\$1,550
Costo eliminación medioambiental	USD/motor									\$2,300
Valor de Salvamento	USD/motor									\$0
Costo Total Eliminación	USD/motor									\$6,850
Costo Total del Ciclo de vida	USD/motor	\$150,411	\$147,522	\$146,722	\$144,463	\$210,248	\$146,722	\$145,938	\$147,519	\$153,572
Costo del Ciclo de Vida (VPN, tasa 8%)	USD/motor	\$1,452,472								

Tabla 3.17: Costo del ciclo de vida del motor marino Cummins KTA19

Fuente: Elaboración propia

Descripción	Unidad	Año						
		1	2	3	4	5	6	7
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Costo Total Operación	USD/motor	\$137,281	\$137,668	\$138,268	\$138,754	\$137,668	\$138,268	\$138,754
Valor Presente	USD/motor	\$127,112	\$118,028	\$109,762	\$101,988	\$93,695	\$87,132	\$80,962
Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$7,181	\$9,053	\$9,253	\$7,857	\$8,378	\$39,380	\$7,857
Valor Presente	USD/motor	\$6,649	\$7,762	\$7,346	\$5,775	\$5,702	\$24,816	\$4,584
Costo Operativo Total	USD/motor							

Descripción	Unidad	Año							
		8	9	10	11	12	13	14	15
		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Costo Total Operación	USD/motor	\$138,268	\$137,668	\$137,281	\$139,741	\$137,668	\$137,881	\$139,141	\$137,668
Valor Presente	USD/motor	\$74,702	\$68,868	\$63,588	\$59,933	\$54,670	\$50,699	\$47,372	\$43,399
VP Costo Total Operación								1,181,910	USD/motor
Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$9,253	\$9,053	\$7,181	\$70,507	\$9,053	\$8,057	\$8,378	\$9,053
Valor Presente	USD/motor	\$4,999	\$4,529	\$3,326	\$30,239	\$3,595	\$2,963	\$2,852	\$2,854
VP Costo Total Mantenimiento								117,992	USD/motor
Costo Operativo Total	USD/motor	VP Costo Operativo Total						1,299,902	USD/motor

Tabla 3.18: Costo de propiedad del motor marino Cummins KTA19

Fuente: Elaboración propia

Descripción	Unidad	Año							
		1	2	3	4	5	6	7	
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Tonelada pescada	ton/motor	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	
Costo Total Operación	USD/motor	\$137,281	\$137,668	\$138,268	\$138,754	\$137,668	\$138,268	\$138,754	
Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$7,181	\$9,053	\$9,253	\$7,857	\$8,378	\$39,380	\$7,857	
Costo Total Depreciación	USD/motor	\$17,320	\$13,856	\$11,085	\$8,868	\$7,094	\$5,675	\$4,540	
Descripción	Unidad	Año							
		8	9	10	11	12	13	14	15
		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Tonelada pescada	ton/motor	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
					Toneladas pescadas totales			69,000	ton/motor
Costo Total Operación	USD/motor	\$138,268	\$137,668	\$137,281	\$139,741	\$137,668	\$137,881	\$139,141	\$137,668
					Costo Total Operaciones			2,071,980	USD/motor
Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$9,253	\$9,053	\$7,181	\$70,507	\$9,053	\$8,057	\$8,378	\$9,053
					Costo Total Mantenimiento			219,495	USD/motor
Costo Total Depreciación	USD/motor	\$3,632	\$2,906	\$2,325	\$1,860	\$1,488	\$1,190	\$952	\$762
					Costo Total Depreciación			83,551	USD/motor
					Costo unitario Operaciones			30.03	USD/ton
					Costo unitario Mantenimiento			3.18	USD/ton
					Costo unitario Depreciación			1.21	USD/ton
					Costo unitario Producción			34.42	USD/ton

Tabla 3.19: Costo unitario de producción del motor marino Cummins KTA19

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Indicadores económicos del motor Cummins X15

En la tabla 3.20 se muestra el valor del indicador económico, Costo del Ciclo de Vida, calculado mediante la ecuación 2.19 y ecuación 2.21, el cual es el flujo neto de todos los costos en cada año llevado al valor presente considerando una tasa de descuento=8% y n=15. El valor del Costo de Ciclo de vida es USD 1,440,013. El “Año 0” representa los costos previos antes del funcionamiento y puesta en marcha del activo. Del “Año 1” al “Año 15”, representan el funcionamiento u operación del activo.

$$\begin{aligned}
 CCV_{KTA19} &= Costo_{adquisición} + Costo_{operación} + Costo_{mantenimiento} + Costo_{eliminación} \\
 &= USD156,469 + USD1,160,152 + USD121,737 + USD1,655 \\
 &= \mathbf{USD\ 1,440,013}
 \end{aligned}$$

En la tabla 3.21 se muestran los costos de operación y mantenimiento en valor futuro. Utilizando la ecuación 2.20 se llevan los valores al presente, y mediante la ecuación 2.21, se obtiene la suma total del valor presente del costo de operación y mantenimiento en el cálculo del horizonte de evaluación para calcular el Costo de Propiedad, cuyo valor es USD 1,281,889.

$$TCO_{KTA19} = C_O + C_M = USD1,160,152 + USD121,737 = \mathbf{USD\ 1,281,889}$$

En la tabla 3.22 se muestran los costos de operación, mantenimiento y depreciación en valor futuro. Utilizando la ecuación 2.23 se calculan los costos unitarios en el horizonte de evaluación para calcular el Costo de Unitario de Producción, cuyo valor es 33.91 USD/ton.

$$C_{u,KTA19} = \frac{USD\ 2,033,767}{69,000\ t} + \frac{USD\ 224,942}{69,000\ t} + \frac{USD\ 80,975}{69,000\ t} = \mathbf{33.91\ \frac{USD}{ton}}$$

Descripción	Unidad	Año							
		0	1	2	3	4	5	6	7
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Toneladas pescadas	ton/motor		4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas operativas	h/motor		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas operativas acumuladas	h/motor		1,169	2,338	3,507	4,676	5,845	7,014	8,183
Costo Adquisición	USD/motor	\$156,469							
Costo Operación									
Operador embarcación (O1, O2, O3 y O4)	USD/motor		\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173
Consumo de diésel D2	USD/motor		\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673
Consumo de aceite 15W-40	USD/motor		\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208
Cambio de aceite 15W-40			\$1,728	\$2,160	\$2,160	\$1,728	\$2,160	\$2,160	\$1,728
Cambio de refrigerante						\$1,178			\$1,178
Cambio de baterías	USD/motor				\$600			\$600	
Costo Total Operación	USD/motor		\$134,782	\$135,214	\$135,814	\$135,960	\$135,214	\$135,814	\$135,960
Costo Mantenimiento									
Mantenimiento Preventivo (PM1, PM2, PM3)	USD/motor		\$5,229	\$7,308	\$8,354	\$6,001	\$6,536	\$5,229	\$6,001
Media Vida	USD/motor							\$34,718	
Overhaul	USD/motor								
Mantenimiento Correctivo	USD/motor		\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104
Costo Total Mantenimiento	USD/motor		\$7,333	\$9,412	\$10,458	\$8,105	\$8,640	\$42,051	\$8,105
Costos de Eliminación									
Costo de desmantelamiento	USD/motor								
Costo de retirada de servicio	USD/motor								
Costo eliminación medioambiental	USD/motor								
Valor de Salvamento	USD/motor								
Costo Total Eliminación	USD/motor								
Costo Total del Ciclo de vida	USD/motor	\$156,469	\$142,115	\$144,627	\$146,272	\$144,066	\$143,854	\$177,865	\$144,066
Costo del Ciclo de Vida (VPN, tasa 8%)	USD/motor	\$1,440,013							

Descripción	Unidad	Año								
		0	8	9	10	11	12	13	14	15
			2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Toneladas pescadas	ton/motor		4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas operativas	h/motor		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas operativas acumuladas	h/motor		9,352	10,521	11,690	12,859	14,028	15,197	16,366	17,535
Costo Adquisición	USD/motor	\$156,469								
Costo Operación										
Operador embarcación (O1, O2, O3 y O4)	USD/motor		\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173	\$26,173
Consumo de diésel D2	USD/motor		\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673	\$106,673
Consumo de aceite 15W-40	USD/motor		\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208	\$208
Cambio de aceite 15W-40			\$2,160	\$2,160	\$1,728	\$2,160	\$2,160	\$1,728	\$2,160	\$2,160
Cambio de refrigerante						\$1,178			\$1,178	
Cambio de baterías	USD/motor		\$600			\$600		\$600		
Costo Total Operación	USD/motor		\$135,814	\$135,214	\$134,782	\$136,992	\$135,214	\$135,382	\$136,392	\$135,214
Costo Mantenimiento										
Mantenimiento Preventivo (PM1, PM2, PM3)	USD/motor		\$8,354	\$7,308	\$5,229	\$5,229	\$7,308	\$7,047	\$6,536	\$7,308
Media Vida	USD/motor									
Overhaul	USD/motor					\$59,686				
Mantenimiento Correctivo	USD/motor		\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104	\$2,104
Costo Total Mantenimiento	USD/motor		\$10,458	\$9,412	\$7,333	\$67,019	\$9,412	\$9,151	\$8,640	\$9,412
Costos de Eliminación										
Costo de desmantelamiento	USD/motor									\$2,000
Costo de retirada de servicio	USD/motor									\$1,200
Costo eliminación medioambiental	USD/motor									\$2,050
Valor de Salvamento	USD/motor									
Costo Total Eliminación	USD/motor									\$5,250
Costo Total del Ciclo de vida	USD/motor	\$156,469	\$146,272	\$144,627	\$142,115	\$204,011	\$144,627	\$144,533	\$145,033	\$149,877
Costo del Ciclo de Vida (VPN, tasa 8%)	USD/motor	\$1,440,013								

Tabla 3.20: Costo del ciclo de vida del motor marino Cummins X15

Fuente: Elaboración propia

Descripción	Unidad	Año						
		1	2	3	4	5	6	7
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Costo Total Operación	USD/motor	\$134,782	\$135,214	\$135,814	\$135,960	\$135,214	\$135,814	\$135,960
Valor Presente	USD/motor	\$124,798	\$115,924	\$107,814	\$99,935	\$92,025	\$85,586	\$79,332
Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$7,333	\$9,412	\$10,458	\$8,105	\$8,640	\$42,051	\$8,105
Valor Presente	USD/motor	\$6,790	\$8,070	\$8,302	\$5,957	\$5,880	\$26,499	\$4,729
Costo Operativo Total	USD/motor							

Descripción	Unidad	Año							
		8	9	10	11	12	13	14	15
		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Costo Total Operación	USD/motor	\$135,814	\$135,214	\$134,782	\$136,992	\$135,214	\$135,382	\$136,392	\$135,214
Valor Presente	USD/motor	\$73,376	\$67,641	\$62,430	\$58,754	\$53,695	\$49,780	\$46,436	\$42,625
VP Costo Total Operación								1,160,152	USD/motor
Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$10,458	\$9,412	\$7,333	\$67,019	\$9,412	\$9,151	\$8,640	\$9,412
Valor Presente	USD/motor	\$5,650	\$4,708	\$3,397	\$28,743	\$3,738	\$3,365	\$2,942	\$2,967
VP Costo Total Mantenimiento								121,737	USD/motor
Costo Operativo Total	USD/motor	VP Costo Operativo Total						1,281,889	USD/motor

Tabla 3.21: Costo de propiedad del motor marino Cummins X15

Fuente: Elaboración propia

Descripción	Unidad	Año							
		1	2	3	4	5	6	7	
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Tonelada pescada	ton/motor	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	
Costo Total Operación	USD/motor	\$134,782	\$135,214	\$135,814	\$135,960	\$135,214	\$135,814	\$135,960	
Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$7,333	\$9,412	\$10,458	\$8,105	\$8,640	\$42,051	\$8,105	
Costo Total Depreciación	USD/motor	\$16,786	\$13,429	\$10,743	\$8,594	\$6,875	\$5,500	\$4,400	
Descripción	Unidad	Año							
		8	9	10	11	12	13	14	15
		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Tonelada pescada	ton/motor	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
					Toneladas pescadas totales			69,000	ton/motor
Costo Total Operación	USD/motor	\$135,814	\$135,214	\$134,782	\$136,992	\$135,214	\$135,382	\$136,392	\$135,214
					Costo Total Operaciones			2,033,767	USD/motor
Costo Total Mantenimiento	USD/motor	\$10,458	\$9,412	\$7,333	\$67,019	\$9,412	\$9,151	\$8,640	\$9,412
					Costo Total Mantenimiento			224,942	USD/motor
Costo Total Depreciación	USD/motor	\$3,520	\$2,816	\$2,253	\$1,802	\$1,442	\$1,154	\$923	\$738
					Costo Total Depreciación			80,975	USD/motor
					Costo unitario Operaciones			29.47	USD/ton
					Costo unitario Mantenimiento			3.26	USD/ton
					Costo unitario Depreciación			1.17	USD/ton
					Costo unitario Producción			33.91	USD/ton

Tabla 3.22: Costo unitario de producción del motor marino Cummins X15

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS, CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de indicadores económicos para la selección de motores diésel marinos y reducción de costos operativos

En el capítulo 3 se recolectó los costos en el ciclo de vida de los motores marinos en evaluación, para su posterior procesamiento en una estructura de costos y se calculó el costo de ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción para cada modelo de motor. De acuerdo a las tablas mostradas en la sección 3.3.2.3 y 3.4 se elabora el consolidado en la tabla 4.1 de las variables dependientes e independientes para su análisis.

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Motor KTA19		Motor X15	
Variable Independiente	Selección de motor diésel basado en el costo de ciclo de vida	Adquisición	-Precio de venta y accesorios			101,430		103,792
			-Costo componentes de repuesto (según ABS/DNV)			29,061		30,647
			-Costo instalación	USD/motor	8,667	150,410.7	9,333	156,469.3
			-Costo entrega técnica (pruebas en vacío y mar)		4,090		5,247	
			-Contingencia (5%)		7,162		7,451	
		Operación	-Costo mano de obra operador		203,661		224,027	
			-Costo consumo de combustible	USD/motor	955,536	1,181,910.0	913,068	1,160,151.8
			-Costo cambio y consumo de aceite		17,982		18,941	
			-Costo cambio de refrigerante y baterías		4,731		4,116	
		Mantenimiento	-Costo mantenimientos preventivos	USD/motor	97,479	117,991.7	103,726	121,736.9
			-Costo mantenimientos correctivos		20,512		18,011	
		Eliminación	-Costo de desmantelamiento		946		630	
			-Costo de retirada de servicio	USD/motor	489	2,159.4	378	1,655.0
			-Costo eliminación medioambiental		725		646	
Variable Dependiente	Reducción de costos operativos	Ciclo de vida	Costo total del Ciclo de Vida en Valor Presente Neto	USD/motor		1,452,471.8		1,440,013.0
			Costo de Propiedad	USD/motor		1,299,901.6		1,281,888.7
			Costo Unitario de Producción	USD/tonelada pescada		34.42		33.91

Tabla 4.1: Indicadores de las dimensiones de la variable independiente y dependiente

Fuente: Elaboración propia

Los constructores de las embarcaciones pesqueras de madera seleccionan el motor KTA19 para su adquisición e instalación principalmente por su sistema mecánico de inyección y control, que les permite una fácil operación y mantenibilidad por no poseer componentes electrónicos. Esta elección, se refuerza por un ahorro de dinero en el costo de adquisición, como se observa en la tabla 4.1. El motor marino Cummins KTA19 posee un costo de adquisición menor, siendo USD 150,410.7, 3.9% menos en costos, en comparación al motor marino Cummins X15 que posee un costo de adquisición de USD 156,469.03. Esta diferencia se debe principalmente por el precio de venta del motor y accesorios y el costo de componentes de repuesto para un servicio continuo a bordo, son mayores en el motor X15. Para la toma de decisión actual de constructores de embarcaciones pesqueras, la selección del motor esta dado por el costo de adquisición más bajo, siendo este el motor KTA19.

Respecto a los costos de operación, el motor KTA19 posee mayores costos que el X15. El costo de operación para el motor KTA19 es de USD 1,181,910 y para el motor X15 es de USD 1,160,151.8, según la tabla 4.1. El motor KTA19 presenta mayor costo de operación debido principalmente al costo de consumo de combustible (según consumo horario promedio de 20.7 gal/h para el KTA19 y 19.8 gal/h para el X15, en base al perfil operativo calculado en la tabla 3.3 y tabla 3.4). El costo de consumo de combustible diésel es aproximadamente el 60-65% del costo del ciclo de vida del motor, siendo este el mayor generador de costo como se aprecia en la figura 4.1. Sin embargo, el costo de operador es mayor en 9.1% para el motor X15, respecto al motor KTA19. Esto debido a que la operación y mantención a bordo de un motor electrónico es más complejo y requiere de una formación especializada. El costo de cambios periódicos de aceite y rellenos por consumo es mayor para el X15 en un 5.1% respecto al motor KTA19 debido a la tecnología electrónica del motor electrónico, diseñado para trabajar a presiones más altas (relación de compresión 17.1:1 para el motor X15, versus, 13.8:1 para el motor KTA19) lo que demanda una mejor lubricación para proteger los componentes internos.

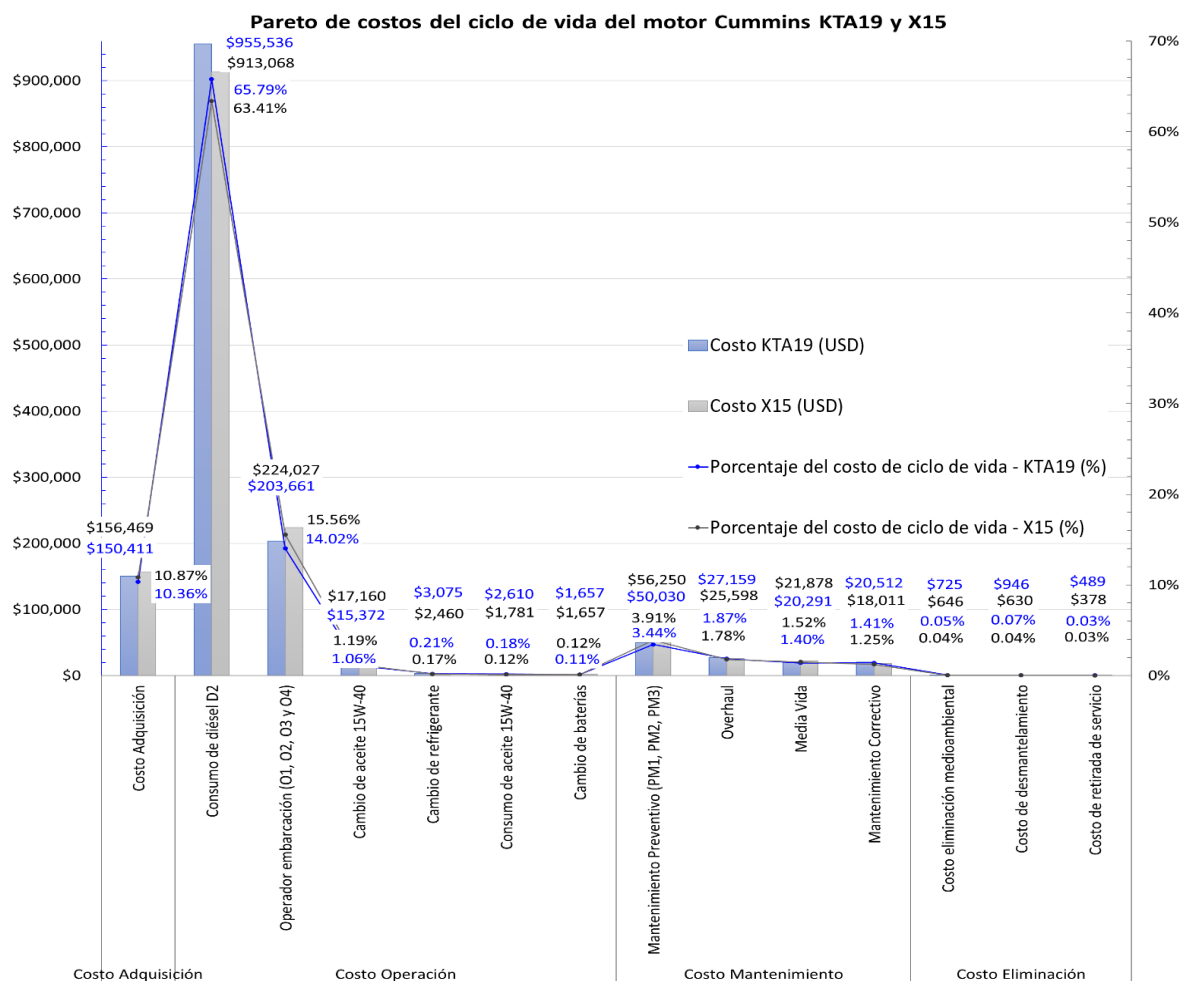


Figura 4.1: Pareto de costos del ciclo de vida del motor Cummins KTA19 y X15

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los costos de mantenimiento, el motor X15 posee mayores costos que el KTA19. El costo de mantenimiento para el motor KTA19 es de USD 117,992, respectivamente, y para el motor X15 es de USD 121,736.9, según la tabla 4.1. El motor X15 posee mayor costo de mantenimiento preventivos, 6.0% mayor respecto al motor KTA19, debido al costo en mano de obra especializada y costos de repuestos para el mantenimiento de componentes relacionado al sistema eléctricos/electrónicos como sensores y ECU y el sistema de combustible common rail. El X15 utiliza sistemas de inyección de combustible de alta presión, que son más complejos que los del KTA19. Mantener estos sistemas implica un costo mayor debido a la necesidad de herramientas de diagnóstico específicas y reemplazo/reparación de componentes costosos, como los

inyectores de alta presión y bomba de combustible. Sin embargo, el costo de mantenimiento correctivo del KTA19 es mayor en 13.9%, respecto al X15 debido que el motor KTA19, posee una tecnología más antigua, lo que significa que no incorpora mejoras tecnológicas y de materiales que permitan aumentar la durabilidad de componentes críticos. Ello conlleva a que las averías sean más frecuentes y que ciertas piezas sufran mayor desgaste en comparación con el X15, así como también su diseño mecánico hace que las reparaciones sean más complicadas y largas, lo que eleva los costos de mano de obra.

El costo de eliminación es mayor en el motor KTA19, USD 2,159, en comparación al motor X15, USD 1,655, debido al costo de desmontaje y retiro en sala de máquinas (tamaño del motor), transporte a la planta de desechos y drenado de fluidos.

El costo total del ciclo de vida en valor presente neto es la suma del costo de adquisición, costo de operación, costo de mantenimiento y costo de eliminación. Según la tabla 4.1., el motor KTA19 posee un costo de ciclo de vida de USD 1,452,471.8, USD 12,459 más que el costo del ciclo de vida del motor X15 el cual es de USD 1,440,013.0. De acuerdo con los resultados del análisis, se observa que el motor X15 con tecnología electrónica es seleccionado en base al costo total del ciclo de vida en valor presente neto, representando un ahorro de 12,459 USD/motor. No hay consideraciones de ingresos en el análisis, por lo tanto, la alternativa con mínima pérdida será seleccionado.

El costo de propiedad se refiere a todos los costos asociados con el uso de activos (costos de operación y mantenimiento) a lo largo de su ciclo de vida útil. Para el motor Cummins KTA19, se obtuvo un costo de propiedad total de USD 1,299,901.6, mientras que para el motor X15, el costo de propiedad es de USD 1,281,888.7. La diferencia en el costo de propiedad entre ambos motores asciende a USD 18,012.9, por lo tanto, el motor X15 es más económico en términos de propiedad durante su vida útil. Esta diferencia se debe a varios factores, como la eficiencia en el consumo de combustible, la frecuencia y costos de mantenimientos, y la vida útil de los componentes principales de cada motor. Si bien la diferencia no es sustancial, la menor inversión requerida para el motor X15 se traduce en

una mejor disponibilidad de recursos financieros para otras operaciones/sistemas de la embarcación.

El costo unitario de producción es un indicador clave que permite evaluar el costo asociado a la captura de cada tonelada de pescado utilizando los motores analizados. Para el motor Cummins KTA19, el costo unitario de producción fue de 34.42 USD/ton, mientras que para el motor X15, se obtuvo un valor de 33.91 USD/ton. La diferencia de 0.512 USD/ton a favor del motor X15 implica un ahorro potencial significativo cuando se considera el volumen de pesca a lo largo del ciclo de vida del motor. Este ahorro es relevante en embarcaciones pesqueras que operan de manera continua y a gran escala, como es el caso de las embarcaciones de 100 toneladas de capacidad de bodega. A medida que se incrementa la cantidad de toneladas pescadas, el ahorro acumulado con el motor X15 se hace más notable, lo que contribuye a una mejor optimización y reducción de los costos operativos.

La comparación de los costos de propiedad y del costo unitario de producción entre el Cummins KTA19 y el X15 sugiere que, aunque ambos motores presentan características adecuadas para la operación de embarcaciones pesqueras, el motor X15 ofrece una ventaja en términos de costos. El menor costo de propiedad y el ahorro en el costo unitario de producción posicionan al motor X15 como una alternativa más rentable para los armadores que buscan reducir sus costos operativos y mejorar la rentabilidad de sus operaciones pesqueras.

Estos resultados serán considerados en el siguiente capítulo, donde se procederá a la contratación de hipótesis para verificar si la selección del motor diésel basada en el costo de ciclo de vida permite efectivamente la reducción de costos operativos en embarcaciones pesqueras de 100 toneladas de capacidad de bodega.

4.2. Análisis de sensibilidad

Los aspectos claves en la selección de motores se enumeran de la siguiente manera: los indicadores económicos de comparación (los cuales se detallaron en la sección 4.1) y el manejo de la incertidumbre y los riesgos. El primero considera varios KPI

económicos, como el costo de ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción. El segundo, incluye la consideración de la incertidumbre y los riesgos. En este sentido, el análisis de sensibilidad es importante porque permite comprender el efecto de las variables o generadores de costos más importantes en los resultados del análisis. Algunos ejemplos de lo que se entiende por incertidumbre son los modos de operación de la embarcación, las condiciones de carga, las horas de operación, el rendimiento del motor, los costos de combustible y la tasa de descuento.

De acuerdo a la figura 4.1, el costo de consumo de combustible es el mayor generador de costos en el ciclo de vida del motor. Para el presente trabajo de investigación, se realizó un análisis de sensibilidad considerando escenarios de diferentes precios del combustible diésel y como este influye en el valor del indicador costo total del ciclo de vida en valor presente neto según se muestra en la figura 4.2.

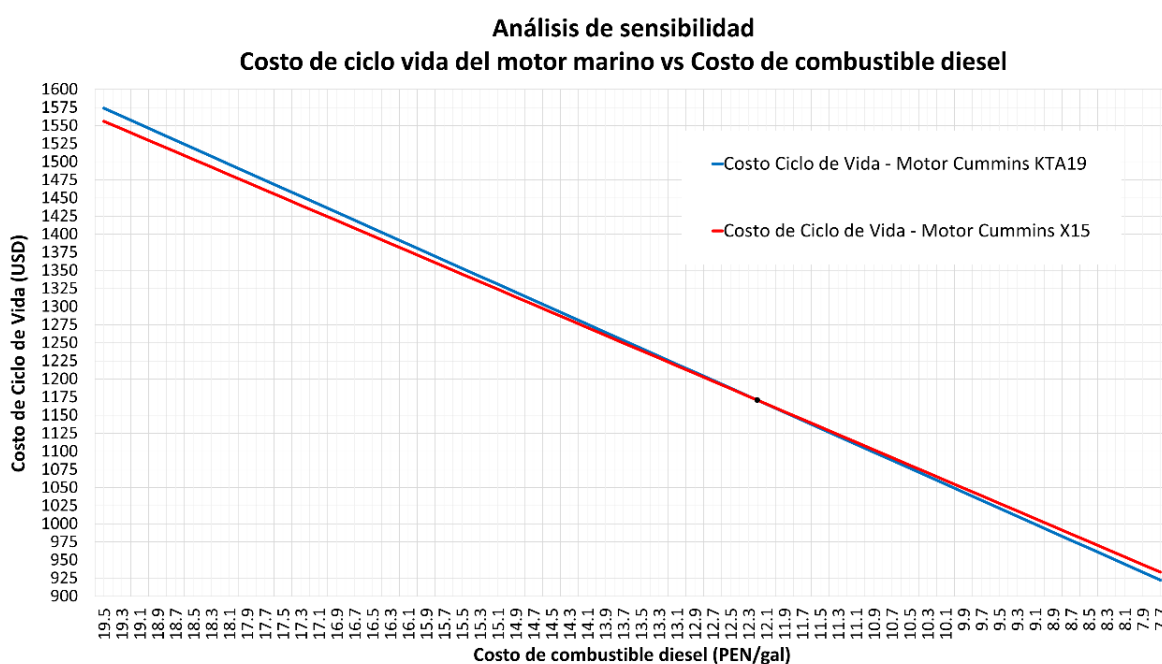


Figura 4.2: Costo del ciclo de vida del motor marino en función al precio venta de combustible

Fuente: Elaboración propia

El motor KTA19 alcanza la igualdad del costo del ciclo de vida con el motor X15 a un precio unitario del combustible de 12.2 PEN/gal, debajo del precio actual, el cual es 17.3 PEN/gal, según la sección 3.3.1.2.2. Por debajo de 12.2 PEN/gal, el valor del costo del

ciclo de vida del motor KTA19 es menor al del motor X15. Por lo tanto, en un escenario en que el costo unitario de combustible es menor al valor descrito, el motor KTA19 es el seleccionado.

Un análisis del costo del ciclo de vida y análisis de sensibilidad considera los costos en el ciclo de vida y los riesgos potenciales antes de tomar una decisión en la selección de un motor diésel con el fin de mejorar la operación de las embarcaciones pesqueras.

4.3. Contrastación de hipótesis

La hipótesis general planteada sostiene que "Seleccionando un motor marino diésel basado en el costo de ciclo de vida se reducirán los costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega." Los resultados obtenidos muestran que el motor Cummins X15 presenta un menor costo total de ciclo de vida, presentando un ahorro de 12,459 USD/motor. Respecto al costo de propiedad, el motor X15 presenta menor costo (USD 1,281,888.7) en comparación con el KTA19 (USD 1,299,901.6). Asimismo, el costo unitario de producción del X15 (33.91 USD/ton) es inferior al del KTA19 (34.42 USD/ton), lo que implica un ahorro de USD 0.512 por tonelada pescada. Este ahorro, cuando se considera a largo plazo y en volúmenes significativos de pesca, se traduce en una reducción importante de los costos operativos de la embarcación. De esta manera, la evidencia respalda la hipótesis general, ya que el análisis del ciclo de vida del motor X15 demuestra que su selección contribuye efectivamente a la reducción de costos operativos en las embarcaciones pesqueras de 100 toneladas.

La primera hipótesis específica establece que "Cuantificando y analizando el costo de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación de dos motores marinos Cummins KTA19 y X15 se selecciona el motor marino diésel." Durante la investigación, se cuantificaron y analizaron todos los costos asociados al ciclo de vida de ambos motores, incluyendo adquisición, operación, mantenimiento y disposición final. Estos análisis permitieron identificar que el motor X15 es la opción con un menor costo total a lo largo de su ciclo de vida, tanto en términos de costos de adquisición como de operación y mantenimiento. Por lo tanto, se confirma que el proceso de análisis detallado de cada uno

de los costos asociados a ambos motores facilita una selección informada, cumpliendo con los criterios establecidos en la hipótesis específica 1.

La segunda hipótesis específica plantea que "Calculando y analizando el valor presente del costo total de ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción de los dos motores se reducen los costos operativos." Los resultados muestran que el cálculo del costo total de ciclo de vida, costo de propiedad y del costo unitario de producción permitió identificar al motor X15 como la opción más económica en comparación con el KTA19, reflejándose en un menor valor presente de los costos totales de operación. Este análisis demuestra que, al considerar los costos en su totalidad y no solo el costo inicial de adquisición, se logran identificar oportunidades de ahorro que impactan directamente en la reducción de los costos operativos. La evidencia obtenida a través del análisis cuantitativo y económico de los costos de ciclo de vida respalda la hipótesis específica 2, demostrando que el análisis integral de los costos contribuye a la selección de un motor que optimiza los recursos y reduce los costos operativos.

Con la validación de las hipótesis específicas y la hipótesis general, se concluye que el enfoque de selección de motores marinos diésel basado en el análisis de costo de ciclo de vida permite a los armadores de embarcaciones pesqueras industriales tomar decisiones más rentables y sostenibles, mejorando así la eficiencia económica de sus operaciones reduciendo los costos operativos.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que la cuantificación y el análisis detallado de los costos de ciclo de vida para los motores Cummins KTA19 y X15 permiten identificar diferencias clave en los costos de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación, proporcionando una base sólida para una selección informada del motor marino diésel. Aunque los constructores de embarcaciones pesqueras de madera tienden a seleccionar el motor KTA19 debido a su costo de adquisición más bajo (una diferencia de USD 6,059, 3.9% menos que el motor X15), el análisis de los costos en el ciclo de vida demostró que el motor X15 es más rentable a largo plazo.
2. El estudio demuestra que el motor X15 posee un menor costo total del ciclo de vida en Valor Presente Neto con USD 1,440,013.0, respecto al motor KTA19, USD 1,452,472, lo que representa un ahorro de 12,459 USD/motor. Se concluye el motor X15 con tecnología electrónica resulta en una mayor eficiencia económica en el largo plazo, contribuyendo así a la reducción de los costos operativos de las embarcaciones pesqueras.
3. Respecto al costo de propiedad, el estudio demostró que el motor X15 es más económico durante su fase uso (operación y mantenimiento), con un costo total de USD 1,281,888.7, frente a los USD 1,299,901.6 del KTA19, lo que representa una diferencia de USD 18,012.9 a favor del X15. Esta ventaja es principalmente a la mayor eficiencia de consumo de combustible en el motor electrónico.
4. Respecto al costo unitario de producción, el motor X15 también demostró ser la opción más rentable, con un costo de 33.91 USD/ton frente a los 34.42 USD/ton del motor KTA19. Esta diferencia de 0.512 USD/ton implica un ahorro significativo cuando se considera el volumen de pesca a lo largo de la vida útil del motor, optimizando así la rentabilidad de las embarcaciones pesqueras a largo plazo.
5. Se concluye que al seleccionar un motor marino basado en el análisis del costo del ciclo de vida se logra reducir los costos operativos en embarcaciones pesqueras

industriales de 100 toneladas de capacidad de bodega. A través de la comparación entre los motores Cummins KTA19 y X15, se concluye que, aunque el motor KTA19 presenta un costo de adquisición más bajo, el X15 ofrece ahorros sustanciales, lo que contribuye a una disminución de los costos operativos de la embarcación.

6. El costo de ciclo de vida es sensible al costo del combustible (aproximadamente un 60-65% del costo del ciclo de vida del motor diésel marino, es el costo por consumo de combustible), por lo tanto, se realizó un de análisis sensibilidad. El motor KTA19 y el motor X15 presentan iguales costos de ciclo de vida a un precio unitario de combustible de 12.2 PEN/gal, valores menores a este, el KTA19 posee menor costo de ciclo de vida en el horizonte de años evaluado. Al estudiar todas las variables y los posibles resultados, el constructor de embarcaciones toma mejores decisiones en la selección del motor diésel.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar continuamente al personal encargado del mantenimiento y operación de los motores, asegurando que estén familiarizados con las especificaciones y necesidades del motor seleccionado.
2. Evaluar el impacto ambiental de los motores, seleccionando aquellos que cumplan con regulaciones ambientales y que emitan menos contaminantes. Esto no solo es favorable desde un punto de vista ético, sino que también tener implicaciones económicas positivas, como la reducción de impuestos o incentivos por parte de reguladores.
3. A medida que surgen nuevas tecnologías en motores marinos, como sistemas de propulsión avanzados o energías renovables, futuros estudios deberán comparar sus costos de ciclo de vida y su viabilidad en la operación de embarcaciones pesqueras con los motores diésel tradicionales.
4. Establecer programas de mantenimiento preventivo rigurosos basados en los hallazgos del análisis de costos, para prolongar la vida útil del motor y reducir el riesgo de fallos costosos.
5. Realizar estudios que evalúen cómo las condiciones climáticas y las características de las aguas (salinidad, temperatura, etc.) afectan el rendimiento y el costo de ciclo de vida de los motores. Estos factores influyen en la durabilidad del motor y en la eficiencia del combustible.

REFERENCIAS

- AENOR. (2017). *UNE-EN 60300-3- 3:2017. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste del ciclo de vida.*
- Alburqueque, F. (2020). *Selección de camiones mineros de 400 ton bajo la norma ISO 15663, para disminuir los costos operativos en la flota de camiones en la empresa Minera Chinalco Perú S.A.*
- American Bureau of Shipping. (2023). *Rules for Building and Classing Marine Vessels - Part 4, Vessel Systems and Machinery.*
- Arana, P. (2020). *Matemáticas Financieras Básicas. Desmitificando su comprensión.*
- Aranha, D. (2017). *Marin Diesel Engines.*
- Australian National Training Authority. (1997). Section 1: Marine Diesel Engines. En *Engineering Knowledge (MED 3), ABF621: Learner's Guide.*
- Barringer, P. (2003). *A Life Cycle Cost Summary.*
- Barringer, P., & Weber, D. (1996). *Life Cycle Cost Tutorial.*
- Bayraktar, M., Yüksel , O., & Göksu, B. (2023). *Classification of Ship Propeller Types and Energy-Saving Devices Under Technology.*
- Calder, N. (2007). *Marine Diesel Engines: Maintenance, Troubleshooting and Repair.*
- Castillejo, A. (2014). *Sistemas de inyección en motores diesel.*
- Caterpillar Inc. (2000). *Marine Engines Application and Installation Guide.*
- Caterpillar Inc. (2022). *Marine Power Solutions.*
- Chuin, M. (2013). *Life Cycle Cost for Modification Project.* Stavanger, Noruega.
- Cornejo, A. (2012). *Selección de una bomba centrífuga mediante el análisis de costo de ciclo de vida - Aplicación planta Aceros Arequipa.* Lima.
- Cummins Inc. (2009). *FR4197 KTA19-M3 Marine Performance Curves.*
- Cummins Inc. (2014). *Quantum System MCRS Marine Engines Project Guide.*
- Cummins Inc. (2018). *Commercial Marine Installation Directions.*
- Cummins Inc. (2023). *Cummins Marine Product Guide.*
- Espinoza, A. (2010). *Determinación de la vida útil de la embarcación pesquera artesanal construida con un tipo de madera en el Puerto del Callao.*
- Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. (2021). *Centros de entrenamiento pesqueros (CEP) de Fondepes.* Obtenido de <https://www.gob.pe/13206-fondo-nacional-de-desarrollo-pesquero-centros-de-entrenamiento-pesqueros-cep-de-fondepes>

- FONDOPES. (2022). *REQ. ADQ 030 : Adquisición de motor marino de centro diésel de 80 HP con recursos provenientes del proyecto de derechos de pesca para la Zonal Paíta en Piura del fondo de desarrollo pesquero.*
- Fuenmayor, E. (2020). *Selección de un activo físico considerando sus costos en el ciclo de vida.*
- Galar, D., Sandborn, P., & Kumar, U. (2017). *Maintenance Costs and Life Cycle Cost Analysis.* Boca Ratón, Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- García, J. (2013). *Contabilidad de Costos.*
- Geer, D. (2001). *Propeller handbook : The complete reference for choosing, installing and understanding boat propellers.*
- Gimeno, J. (2008). *Desarrollo y aplicación de la medida del flujo de cantidad de movimiento de un chorro diésel.*
- González, A. (2021). *Cálculo del Ciclo de Vida de un motor diésel.* Sevilla.
- Götz, G., Panke, C., & Steinbeck, K. (2005). *Guía técnica de proyectos. Aplicación marina.*
- Instituto Peruano de Economía. (2024). Desde el 2022, 19 regiones crecen a un ritmo menor que antes de la pandemia. Obtenido de <https://www.ipe.org.pe/portal/desde-el-2022-19-regiones-crecen-a-un-ritmo-menor-que-antes-de-la-pandemia/>
- ISO 3046-1. (2002). *Reciprocating internal combustion engines — Performance — Part 1: Declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions, and test methods.*
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2020). *Decreto Legislativo N.º 1488.*
- Ministerio de Producción. (2024). PRODUCE: Sector pesquero creció 329.2% en mayo de 2024. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/982353-produce-sector-pesquero-crecio-329-2-en-mayo-de-2024>
- Moubray, J. (2004). *RCM 2: Reliability-centered Maintenance.*
- Osinermin. (2024). *Datos abiertos y seguimiento del sector energético minero.* Obtenido de <https://dassem.osinermin.gob.pe/pages/hidrocarburos-liquidos.html?ubigeo=00#>
- Palocz-Andresen, M. (2012). *Decreasing Fuel Consumption and Exhaust Gas Emissions in Transportation.*
- Parra, C. (2022). *Técnica de Análisis de Costos de Ciclo de Vida (ACCV). Caso basico de estudio: Bus Eléctrico vs. Bus Eléctrico.*
- Reyes, F. (2018). *Determinacion del reemplazo de la flota de cargadores frontales Komatsu WA-380-6 de la empresa Construcción y Administración S.A. mediante la aplicación del Análisis de Costo de Ciclo de vida (LCC) y cálculo de la confiabilidad.* Trujillo.

- Salazar, O. (2016). *Análisis y selección de un sistema de sellado para una bomba de impulsión de lodos basada en la metodología de análisis de costo de ciclo de vida*.
- Sheth, A., & Sarkar, D. (2019). *Life cycle cost analysis for electric vs diesel bus transit in an Indian scenario*.
- SIMAC. (2019). ADT-ML-006-2019-SIMAC: "Adquisición de 02 motores principales para el proyecto remolcador Guanay".
- SIMAC. (2021). ADT-ML-004-2021-SIMAC: "Adquisición de dos trenes de propulsión para el proyecto construcción de una embarcación de transporte y apoyo logístico".
- Van der Lei, T., Herder, P., & Wijnia, Y. (2012). *Asset Management, The State of the Art in Europe from a Life*.
- Welch, I. (2017). *Corporate Finance*.
- Wilson, J. (2005). *Medidas de ahorro de combustible y de costos para armadores de pequeñas embarcaciones pesqueras*. Departamento de Pesca de la FAO.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	1
ANEXO 2: FICHA TÉCNICA MOTOR MARINO CUMMINS KTA19	2
ANEXO 3: FICHA TÉCNICA MOTOR MARINO CUMMINS X15.....	7
ANEXO 4: COSTOS RECOLECTADOS DEL MOTOR CUMMINS KTA19	12
ANEXO 5: COSTOS RECOLECTADOS DEL MOTOR CUMMINS X15.....	13
ANEXO 6: PLAN DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR CUMMINS KTA19.....	14
ANEXO 7: PLAN DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR CUMMINS X15	15
ANEXO 8: COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR CUMMINS KTA19	16
ANEXO 9: COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR CUMMINS X15.....	21
ANEXO 10: ESTRUCTURA DE COSTOS EN EL CICLO DE VIDA DEL MOTOR CUMMINS KTA19.....	26
ANEXO 11: ESTRUCTURA DE COSTOS EN EL CICLO DE VIDA DEL MOTOR CUMMINS X15	27

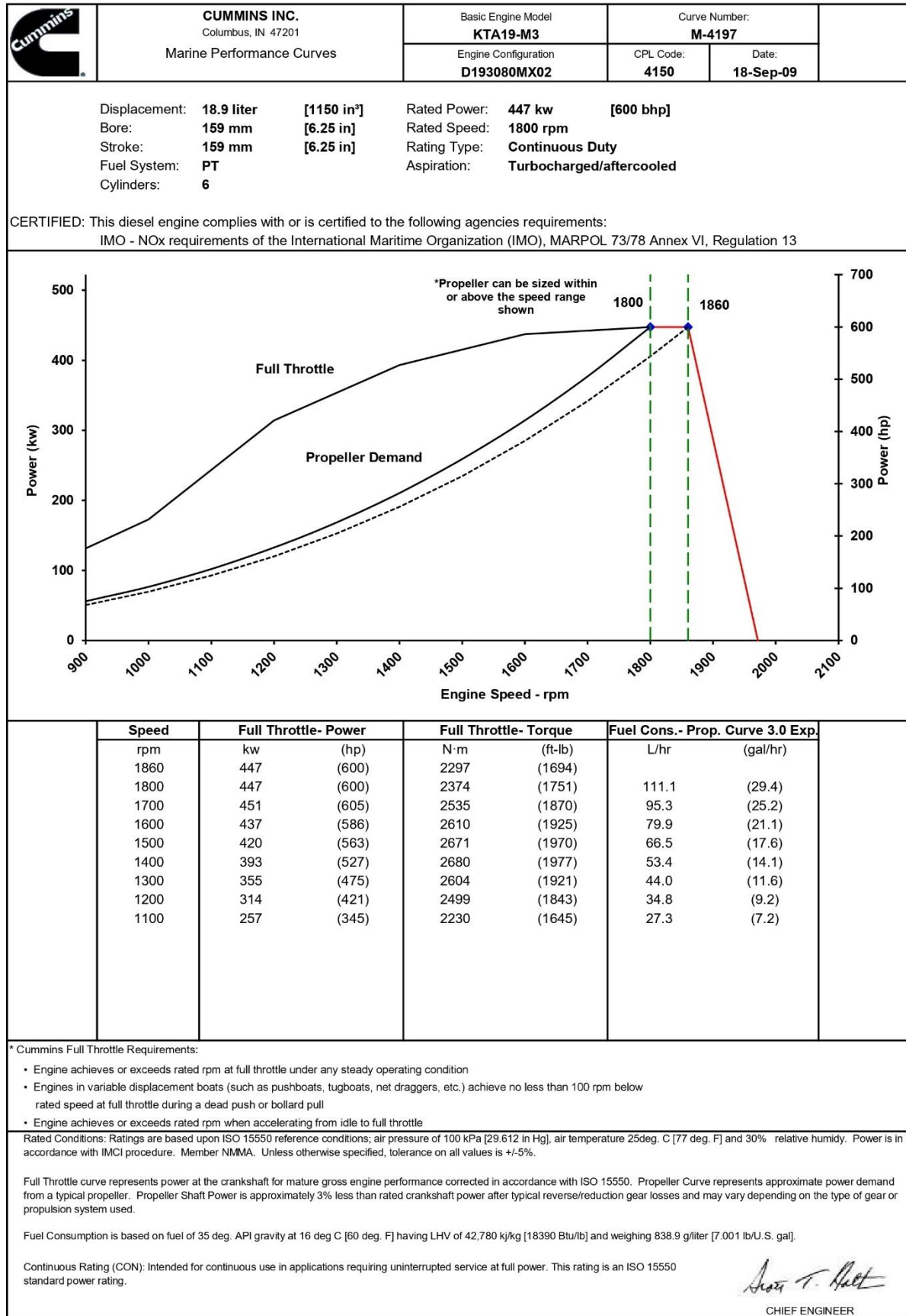
ANEXO 1: Matriz de Consistencia

Título: Selección de motores marinos diésel basado en el costo del ciclo de vida para reducir costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema General: ¿Serán los costos del ciclo de vida de los motores marinos diésel que influyen en una reducción de costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad de bodega?</p>	<p>Objetivo General: Reducir costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega, seleccionando un motor marino diésel basado en el costo de ciclo de vida.</p>	<p>Hipótesis General: Seleccionando un motor marino diésel basado en el costo de ciclo de vida se reducirán los costos operativos en embarcaciones pesqueras industriales de 100 toneladas de capacidad bodega.</p>	<p>Variable independiente: Selección de motor diésel basado en el costo de ciclo de vida.</p> <p>Variable dependiente: Reducción de costos operativos.</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo y Explicativo</p> <p>Método: Analítico</p> <p>Diseño: Experimental</p>
<p>Problemas Específicos: 1. ¿En qué medida una inadecuada recopilación de datos para el análisis del costo de ciclo de vida de un motor marino diésel influye en la selección? 2. ¿En qué medida una incorrecta elección en el procedimiento para el análisis del costo de ciclo de vida de un motor marino diésel influye en la selección?</p>	<p>Objetivos Específicos: 1. Cuantificar y analizar el costo de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación de dos motores marinos Cummins KTA19 y X15 que permitan seleccionar el motor. 2. Calcular y analizar el valor presente del costo total de ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción de los dos motores que permita reducir los costos operativos.</p>	<p>Hipótesis Específicos: 1. Cuantificando y analizando el costo de adquisición, operación, mantenimiento y eliminación de dos motores marinos Cummins KTA19 y X15 se selecciona el motor marino diésel. 2. Calculando y analizando el valor presente del costo total de ciclo de vida, costo de propiedad y costo unitario de producción de los dos motores se reducen los costos operativos.</p>	<p>Población y Muestra: Dos motores marinos KTA19 y X15.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Observación – Guía de observación Entrevista – Guía de Entrevista Análisis documental - Archivos de la empresa Técnicas e instrumentos de análisis y procesamiento de datos: software MS Word y MS Excel</p>	

Tabla 8.1: Matriz de Consistencia

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Ficha técnica motor marino Cummins KTA19



Propulsion Marine Engine Performance Data

Curve No. M-4197
 DS : 4964
 CPL : 4150
 DATE: 18-Sep-09

General Engine Data

Engine Model	KTA19-M3
Rating Type	Continuous Duty
Rated Engine Power	447 [600]
Rated Engine Speed	1800
Rated Power Production Tolerance	3
Rated Engine Torque	2374 [1751]
Peak Engine Torque @ 1400 rpm	2680 [1977]
Brake Mean Effective Pressure	1582 [229]
Indicated Mean Effective Pressure	1823 [264]
Maximum Allowable Engine Speed	N.A.
Maximum Torque Capacity from Front of Crank ²	2374 [1751]
Compression Ratio	13.8:1
Piston Speed	9.5 [1875]
Firing Order	1-5-3-6-2-4
Weight (Dry) - Engine Only - Average	2073 [4570]
Weight (Dry) - Engine With Heat Exchanger System - Average	2246 [4952]
Weight Tolerance (Dry) Engine Only	10.0

Governor Settings

Default Droop Value	Refer to MAB 2.04.00-03/23/2006 for Droop explanation	6%
Minimum Droop Allowed		N/A
Maximum Droop Allowed		N/A
High Speed Governor Break Point		1860
Minimum Idle Speed Setting		650
Normal Idle Speed Variation		25
High Idle Speed Range Minimum		1860
High Idle Speed Range Maximum		2016

Noise and Vibration

Average Noise Level - Top	(Idle)	dBA @ 1m	N.A.
	(Rated)	dBA @ 1m	N.A.
Average Noise Level - Right Side	(Idle)	dBA @ 1m	N.A.
	(Rated)	dBA @ 1m	N.A.
Average Noise Level - Left Side	(Idle)	dBA @ 1m	N.A.
	(Rated)	dBA @ 1m	N.A.
Average Noise Level - Front	(Idle)	dBA @ 1m	N.A.
	(Rated)	dBA @ 1m	N.A.

Fuel System¹

Avg. Fuel Consumption - ISO 8178 E3 Standard Test Cycle	79.8 [21.1]
Fuel Consumption at Rated Speed	111.1 [29.4]
Approximate Fuel Flow to Pump	329.3 [87.0]
Maximum Allowable Fuel Supply to Pump Temperature	60.0 [140]
Approximate Fuel Flow Return to Tank	218.2 [57.6]
Approximate Fuel Return to Tank Temperature	51.7 [125]
Maximum Heat Rejection to Drain Fuel	1.3 [74]
Fuel Pressure - Pump Out/Rail . Mechanical Gauge	1000 [145]
INSITE Reading	1103 [160]

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

¹ Unless otherwise specified, all data is at rated power conditions and can vary $\pm 5\%$.

² No rear loads can be applied when the FPTO is fully loaded. Max PTO torque is contingent on torsional analysis results for the specific drive system. Consult Installation Direction Booklet for Limitations.

³ Heat rejection to coolant values are based on 50% water/50% ethylene glycol mix and do NOT include fouling factors. If sourcing your own cooler, a service fouling factor should be applied according to the cooler manufacturer's recommendation.

⁴ Consult option notes for flow specifications of optional Cummins seawater pumps, if applicable.

⁵ May not be at rated load and speed. Maximum heat rejection may occur at other than rated conditions.

CUMMINS ENGINE COMPANY, INC
 COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins intranet site for most recent data:

<http://marine.cummins.com/>

Propulsion Marine Engine Performance Data

Curve No. M-4197
DS : 4964
CPL : 4150
DATE: 18-Sep-09

Air System¹

Intake Manifold Pressure	kPa [in Hg]	169 [50]
Intake Air Flow	l/sec [cfm]	538 [1140]
Heat Rejection to Ambient	kW [Btu/min]	23 [1309]

Exhaust System¹

Exhaust Gas Flow	l/sec [cfm]	1345 [2,850]
Exhaust Gas Temperature (Turbine Out)	°C [°F]	436 [816]
Exhaust Gas Temperature (Manifold)	°C [°F]	577 [1,070]

Emissions (in accordance with ISO 8178 Cycle E3)

NOx (Oxides of Nitrogen)	g/kw-hr [g/hp-hr]	9.08 [6.77]
HC (Hydrocarbons)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.74 [0.55]
CO (Carbon Monoxide)	g/kw-hr [g/hp-hr]	2.74 [2.04]
PM (Particulate Matter)	g/kw-hr [g/hp-hr]	N.A.

Cooling System¹

Sea Water Pump Specifications	MAB 0.08.17-07/16/2001	
Pressure Cap Rating (With Heat Exchanger Option)	kPa [psi]	103 [15]
Max. Pressure Drop Across Any External Cooling System Circuit	kPa [psi]	34 [5]

Engines without Low Temperature Aftercooling (LTA)

Jacket Water Aftercooled Engine (JWAC)

Coolant Flow to Engine Heat Exchanger	l/min [gal/min]	644 [170]
Standard Thermostat Operating Range (Start to Open)	°C [°F]	82 [180]
Standard Thermostat Operating Range (Full Open)	°C [°F]	95 [202]
Heat Rejection to Engine Coolant ³	kW [Btu/min]	341 [19404]

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

¹ Unless otherwise specified, all data is at rated power conditions and can vary $\pm 5\%$.

² No rear loads can be applied when the FPTO is fully loaded. Max PTO torque is contingent on torsional analysis results for the specific drive system. Consult Installation Direction Booklet for Limitations.

³ Heat rejection to coolant values are based on 50% water/50% ethylene glycol mix and do NOT include fouling factors. If sourcing your own cooler, a service fouling factor should be applied according to the cooler manufacturer's recommendation.

⁴ Consult option notes for flow specifications of optional Cummins seawater pumps, if applicable.

⁵ May not be at rated load and speed. Maximum heat rejection may occur at other than rated conditions.

CUMMINS ENGINE COMPANY, INC
COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins intranet site for most recent data:

<http://marine.cummins.com/>



Cummins Inc.
Marine Engine General Data Sheet

Engine Model: KT/KTA19

Data Sheet: DS-4964
Date: 28-Aug-17

GENERAL ENGINE DATA

Metric [U.S. Customary]

Type	4 cycle, Inline	
Cylinders		6
Bore	mm [in]	159 [6.25]
Stroke	mm [in]	159 [6.25]
Displacement	liter [in ³]	19 [1,150]

ENGINE MOUNTING & ACCESSORY DRIVES

Max. Allowable Bending Moment at Rear Face of Block	N·m [ft·lb]	1356 [1000]
Max. Allowable Axial Thrust Load on Crankshaft	N [lb]	3336 [750]
Min. Axial Clearance at Front Face of Crankshaft for Thermal Expansion	mm [in]	2.02 [0.080]
Crankshaft Radial Load Limit.....	MAB 0.01.09-12/02/2005	
Max. Allowable Radial Load on Front of Crankshaft		
At All Angles	N [lb]	2780 [625]
Max. Allowable Radial Load on Rear of Crankshaft		
At All Angles	N [lb]	2664 [599]
Maximum Operating Angles (see MAB No. 0.16.00-01/18/2007 for definitions and options to gain greater capability)		
Continuous Pitch Angle		
Engine Front Up From Horizontal	Deg.	10°
Engine Front Down From Horizontal	Deg.	3°
Continuous Roll Angle		
"Right" from vertical viewed from flywheel end of engine.....	Deg.	35°
"Left" from vertical viewed from flywheel end of engine.....	Deg.	30°
Intermittent Pitch Angle (intermittent operation less than 1 minute)		
Engine Front Up From Horizontal	Deg.	30°
Engine Front Down From Horizontal	Deg.	30°
Intermittent Roll Angle (intermittent operation less than 1 minute)		
"Right" from vertical viewed from flywheel end of engine.....	Deg.	45°
"Left" from vertical viewed from flywheel end of engine.....	Deg.	45°

FUEL SYSTEM

Maximum Allowable Restriction to Fuel Pump		
Clean Filter	kPa [in Hg]	14 [4.0]
Dirty Filter	kPa [in Hg]	27 [8.0]
Maximum Allowable Return Line Pressure	kPa [in Hg]	22 [6.5]
Maximum Static Pressure at Fuel Pump	kPa [in Hg]	20 [6.0]
Maximum Height of Fuel In Tank Above Fuel Pump	m [ft]	2.47 [8.1]

EXHAUST SYSTEM

Maximum Allowable Back Pressure	kPa [in Hg]	10 [3]
Maximum Bending Moment at Turbine Outlet Mounting Flange	N·m [ft·lb]	22 [16]
Maximum Incremental Direct Load at Turbine Outlet Mounting Flange	kg [lb]	9 [20]

AIR INDUCTION SYSTEM

Max. Allowable Intake Restriction - Turbocharged		
Clean Filter	kPa [in H ₂ O]	4 [15]
Dirty Filter	kPa [in H ₂ O]	6 [25]
Maximum Air Cleaner Inlet Temperature Rise Over Ambient	°C [°F]	17 [30]

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

CUMMINS ENGINE COMPANY, INC
COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins intranet site for most recent data:

<http://marine.cummins.com>



Cummins Inc.
Marine Engine General Data Sheet

Engine Model: KT/KTA19

Data Sheet: DS-4964
Date: 28-Aug-17

LUBRICATION SYSTEM

Oil Consumption Rate (Volume Percent of Fuel Consumption Rate)	%	0.07
Oil Pressure at Normal Operating Temperature		
Idle Speed - Minimum in Main Oil Gallery	kPa [psi]	138 [20]
Rated Speed - Measured in Main Oil Gallery (Low)	kPa [psi]	345 [50]
Rated Speed - Measured in Main Oil Gallery (High)	kPa [psi]	483 [70]
Max. Allowable Oil Temperature (Sump)	°C [°F]	121 [250]
Oil Pan Capacity (Shallow) OP		
Low	liter [gal]	32.2 [8.5]
High	liter [gal]	37.9 [10.0]
Total System Capacity (Max. Sump + Filter(s))	liter [gal]	47.3 [12.5]
Oil Pan Capacity (Deep) OP		
Low	liter [gal]	64.4 [17.0]
High	liter [gal]	71.9 [19.0]
Total System Capacity (Max. Sump + Filter(s))	liter [gal]	81.4 [21.5]
By-Pass Oil Filter Capacity	liter [gal]	2.8 [0.75]

COOLING SYSTEM

Coolant Capacity		
Engine Only	liter [gal]	30.3 [8.0]
Engine Including Heat Exchanger and Integral Expansion Tank.....	liter [gal]	45.4 [12.0]
Min. Coolant Makeup Capacity	liter [gal]	6.1 [1.6]
Max. Pressure Drop Across Any External Cooling System Circuit	kPa [psi]	34.5 [5.0]
Max. Allowable Block Coolant System Pressure	kPa [psi]	241.3 [35.0]
Max. Coolant Temperature at Engine Outlet	°C [°F]	96 [205.0]
Min. Block Coolant Temperature (Warm Engine)	°C [°F]	71 [160.0]
Min. Allowable Coolant Expansion Space	% of System Capacity	5%
Sea Water Pump Specifications.....	Refer to MAB 0.08.17-07/16/2001	

ELECTRICAL AND STARTER SYSTEM

Electrical		12V	24V
Min. Recommended Battery Capacity			
Cold Cranking Amperes Rating (CCA)			900
Marine Cranking Amperes Rating (MCA)			1125
Reserve Capacity (Discharging 25 Amps @ 80 °F)	minutes	320	320
Min. Allowable System Voltage (@ Battery While Running)	Volts	12.0	21.0
Min. Allowable System Voltage (@ Battery While Cranking)	Volts		18
Max. Allowable System Voltage (@ Battery While Running)	Volts	15.5	31.0
Max. Allowable Voltage Drop of Starting Circuit (While Cranking)	Volts		2.6
Min. Engine Cranking Speed	rpm	150	150
Air Starter			
Regulated Pressure for Air Starter System	kPa [psi]	1034	150

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

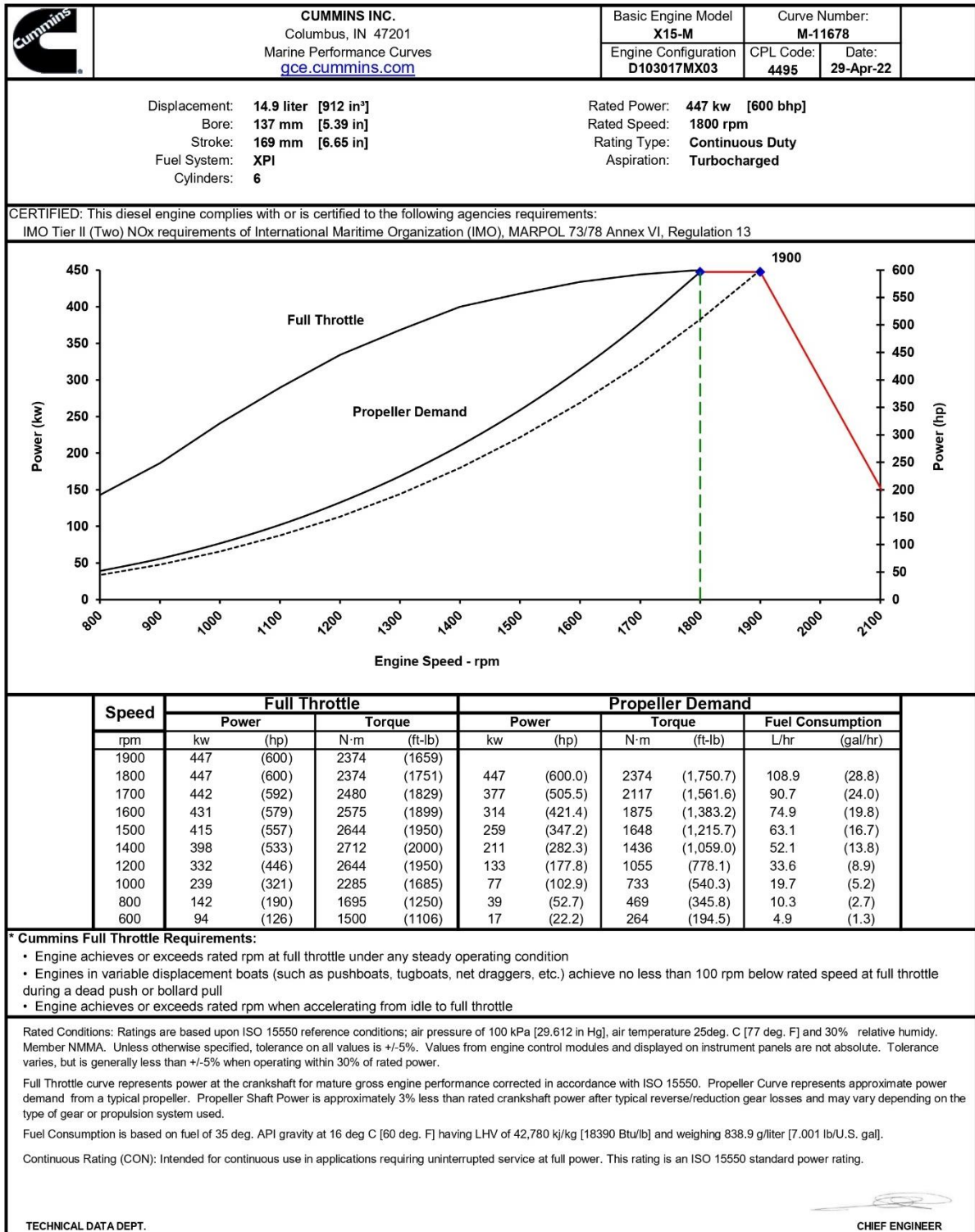
N.A. = Not Available

CUMMINS ENGINE COMPANY, INC
COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins intranet site for most recent data:

<http://marine.cummins.com>

ANEXO 3: Ficha técnica motor marino Cummins X15



Propulsion Marine Engine Performance Data

Curve No. M-11678
DS: M-11678
CPL: 4495
DATE: 29-Apr-22

General Engine Data

Engine Model	X15-M
Rating Type	Continuous Duty
Rated Engine Power	447 [600]
Rated Engine Speed	1800
Rated Power Production Tolerance	±5
Rated Engine Torque	2374 [1751]
Peak Engine Torque @ 1400 rpm	2712 [2000]
Brake Mean Effective Pressure	1995 [289]
Maximum Allowable Engine Speed	2102
Maximum Torque Capacity from Front of Crank ²	1322 [975]
Compression Ratio	17.1:1
Piston Speed	10.1 [1996]
Firing Order	1-5-3-6-2-4
Weight (Dry) - Engine Only - Average	1724 [3800]

Governor Settings

Default Droop Value	Refer to MAB 2.04.00-03/23/2006 for Droop explanation	16%
High Speed Governor Break Point		1900
Default Idle Speed Setting		600
Minimum Idle Speed Setting		550
Normal Idle Speed Variation		±10
High Idle Speed Range Minimum		1800
Maximum		2102

Fuel System¹

Avg. Fuel Consumption - ISO 8178 E3 Standard Test Cycle	75.1 [19.8]
Fuel Consumption at Rated Speed	108.9 [28.8]
Approximate Fuel Flow to Pump	248.3 [65.6]
Maximum Allowable Fuel Supply to Pump Temperature	71.2 [160]
Approximate Fuel Flow Return to Tank	139.4 [36.8]
Approximate Fuel Return to Tank Temperature	61.0 [142]
Maximum Heat Rejection to Drain Fuel	1.5 [85]

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

- ¹ Unless otherwise specified, all data is at rated power conditions and can vary ± 5%.
² No rear loads can be applied when the FPTO is fully loaded. Max PTO torque is contingent on torsional analysis results for the specific drive system. Consult Installation Direction Booklet for Limitations.
³ Heat rejection to coolant values are based on 50% water/50% ethylene glycol mix and do NOT include fouling factors. If sourcing your own cooler, a service fouling factor should be applied according to the cooler manufacturer's recommendation.
⁴ Consult option notes for flow specifications of optional Cummins seawater pumps, if applicable.
⁵ May not be at rated load and speed. Maximum heat rejection may occur at other than rated conditions.

CUMMINS INC.
COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins Web site for the most recent data:

<http://gce.cummins.com/>

Propulsion Marine Engine Performance Data

Curve No. M-11678
DS: M-11678
CPL: 4495
DATE: 29-Apr-22

Air System¹

Intake Manifold Pressure	kPa [in Hg]	195 [58]
Intake Air Flow	l/sec [cfm]	551 [1168]
Heat Rejection to Ambient	kW [Btu/min]	33 [1888.084]

Exhaust System¹

Exhaust Gas Flow	l/sec [cfm]	1380 [2,925]
Exhaust Gas Temperature (Turbine Out)	°C [°F]	571 [1,059]
Exhaust Gas Temperature (Manifold)	°C [°F]	664 [1,227]

Emissions (in accordance with ISO 8178 Cycle E3)

NOx (Oxides of Nitrogen)	g/kw-hr [g/hp-hr]	7.52 [5.61]
HC (Hydrocarbons)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.09 [0.07]
CO (Carbon Monoxide)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.66 [0.49]
PM (Particulate Matter)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.07 [0.05]

Cooling System¹

Sea Water Pump Specifications	MAB 0.08.17-07/16/2001	
Pressure Cap Rating (With Heat Exchanger Option)	kPa [psi]	103 [15]
Max. Coolant Outlet Pressure from the Engine	kPa [psi]	120 [17]
Max. Pressure Drop Across Any External Cooling System Circuit	kPa [psi]	34 [5]

Engines with Low Temperature Aftercooling (LTA)

Single Loop LTA

Coolant Flow to Cooler (with blocked open thermostat)	l/min [gal/min]	468 [124]
LTA Thermostat Operating Range (Start to Open)	°C [°F]	71 [160]
LTA Thermostat Operating Range (Full Open)	°C [°F]	79 [174]
Heat Rejection to Engine Coolant ³	kW [Btu/min]	262 [14900]
Maximum Coolant Inlet Temperature from LTA Cooler	°C [°F]	54 [130]

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

- ¹ Unless otherwise specified, all data is at rated power conditions and can vary $\pm 5\%$.
² No rear loads can be applied when the FPTO is fully loaded. Max PTO torque is contingent on torsional analysis results for the specific drive system. Consult Installation Direction Booklet for Limitations.
³ Heat rejection to coolant values are based on 50% water/50% ethylene glycol mix and do NOT include fouling factors. If sourcing your own cooler, a service fouling factor should be applied according to the cooler manufacturer's recommendation.
⁴ Consult option notes for flow specifications of optional Cummins seawater pumps, if applicable.
⁵ May not be at rated load and speed. Maximum heat rejection may occur at other than rated conditions.

CUMMINS INC.
COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins Web site for the most recent data:

<http://qce.cummins.com/>

Cummins Inc.

Marine Engine General Data Sheet

Engine Model: **X15-M**Data Sheet: **D15-MX-01**Date: **12-Feb-21****GENERAL ENGINE DATA**

	Metric	[U.S. Customary]
Type		4 Cycle - In-line
Cylinders.....		6
Bore	mm [in]	137 [5.39]
Stroke	mm [in]	169 [6.65]
Displacement	liter [in ³]	14.9 [912]

ENGINE MOUNTING & ACCESSORY DRIVES

Max. Allowable Bending Moment at Rear Face of Block	N·m [ft·lb]	2034 [1500]
Max. Allowable Axial Thrust Load on Crankshaft	N [lb]	5338 [1200]
Min. Axial Clearance at Front Face of Crankshaft for Thermal Expansion	mm [in]	0.10 [0.004]
Crankshaft Radial Load Limit.....MAB 0.01.09-12/02/2005		
Max. Allowable Radial Load on Front of Crankshaft		
At 0°	N [lb]	418 [94]
At 90°	N [lb]	3554 [799]
At 180°	N [lb]	13522 [3040]
At 270°	N [lb]	6000 [1349]
Max. Allowable Radial Load on Rear of Crankshaft		
At 0°	N [lb]	24025 [5401]
At 90°	N [lb]	24025 [5401]
At 180°	N [lb]	24025 [5401]
At 270°	N [lb]	24025 [5401]
Maximum Operating Angles (see MAB No. 0.16.00-01/18/2007 for definitions and options to gain greater capability)		
Continuous Pitch Angle		
Engine Front Up From Horizontal	Deg.	22°
Engine Front Down From Horizontal	Deg.	42°
Continuous Roll Angle		
"Right" from vertical viewed from flywheel end of engine.....	Deg.	10°
"Left" from vertical viewed from flywheel end of engine.....	Deg.	34°
Intermittent Pitch Angle (intermittent operation less than 1 minute)		
Engine Front Up From Horizontal	Deg.	30°
Engine Front Down From Horizontal	Deg.	30°
Intermittent Roll Angle (intermittent operation less than 1 minute)		
"Right" from vertical viewed from flywheel end of engine.....	Deg.	45°
"Left" from vertical viewed from flywheel end of engine.....	Deg.	45°

FUEL SYSTEM

Maximum Allowable Restriction to Fuel Pump		
Clean Filter	kPa [in Hg]	17 [5.0]
Dirty Filter	kPa [in Hg]	27 [8.0]
Maximum Allowable Return Line Pressure	kPa [in Hg]	26 [7.8]
Maximum Static Pressure at Fuel Pump	kPa [in Hg]	34 [10.0]
Maximum Height of Fuel In Tank Above Fuel Pump	m [ft]	4.1 [13.5]

EXHAUST SYSTEM

Maximum Allowable Back Pressure	kPa [in Hg]	10 [3.0]
Maximum Bending Moment at Turbine Outlet Mounting Flange	N·m [ft·lb]	27.1 [20.0]
Maximum Incremental Direct Load at Turbine Outlet Mounting Flange	kg [lb]	9.1 [20.0]

AIR INDUCTION SYSTEM

Max. Allowable Intake Restriction - Turbocharged		
Clean Filter	kPa [in H ₂ O]	4 [15]
Dirty Filter	kPa [in H ₂ O]	6 [25]
Maximum Air Cleaner Inlet Temperature Rise Over Ambient	°C [°F]	17 [30]

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

Cummins Inc.**COLUMBUS, INDIANA**

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins intranet site for most recent data:

<http://gce.cummins.com>

Cummins Inc.

Marine Engine General Data Sheet

Engine Model: **X15-M**Data Sheet: **D15-MX-01**Date: **12-Feb-21****LUBRICATION SYSTEM**

Oil Pressure at Normal Operating Temperature			
Idle Speed - Minimum in Filter Head Upstream of Filter	kPa [psi]	181 [26]	
Idle Speed - Minimum in Main Oil Gallery	kPa [psi]	152 [22]	
Rated Speed - Measured in Filter Head Upstream of Filter (Low)	kPa [psi]	365 [53]	
Rated Speed - Measured in Filter Head Upstream of Filter (High)	kPa [psi]	393 [57]	
Rated Speed - Measured in Main Oil Gallery (Low)	kPa [psi]	276 [40]	
Rated Speed - Measured in Main Oil Gallery (High)	kPa [psi]	303 [44]	
Max. Allowable Oil Temperature (Sump)	°C [°F]	126 [258]	
Oil Pan Capacity (Shallow) OP 1212			
Low	liter [gal]	45.4 [12]	
High	liter [gal]	53.0 [14]	
Total System Capacity (Max. Sump + Filter(s))	liter [gal]	56.8 [15]	
Oil Pan Capacity (Deep) OP 1493			
Low	liter [gal]	75.7 [20]	
High	liter [gal]	83.3 [22]	
Total System Capacity (Max. Sump + Filter(s))	liter [gal]	90.8 [24]	
By-Pass Oil Filter Capacity	liter [gal]	3.8 [1.0]	

COOLING SYSTEM

Coolant Capacity			
Engine Only	liter [gal]	33.1 [8.75]	
Engine Including Heat Exchanger and Integral Expansion Tank	liter [gal]	42.6 [11.25]	
Min. Coolant Makeup Capacity	liter [gal]	2.1 [0.56]	
Max. Pressure Drop Across Any External Cooling System Circuit	kPa [psi]	34.5 [5]	
Max. Allowable Block Coolant System Pressure	kPa [psi]	700 [102]	
Max. Coolant Outlet Pressure from the Engine	kPa [psi]	120 [17]	
Max. Coolant Head From Crankshaft Centerline With 15 psi Pressure Cap	m [ft]	53.9 [177]	
Max. Coolant Temperature of the Engine	°C [°F]	96 [205]	
Min. Block Coolant Temperature (Warm Engine)	°C [°F]	68 [155]	
Min. Allowable Coolant Expansion Space	% of System Capacity	6%	
Sea Water Pump Specifications	Refer to MAB 0.08.17 - 07/16/2001		

ELECTRICAL AND STARTER SYSTEM

Electrical		24V	
Min. Recommended Battery Capacity			
Cold Cranking Amperes Rating (CCA)		1150	
Marine Cranking Amperes Rating (MCA)		1438	
Reserve Capacity (Discharging 25 Amps @ 80°F)	minutes	360	
Min. Allowable System Voltage (@ Battery While Running)	Volts	23.0	
Min. Allowable System Voltage (@ Battery While Cranking)	Volts	6	
Max. Allowable System Voltage (@ Battery While Running)	Volts	28.0	
Min. Engine Cranking Speed	rpm	150	
Max. Engine (Running) Current Draw	Amps	25	
Min. Ambient Temperature for Cold Start (No Aids)	°C [°F]	-7 [19]	
Air Starter			
Regulated Pressure for Air Starter System	kPa [psi]	1034 [150]	
Min. Air-Flow for Air Starter System	l/sec [cfm]	684 [1450]	

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

Cummins Inc.
COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins intranet site for most recent data:

<http://gce.cummins.com>

ANEXO 4: Costos recolectados del motor Cummins KTA19

Motor Marino Cummins KTA19

Costo de Adquisición

		Costo Unit. (USD)	Cantidad	Costo Total (USD)	Comentarios:
Precio de Venta	USD	\$ 86,597.76	1	\$ 86,597.76	Valor total del Motor
Instalación de motor y accesorios	USD	\$ 8,666.67	1	\$ 8,666.67	Montaje en bases. Conexiones periféricas
Accesorios					
Silenciador Industrial de 8"	USD	\$ 1,333.33	1	\$ 1,333.33	
Morse Samart ST de 1 palanca para un mot	USD	\$ 423.97	1	\$ 423.97	
Samart Morse Cable 100'	USD	\$ 927.33	1	\$ 927.33	02 unidades cables morse
Kit De Instalación Para Cable Morse C33	USD	\$ 66.64	1	\$ 66.64	02 kits de instalación
Bomba hidráulica de gobierno	USD	\$ 968.11	1	\$ 968.11	
Tanque de Expansión 20 gal	USD	\$ 733.33	1	\$ 733.33	
Displays (incluye harnesses)	USD	\$ 5,066.67	1	\$ 5,066.67	Incluye acoplamiento
Enbrague Hidráulico SP214	USD	\$ 4,693.33	1	\$ 4,693.33	
Filtro Separador Agua-Combustible	USD	\$ 619.29	1	\$ 619.29	
Consumibles para el Arranque y Pruebas de mar					
Aceite	USD	\$ 460.00	1	\$ 460.00	05 baldes de aceite
Refrigerante	USD	\$ 739.64	1	\$ 739.64	01cilindro de refrigerante
Entrega Técnica					
Comisionamiento	USD	\$ 1,734.48	1	\$ 1,734.48	
Pruebas en vacío y navegación	USD	\$ 1,156.32	1	\$ 1,156.32	
Spare Components (7:1)		ABS / DNV Recomendación			
Kit de Cojinete Principal	USD	\$ 1,135.11	1	\$ 1,135.11	Cojinetes principales
Juego de camisas	USD	\$ 367.03	1	\$ 367.03	Camisa de cilindro
Empaque de culata	USD	\$ 58.06	6	\$ 348.36	Cubierta de cilindro
Válvula de admisión	USD	\$ 174.98	2	\$ 349.96	Válvulas de cilindro
Válvula de escape	USD	\$ 268.52	2	\$ 537.04	Válvulas de cilindro
Juego de metales de biela	USD	\$ 60.70	2	\$ 121.40	Cojinetes de biela
Kit de pistón de motor	USD	\$ 942.67	1	\$ 942.67	Pistones
Juego de anillos pistón	USD	\$ 136.65	1	\$ 136.65	Anillos de pistones
Boquilla de refrigeración de pistones	USD	\$ 27.04	1	\$ 27.04	Refrigeración de pistones
Bomba de combustible	USD	\$ 5,609.88	1	\$ 5,609.88	Bomba de inyección de combustible
Tubería de suministro de combustible	USD	\$ 121.17	1	\$ 121.17	Tubería de inyección de combustible
Tubería de suministro de combustible	USD	\$ 84.74	1	\$ 84.74	Tubería de inyección de combustible
Tubería de suministro de combustible	USD	\$ 118.79	1	\$ 118.79	Tubería de inyección de combustible
Empaque de Bomba de Combustible	USD	\$ 86.66	1	\$ 86.66	Tubería de inyección de combustible
Empaque de Carcaza de Postenfriador	USD	\$ 4.48	1	\$ 4.48	Juntas y empaques
Empaque de Múltiple de Escape	USD	\$ 84.50	2	\$ 169.00	Juntas y empaques
Empaque de Turbocargador	USD	\$ 13.11	6	\$ 78.66	Juntas y empaques
Kit empaque de alta	USD	\$ 9.31	1	\$ 9.31	Juntas y empaques
Kit empaque de baja	USD	\$ 1,329.34	1	\$ 1,329.34	Juntas y empaques
Biela de motor	USD	\$ 963.02	1	\$ 963.02	Juntas y empaques
Bomba de aceite lubricante	USD	\$ 1,273.96	1	\$ 1,273.96	Biela
Bomba de refrigerante	USD	\$ 2,116.18	1	\$ 2,116.18	Bomba de aceite
Inyector de combustible	USD	\$ 1,601.00	1	\$ 1,601.00	Bomba de refrigerante
Kit de turbocompresor	USD	\$ 509.81	1	\$ 509.81	Inyector
Motor de Arranque	USD	\$ 4,359.32	1	\$ 4,359.32	Turbocompresor
Turbocompresor	USD	\$ 1,962.88	1	\$ 1,962.88	Arrancador
Varilla de balancín de válvula	USD	\$ 4,359.32	1	\$ 4,359.32	Turbocompresor
Varilla de balancín inyector	USD	\$ 86.25	2	\$ 172.50	Varillas de Empuje
Other Costs 1	USD	\$ 83.07	2	\$ 166.14	Varillas de Empuje
Other Costs 2	USD	definido por el vendedor		\$ -	
Contingencia (%):	5%	definido por el vendedor		\$ -	
Costo Total de Adquisición	USD	definido por DCP		\$ 7,162.41	
				\$ 150,410.71	
Vida útil del activo	Horas	definido por DCP		36,000.00	
Tasa de depreciación	%	definido por DCP		20%	Para maquinaria y equipos se toma hasta un máximo de 20% según MEF. También recomienda dividir el 100% entre la vida útil del activo

Costo de Operación

Mano de Obra

Costo Operador	Cantidad		Factor 1.25% (Alimentación, hospedaje, etc.)	RRHH (Anual)	Costo Anual (USD)
O1	1.0	definido por Cliente	S/	24,000.00	\$ 8,042.90
O2	1.0	definido por Cliente	S/	20,000.00	\$ 6,702.41
O2	1.0	definido por Cliente	S/	14,000.00	\$ 4,691.69
O4	1.0	definido por Cliente	S/	13,000.00	\$ 4,356.57

Consumibles	Unidad	Cantidad o Consumo	Costo por Unidad	Frecuencia (h)	US\$/h	Comments
Combustible D2				May24 al Jul24		
Consumo horario promedio	gal/h	20.7	S/ 17.30			
			\$ 4.61			
Aceite 15W-40						
Consumo horario promedio	gal/h	0.07%	\$ 18.00			
Cambio de aceite	gal	21.5	\$ 18.00	250		
Cambio Refrigerante	gal	90	\$ 16.36	4000		
Batería	Und	2	\$ 300.00	3000		
Other1	Und	0	\$ -	-	NA	
Other2	Und	0	\$ -	-	NA	

Costo de Mantenimiento

Mantenimientos Preventivos

* Si no aplica todos los PMs mencionados describir la información para los ciclos que aplique. Además describir detalladamente todo lo que incluye PM con costos.
* Costos según distribuidora

Descripción	Frecuencia (h)	Costo (USD)
PM1	250	\$ 1,196.24
PM2	1500	\$ 1,871.83
PM3	3000	\$ 2,071.83
PM4 (Media Vida)	6000	\$ 32,198.55
Overhaul	12000	\$ 63,325.51

Mantenimientos Correctivos

* Según historico del fabricante

Factor de Carga	Valor
Indicar Factor de Potencia del perfil operativo (%)	70%
Costo no programado según tabla Cummins (USD/h)	2.05

Costo de Eliminación

Costo de Desmantelamiento

Costo de Desmantelamiento	
Costo de desmontaje	\$ 3,000.00
Costo de retirada de servicio	
Izaje y retiro de sala de máquinas (1 grúa)	\$ 600.00
Transporte planta de desechos	\$ 950.00
Costo eliminación medioambiental	
Descontaminación (drenado de aceite y refrigerante)	\$ 700.00
Tratamiento de residuos peligrosos y disposición final	\$ 1,000.00
Gestión y cumplimiento regulatorio	\$ 600.00
Total	\$ 6,850.00

ANEXO 5: Costos recolectados del motor Cummins X15

Motor Marino Cummins X15

Costo de Adquisición

		Costo Unit. (USD)		Cantidad	Costo Total (USD)	Comentarios:
Precio de Venta	USD	\$	83,928.30	1	\$	83,928.30 Valor total del Motor
Instalación de motor y accesorios	USD	\$	9,333.33	1	\$	9,333.33 Montaje en bases, Conexiones periféricos
Accesorios						
Silenciador Industrial de 6"	USD	\$	1,133.33	1	\$	1,133.33
Morse Samart ST de 1 palanca para un mot	USD	\$	423.97	1	\$	423.97
Samart Morse Cable 100'	USD	\$	927.33	1	\$	927.33 02 unidades cables morse
Kit De Instalación Para Cable Morse C33	USD	\$	66.64	1	\$	66.64 02 kits de instalación
Bomba hidráulica de gobierno	USD	\$	968.11	1	\$	968.11
Tanque de Expansión 20 gal	USD	\$	733.33	1	\$	733.33
Embraque Hidráulico SP214	USD	\$	15,610.59	1	\$	15,610.59 Incluye acoplamiento
Consumibles para el Arranque y Pruebas de mar						
Aceite	USD	\$	460.00	1	\$	460.00 05 baldes de aceite
Refrigerante	USD	\$	739.64	1	\$	739.64 01cilindro de refrigerante
Entrega Técnica						
Comisionamiento	USD	\$	2,890.80	1	\$	2,890.80
Pruebas en vacío y navegación	USD	\$	1,156.32	1	\$	1,156.32
Spare Components (7:1)						
ABS / DNV Recomendación						
Kit de Cojinete Principal	USD	\$	309.38	1	\$	309.38 Cojinetes principales
Juego de camisas	USD	\$	304.74	1	\$	304.74 Camisa de cilindro
Empaque de culata	USD	\$	398.18	1	\$	398.18 Cubierta de cilindro
Válvula de admisión	USD	\$	48.10	2	\$	96.20 Válvulas de cilindro
Válvula de escape	USD	\$	121.00	2	\$	242.00 Válvulas de cilindro
Juego de metales de biela	USD	\$	67.18	2	\$	134.36 Cojinetes de biela
Kit de pistón de motor	USD	\$	1,026.00	1	\$	1,026.00 Pistones
Juego de anillos pistón	USD	\$	276.00	1	\$	276.00 Anillos de pistones
Boquilla de refrigeración de pistones	USD	\$	18.38	1	\$	18.38 Refrigeración de pistones
Bomba de combustible	USD	\$	6,326.00	1	\$	6,326.00 Bomba de inyección de combustible
Tubería suministro de combustible inyector	USD	\$	126.82	1	\$	126.82 Tubería de inyección de combustible
Tubería suministro de combustible inyector	USD	\$	155.16	1	\$	155.16 Tubería de inyección de combustible
Tubería suministro de combustible inyector	USD	\$	152.42	1	\$	152.42 Tubería de inyección de combustible
Tubería suministro de combustible inyector	USD	\$	153.12	1	\$	153.12 Tubería de inyección de combustible
Empaque de Bomba de Combustible	USD	\$	30.06	1	\$	30.06 Juntas y empaques
Empaque de Carcaza de Postenfriador	USD	\$	45.70	1	\$	45.70 Juntas y empaques
Empaque de Múltiple de Escape	USD	\$	8.28	4	\$	33.12 Juntas y empaques
Empaque de Turbocargador	USD	\$	1,170.00	1	\$	1,170.00 Juntas y empaques
Kit empaque de baja	USD	\$	1,034.00	1	\$	1,034.00 Juntas y empaques
Kit empaques de alta	USD	\$	1,756.00	1	\$	1,756.00 Juntas y empaques
Biela de motor	USD	\$	626.00	1	\$	626.00 Biela
Bomba de aceite lubricante	USD	\$	707.92	1	\$	707.92 Bomba de aceite
Bomba de refrigerante	USD	\$	1,170.00	1	\$	1,170.00 Bomba de refrigerante
Inyector de combustible	USD	\$	2,622.28	1	\$	2,622.28 Inyector
Motor de arranque	USD	\$	922.80	1	\$	922.80 Turbocompresor
Turbocompresor	USD	\$	8,040.00	1	\$	8,040.00 Arrancador
Other Costs 1 (ECU)	USD	\$	2,770.00	1	\$	2,770.00 Unidad electrónica de control
Other Costs 2	USD		definido por el vendedor		\$	-
Contingencia (%):	5%	USD	definido por DCP		\$	7,450.92
Costo Total de Adquisición		USD			\$	156,469.26
Vida útil del activo						
Tasa de depreciación		Horas	definido por DCP			36,000.00
		%	definido por DCP			20%
Para maquinaria y equipos se toma hasta un máximo de 20% según MEF. También recomienda dividir el 100% entre la vida útil del activo						

Costo de Operación

Mano de Obra

Costo Operador	Cantidad		RRHH (Anual)	Costo Anual (USD)
O1	1.0	definido por Cliente	S/ 28,400.00	\$ 8,847.18
O2	1.0	definido por Cliente	S/ 22,000.00	\$ 7,372.65
O2	1.0	definido por Cliente	S/ 15,400.00	\$ 5,160.86
O4	1.0	definido por Cliente	S/ 14,300.00	\$ 4,792.23

Consumibles	Unidad	Cantidad o Consumo	Costo por Unidad	Frecuencia (h)	US\$/h	Comments
Combustible D2						
Consumo horario promedio	gal/h	19.8	May24 al Jul24 S/ 17.30		\$ 4.61	
Aceite 15W-40						
Consumo horario promedio	gal/h	0.05%	\$ 18.00			
Cambio de aceite						
	gal	24	\$ 18.00	250		
Cambio Refrigerante						
	gal	72	\$ 16.36	4000		
Bateria						
	Und	2	\$ 300.00	3000		
Other1						
	Und	0	\$ -	-	NA	
Other2						
	Und	0	\$ -	-	NA	

Costo de Mantenimiento

Mantenimientos Preventivos

* Si no aplica todos los PMs mencionados describir la información para los ciclos que aplique. Además describir detalladamente todo lo que incluye PM con costos.
* Costos según distribuidora

Descripción	Frecuencia (h)	Costo (USD)
PM1	250	\$ 1,307.18
PM2	1500	\$ 2,079.36
PM3	3000	\$ 3,125.06
PM4 (Media Vida)	6000	\$ 34,717.78
Overhaul	12000	\$ 59,686.01

Mantenimientos Correctivos

* Según histórico del fabricante

Factor de Carga	Valor
Indicar Factor de Potencia del perfil operativo (%)	70%
Costo no programado según tabla Cummins (USD/h)	1.8

Costo de Eliminación

Costo de Desmantelamiento

Costo de Desmantelamiento	
Costo de desmontaje	\$ 2,000.00
Costo de retirada de servicio	
Izaje y retiro de sala de máquinas (1 grúa)	\$ 500.00
Transporte planta de desechos	\$ 700.00
Costo eliminación medioambiental	
Descontaminación (drenado de aceite y refrigerante)	\$ 600.00
Tratamiento de residuos peligrosos y disposición final	\$ 850.00
Gestión y cumplimiento regulatorio	\$ 600.00
Total	\$ 5,250.00

ANEXO 6: Plan de mantenimiento del motor Cummins KTA19



PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MODELO MOTOR : KTA19

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

		PM1	PM2	PM3	PM4		
ITEM	DESCRIPCION DE TAREAS	Diario	250 Hrs	1500 Hrs	3000 Hrs	6000 Hrs	12000 Hrs
INSPECCION GENERAL CON MOTOR DETENIDO							
1	Verificar Nivel de Aceite de Motor	X	X	X	X	X	
2	Verificar Nivel de Refrigerante	X	X	X	X	X	
3	Revisar presencia de fugas	X	X	X	X	X	
4	Revisar estado de fajas	X	X	X	X	X	
5	Drenar agua de filtros separadores	X	X	X	X	X	
6	Revisar sedimentador de filtros de aire	X	X	X	X	X	
7	Revisar ductos de aire y abrazaderas	X	X	X	X	X	
8	Revisar Mangueras de refrigerante, combustible y abrazaderas	X	X	X	X	X	
9	Revisar Indicador de restricción de filtros de aire (*)	X	X	X	X	X	
10	Limpieza del area de trabajo, Equipo y motor	X	X	X	X	X	
PRUEBAS CON MOTOR ENCENDIDO							
11	Pruebas de arranque y de operación en vacío y con carga	X	X	X	X	X	
12	Toma de parametros de operación del motor	X	X	X	X	X	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
MOTOR							
13	Tomar muestra de aceite de motor		X	X	X	X	
14	Reemplazar aceite de motor y filtros		X	X	X	X	
15	Reemplazar filtros de combustible		X	X	X	X	
16	Reemplazar filtros de refrigerante		X	X	X	X	
17	Revisar/Limpiar respiradero de motor		X	X	X	X	
18	Revisar tension de fajas		X	X	X	X	
19	Verificar Concentracion de DCA		X	X	X	X	
20	Inspeccionar Damper de Vibracion		X	X	X	X	
21	Revisar mangueras de aire		X	X	X	X	
22	Revisar Baterias		X	X	X	X	
23	Reemplazar fajas			X	X	X	
24	Calibracion de Valvulas e Inyectores			X	X	X	
CONTROL							
31	Inspeccionar sensor Presion Aceite, Temp y Nivel Refrigerante	X	X	X	X	X	
32	Revisar ajuste de arneses de tableros de control		X	X	X	X	
33	Revisar estado de arneses de tableros de control		X	X	X	X	
34	Inspeccionar harness del motor hacia los sensores		X	X	X	X	
36	Inspeccionar/Mantenimiento de Arnese s de Control.			X	X	X	
BATERIA							
37	Verificar estado del cargador de bateria estatico	X	X	X	X	X	
38	Inspec. y remover corrosion, limpiar/secar caja exterior de baterias	X	X	X	X	X	
39	Revisar nivel de electrolito		X	X	X	X	
40	Revisar limpieza y ajuste de bornes		X	X	X	X	
41	Medir gravedad especifica o estado de carga		X	X	X	X	
42	Probar respuesta de arranque de motor		X	X	X	X	
SERVICIO DE MEDIA VIDA							
43	Inspeccionar sensor Presion Aceite, Temp y Nivel Refrigerante					X	
44	Revisar ajuste de cables de control y poder					X	
45	Inspeccionar y limpiar cajas de paso, paneles y cabinas					X	
46	Actualizar Software y calibracion de control					X	
47	Inspeccionar/Mantenimiento de Arnese s de Control.					X	
48	Revisar mangueras de aire y refrigerante					X	
49	Reemplazar Empaques (eliminar fugas), Reten Frontal y Posterior					X	
50	Reemplazar Inyectores					X	
51	Mantenimiento / Reemplazo de Bomba de Combustible					X	
52	Mantenimiento / Reemplazo Turbocompresor					X	
53	Reemplazar Bomba de Transferencia de Combustible					X	
54	Remplazar Damper de Vibración					X	
55	Reemplazar Bomba de Agua					X	
56	Inspeccion de Soporte del Ventilador					X	
57	Reemplazar Templador de Faja					X	
58	Cambiar refrigerante de motor.					X	
59	Cambio de Termostatos de Motor					X	
60	Realizar Mantenimiento del Enfriador de Aceite					X	
NOTAS :							
1.- LOS INTERVALOS DE MANTENIMIENTO PUEDEN SER MAS CORTOS EN FUNCION AL REGIMEN, CONDICIONES Y LUGAR DE OPERACIÓN.							
2.- A LAS 6000 HORAS SE CONSIDERA LA REPARACION DE MEDIA VIDA Y SE REALIZA EN LA EMBARCACIÓN.							
3.- LAS REPARACIONES MAYORES (OVERHAUL) SE REALIZA EN LOS TALLERES DE CUMMINS PERÚ.							

OVERHAUL

OVERHAUL

ANEXO 7: Plan de mantenimiento del motor Cummins X15



PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MODELO MOTOR : X15

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ITEM	DESCRIPCION DE TAREAS	Diario	PM1 250 Hrs	PM2 1500 Hrs	PM3 3000 Hrs	PM4 6000 Hrs	12000 Hrs
INSPECCION GENERAL CON MOTOR DETENIDO							
1	Verificar Nivel de Aceite de Motor	X	X	X	X	X	
2	Verificar Nivel de Refrigerante	X	X	X	X	X	
3	Revisar presencia de fugas	X	X	X	X	X	
4	Revisar estado de fajas	X	X	X	X	X	
5	Drenar agua de filtros separadores	X	X	X	X	X	
6	Revisar sedimentador de filtros de aire	X	X	X	X	X	
7	Revisar ductos de aire y abrazaderas	X	X	X	X	X	
8	Revisar Mangueras de refrigerante, combustible y abrazaderas	X	X	X	X	X	
9	Revisar Indicador de restricción de filtros de aire (*)	X	X	X	X	X	
10	Limpieza del área de trabajo, Equipo y motor	X	X	X	X	X	
PRUEBAS CON MOTOR ENCENDIDO							
11	Pruebas de arranque y de operación en vacío y con carga	X	X	X	X	X	
12	Toma de parámetros de operación del motor	X	X	X	X	X	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
13	Anodo de Zinc - Reemplazar		X	X	X	X	
14	Filtro de Aceite - Reemplazar		X	X	X	X	
15	Separador de combustible - Reemplazar		X	X	X	X	
16	Filtro de combustible (tipo giratorio) - Reemplazar		X	X	X	X	
17	Calibración de Válvulas			X	X	X	
18	Aditivo de refrigerante (SCA) y concentración de anticongelante -			X	X	X	
19	Filtro de refrigerante - Cambio		X	X	X	X	
20	Tapa de presión del Tanque de expansión - Revisar			X	X	X	
21	Ensamble del filtro de aire (montado en el motor) - Limpiar			X	X	X	
22	Tubería de admisión de aire - Revisar			X	X	X	
23	Baterías - Revisar			X	X	X	
24	Cables de batería y conexiones - Revisar			X	X	X	
25	Harness de motor - Revisar			X	X	X	
26	Pernos de montaje del motor - Inspeccionar para reutilizar			X	X	X	
27	Aislador de vibraciones - Revisar			X	X	X	
28	Conjunto de posenfriador - Limpiar			X	X	X	
CONTROL C-COMMAND							
29	Inspeccionar sensor Presión Aceite, Temp y Nivel Refrigerante	X	X	X	X	X	
30	Revisar ajuste de cables de control y poder			X	X	X	
31	Inspeccionar y limpiar cajas de paso, paneles y cabinas			X	X	X	
32	Actualizar Software y calibración de control			X	X	X	
33	Inspeccionar/Mantenimiento de Arneses de Control.				X	X	
BATERIA							
34	Verificar estado del cargador de batería estatico	X	X	X	X	X	
35	Inspec. y remover corrosión, limpiar/secar caja exterior de baterías	X	X	X	X	X	
36	Revisar nivel de electrolito		X	X	X	X	
37	Revisar limpieza y ajuste de bornes		X	X	X	X	
38	Medir gravedad específica o estado de carga		X	X	X	X	
39	Probar respuesta de arranque de motor		X	X	X	X	
SERVICIO DE MEDIA VIDA							
40	Inspeccionar sensor Presión Aceite, Temp y Nivel Refrigerante					X	
41	Revisar ajuste de arneses de tableros de control					X	
42	Revisar estado de arneses de tableros de control					X	
43	Inspeccionar harness del motor hacia los sensores					X	
44	Inspeccionar/Mantenimiento de Arneses de Control.					X	
45	Revisar mangueras de aire y refrigerante					X	
46	Reemplazar Empaques (eliminar fugas), Reten Frontal y Posterior					X	
47	Reemplazar / Reparar Inyectores					X	
48	Mantenimiento / Reemplazo de Bomba de Combustible					X	
49	Mantenimiento / Reemplazo Turbocompresor					X	
50	Reemplazar Bomba de Transferencia de Combustible					X	
51	Limpieza Damper de Vibración					X	
52	Reemplazar Bomba de Agua					X	
53	Inspección de Soporte del Ventilador					X	
54	Reemplazar Templador de Faja					X	
55	Cambiar refrigerante de motor.					X	
56	Cambio de Termostatos de Motor					X	
57	Cambio de mangueras de agua					X	
58	Realizar Mantenimiento del Enfriador de Aceite					X	

OVERHAUL

NOTAS :

- 1.- LOS INTERVALOS DE MANTENIMIENTO PUEDEN SER MAS CORTOS EN FUNCION AL REGIMEN, CONDICIONES Y LUGAR DE OPERACIÓN.
- 2.- A LAS 6000 HORAS SE CONSIDERA LA REPARACION DE MEDIA VIDA Y SE REALIZA EN LA EMBARCACIÓN.
- 3.- LAS REPARACIONES MAYORES (OVERHAUL) SE REALIZA EN LOS TALLERES DE CUMMINS PERÚ.

ANEXO 8: Costos de mantenimiento del motor Cummins KTA19



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS KTA19

MOTOR CUMMINS KTA19					
SERVICIO POR 250 HORAS					
Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
1	LF670	Filtro de aceite	2	\$ 14.39	\$ 28.78
2	FF105D	Filtro de combustible	2	\$ 9.46	\$ 18.92
3	LF777	Filtro By Pass de aceite	1	\$ 18.14	\$ 18.14
4	WF2075	Filtro de refrigerante	1	\$ 17.45	\$ 17.45
5	AF872	Filtro de aire	1	\$ 82.80	\$ 82.80
6	FS19765	Filtro combustible 25 micras	1	\$ 24.15	\$ 24.15
Total Repuestos :					\$ 190.24
MANO DE OBRA					
7		Mano de Obra	1	\$ 756.00	\$ 756.00
8		Materiales y consumibles	1	\$ 30.00	\$ 250.00
Total MO :					\$ 1,006.00
SUB TOTAL					\$ 1,196.24
IGV (18%)					\$ 215.32
PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR 250 HORAS (incluido IGV)					\$ 1,411.56

Servicio Incluye:

Check list según plan de mantenimiento por 250 horas

Mantenimiento preventivo de motor Cummins K19

Arranque y pruebas de motor Cummins K19 en vacío y bajo carga según disponibilidad

Importante

Costo del servicio considerando atención en Puerto Chimbote

Servicio a realizar en interior de EP

Condiciones Generales**Garantía** : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)**Tiempo de entrega de la reparación:** 1 Día útil después de recibida la orden de compra por reparación.**Tarifa incluye** : Mano de obra y repuestos



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS KTA19

MOTOR CUMMINS KTA19

SERVICIO POR 1500 HORAS					
Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
1	LF670	Filtro de aceite	2	\$ 14.39	\$ 28.78
2	FF105D	Filtro de combustible	2	\$ 9.46	\$ 18.92
3	LF777	Filtro By Pass de aceite	1	\$ 18.14	\$ 18.14
4	WF2075	Filtro de refrigerante	1	\$ 17.45	\$ 17.45
5	AF872	Filtro de aire	1	\$ 82.80	\$ 82.80
6	FS19765	Filtro combustible 25 micras	1	\$ 24.15	\$ 24.15
7	CM492007600	Empaque de tapa de balancin	6	\$ 17.47	\$ 104.82
8	CM541298700	Faja de motor	1	\$ 14.77	\$ 14.77
Total Repuestos :					\$ 309.83

MANO DE OBRA					
9	Mano de Obra		1	\$ 1,512.00	\$ 1,512.00
10	Materiales y consumibles		1	\$ 50.00	\$ 50.00
			Total MO :		\$ 1,562.00
			SUB TOTAL		\$ 1,871.83
			IGV (18%)		\$ 336.93

COSTO POR EL SERVICIO DE 1,500 HORAS (incluido IGV) \$ 2,208.76

Servicio Incluye:

Check list según plan de mantenimiento por 1500 horas

Afinamiento de motor Cummins K19

- Calibración de valvulas de admision

- Calibración de valvulas de escape

- Calibración de inyectores

Mantenimiento preventivo de motor Cummins K19

Arranque y pruebas de motor Cummins K19 en vacío y bajo carga según disponibilidad

Importante

Costo del servicio considerando atención en Puerto Chimbote

Servicio a realizar en interior de EP

Condiciones Generales

Garantía : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)

Tiempo de entrega de la reparación: 2 Día útil después de recibida la orden de compra por reparación.

Tarifa incluye : Mano de obra y repuestos



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS KTA19

MOTOR CUMMINS KTA19

SERVICIO POR 3000 HORAS

Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
------	--------	-------------	----------	--------------	--------------

PREVENTIVO

1	LF670	Filtro de aceite	2	\$ 14.39	\$ 28.78
2	FF105D	Filtro de combustible	2	\$ 9.46	\$ 18.92
3	LF777	Filtro By Pass de aceite	1	\$ 18.14	\$ 18.14
4	WF2075	Filtro de refrigerante	1	\$ 17.45	\$ 17.45
5	AF872	Filtro de aire	1	\$ 82.80	\$ 82.80
6	FS19765	Filtro combustible 25 micras	1	\$ 24.15	\$ 24.15
7	CM492007600	Empaque de tapa de balancin	6	\$ 17.47	\$ 104.82
8	CM541298700	Faja de motor	1	\$ 14.77	\$ 14.77
Total Repuestos :					\$ 309.83

MANO DE OBRA

9	Mano de Obra	1	\$ 1,512.00	\$ 1,512.00
10	Materiales y consumibles	1	\$ 250.00	\$ 250.00
			Sub Total :	\$ 1,762.00

LABORATORIO

11	Mantenimiento de bomba de inyeccion e inyectores	1	\$ 0.00	\$ 0.00
			Total ST :	\$ 0.00

SUB TOTAL

\$ 2,071.83

IGV (18%)

\$ 372.93

PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR 3,000 HORAS (incluido IGV)

\$ 2,444.76

Servicio Incluye:

Check list según plan de mantenimiento por 3000 horas

Afinamiento de motor Cummins K19

- Calibración de valvulas de admision
- Calibración de valvulas de escape
- Calibración de inyectores

Mantenimiento preventivo de motor Cummins K19

Arranque y pruebas de motor Cummins K19 en vacio y bajo carga según disponibilidad

Importante

Costo del servicio considerando atención en Puerto Chimbote

Servicio a realizar en interior de EP

Condiciones Generales

Garantía : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)

Tiempo de entrega de la reparación: 3 Días útiles después de recibida la orden de compra por reparación.

Tarifa incluye : Mano de obra ,servicio de terceros , repuestos



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS KTA19

MOTOR CUMMINS KTA19

SERVICIO POR 6,000 HORAS (REPARACION MID LIFE)

Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
PREVENTIVO					
1	LF670	Filtro de aceite	2	\$ 14.39	\$ 28.78
2	FF105D	Filtro de combustible	2	\$ 9.46	\$ 18.92
3	LF777	Filtro By Pass de aceite	1	\$ 18.14	\$ 18.14
4	WF2075	Filtro de refrigerante	1	\$ 17.45	\$ 17.45
5	AF872	Filtro de aire	1	\$ 82.80	\$ 82.80
6	FS19765	Filtro combustible 25 micras	1	\$ 24.15	\$ 24.15
7	CM492007600	Empaque de tapa de balancin	6	\$ 17.47	\$ 104.82
8	CM541298700	Faja de motor	1	\$ 14.77	\$ 14.77
9	CM316406700	*** Formador De Empaques	2	28.88	\$ 57.76
MOTOR BASE					
10	CM435257800	Kit empaques alta	1	\$ 1,329.34	\$ 1,329.34
11	CM437651200	Kit empaques baja	1	\$ 963.02	\$ 963.02
SISTEMA LUBRICACIÓN					
12	CM306579000	Junta de la Carcasa del Enfr de Aceite	1	\$ 33.17	\$ 33.17
SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE					
13	CM380351800	Valvula de admision	12	\$ 241.90	\$ 2,902.80
14	CM380352800	Valvula de escape	12	\$ 268.52	\$ 3,222.24
15	CM308619200	Inserto De Valvula	12	\$ 72.55	\$ 870.60
16	CM308619300	Inserto de valvula	12	\$ 78.34	\$ 940.08
17	CM020509300	Asiento de valvula escape	12	\$ 73.11	\$ 877.32
18	CM364372500	Resorte de valvula	24	\$ 36.12	\$ 866.88
19	CM364031500	Rotor de valvula	24	\$ 25.42	\$ 610.08
20	CM320221000	Guia de valvula	24	\$ 32.73	\$ 785.52
21	CM020509400	Retenedor	24	\$ 13.64	\$ 327.36
22	CM020509100	Seguro valvula	48	\$ 2.36	\$ 113.28
23	CM020622400	Tapon	12	\$ 7.10	\$ 85.20
24	CM020540100	Tapon	48	\$ 5.22	\$ 250.56
SISTEMA DE COMBUSTIBLE					
25	CM380378000	Kit reparacion bomba	1	\$ 235.64	\$ 235.64
26	CM304078300	PLUNGER GOVERNADOR	1	\$ 76.98	\$ 76.98
27	CM021281300	ACOPLE	1	\$ 85.14	\$ 85.14
28	CM380381500	RETEN	1	\$ 74.26	\$ 74.26
29	CM012983900	PLACA	1	\$ 4.30	\$ 4.30
30	CM304668600	EJE DE ACELERADOR	1	\$ 132.94	\$ 132.94
31	CM307422500	B/P A.F.C.	1	\$ 314.26	\$ 314.26
32	CM302498900	Assembly, Upper Weight	1	\$ 304.46	\$ 304.46
33	CM010726100	Weight, Governor	2	\$ 218.08	\$ 436.16
34	CM015759400	Arandela	4	\$ 5.86	\$ 23.44
35	CM012401900	Seguro	2	\$ 7.70	\$ 15.40
36	CM307612500	BARRIL Y EMBOLO	6	\$ 498.70	\$ 2,992.20
37	CM307771600	TOBERA	6	\$ 139.99	\$ 839.94
38	CM305221800	TOPE	6	\$ 27.60	\$ 165.60
39	CM019373600	ORINGS	18	\$ 2.01	\$ 36.18
40	CM300870600	FILTRO	6	\$ 3.76	\$ 22.56
41	CM017396600	EMPAQUE	6	\$ 0.80	\$ 4.80
42	CM304242800	RESORTE	3	\$ 20.02	\$ 60.06
43	CM304242700	RESORTE	3	\$ 20.02	\$ 60.06
44	CM380470000	KIT STC.	6	\$ 22.80	\$ 136.80
45	CM327985000	TUERCAS	4	\$ 43.34	\$ 173.36
46	CM303534600	Valve, Shutoff	1	\$ 321.54	\$ 321.54
SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN					
47	CM380325700	Kit de Reparacion	1	\$ 369.71	\$ 369.71
48	CM532392600	Impulsor de turbo	1	\$ 415.58	\$ 415.58
49	CM305615800	Tuerca Hexagonal con Brida	4	\$ 7.28	\$ 29.12
50	CM339313000	Bulbo	4	\$ 26.83	\$ 107.32
51	CM317139800	Junta del Turbocargador	1	\$ 18.56	\$ 18.56
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN					
52	CM380315300	Kit repair bomba de agua.	1	\$ 632.45	\$ 632.45
53	CM020524300	Impellr bomba de agua.	1	\$ 454.73	\$ 454.73
54	CM013567500	Termostato	2	\$ 67.10	\$ 134.20
55	CM018678000	Oring de termostato	2	\$ 22.88	\$ 45.76
Total Repuestos :				\$ 23,268.55	
MANO DE OBRA					
56		MO por servicio	1	\$ 3,780.00	\$ 3,780.00
57		Materiales y consumibles	1	\$ 350.00	\$ 350.00
Total MO :				\$ 4,130.00	
SERVICIOS TERCEROS					
58		Servicio de reparacion por terceros (bomba de inyeccion, inyectores, turbocargador, bomba de agua, aftercooler, enfriadores)	1	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00
Total ST :				\$ 4,800.00	
SUB TOTAL				\$ 32,198.55	
IGV (18%)				\$ 5,795.74	
PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR MID LIFE (incluido IGV)				\$ 37,994.29	

Servicio Incluye:

Check list según plan de mantenimiento por 6000 horas (mid life)
 Desmontaje de componentes del motor K19
 Desmontaje / mantenimiento de culatas, aftercooler, enfriadores / montaje de componentes
 Desmontaje / evaluación y mantenimiento de turbocargadores / montaje de componentes
 Desmontaje / evaluación y mantenimiento de bomba de agua / montaje de componente
 Desmontaje / evaluación y mantenimiento de inyectores / montaje de componente
 Desmontaje / evaluación y mantenimiento de bomba de inyección / montaje de componente
 Ensamble de motor Cummins K19 y reemplazo de componentes dentro de EP
 Evaluación y reemplazo de componentes del sistema de lubricación
 Evaluación y reemplazo de componentes del sistema de refrigeración
 Evaluación y reemplazo de componentes del sistema de admisión
 Evaluación y reemplazo de componentes del sistema de escape
 Arranque de motor K19 y monitoreo de parametros de funcionamiento
 Pruebas en vacío y bajo carga del motor Cummins K19 según disponibilidad

Importante

Costo de reparacion es considerando atencion en Puerto Chimbote
 Reparacion a realizarse en interior de EP

Condiciones Generales

Garantía : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)
Tiempo de entrega de la reparacion: 5 Días útiles después de recibida la orden de compra por reparación.
Tarifa incluye : Mano de obra ,servicio de terceros , repuestos



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS KTA19

MOTOR CUMMINS KTA19

SERVICIO POR OVERHAUL : 12000 a 13000 HORAS (275,000 galones de D2 consumidos)

Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
PREVENTIVO MOTOR					
1	LF670	Filtro de aceite	2	\$ 14.39	\$ 28.78
2	FF105D	Filtro de combustible	2	\$ 9.46	\$ 18.92
3	LF777	Filtro By Pass de aceite	1	\$ 18.14	\$ 18.14
4	WF2075	Filtro de refrigerante	1	\$ 17.45	\$ 17.45
5	AF872	Filtro de aire	1	\$ 82.80	\$ 82.80
6	FS19765	Filtro combustible 25 micras	1	\$ 24.15	\$ 24.15
7	CM492007600	Empaque de tapa de balancin	6	\$ 17.47	\$ 104.82
8	CM541298700	Faja de motor	1	\$ 14.77	\$ 14.77

MOTOR BASE					
9	CM435257800	Kit empaques alta	1	\$ 1,329.34	\$ 1,329.34
10	CM437651200	Kit empaques baja	1	\$ 963.02	\$ 963.02
11	CMAR1227000	Shell, Main Bearing STD	1	\$ 1,135.11	\$ 1,135.11
12	CM437176900	Kit de camisas K19	6	\$ 367.03	\$ 2,202.18
13	CM363124600	Kit de piston	6	\$ 942.67	\$ 5,656.02
14	CM495597500	Kit de anillos piston	6	\$ 136.65	\$ 819.90
15	CM020584000	Metal o biela	12	\$ 60.70	\$ 728.40
16	CM304390900	Bocina de biela	6	\$ 80.14	\$ 480.84
17	CM300751700	Nozzle, Piston Cooling	6	\$ 27.04	\$ 162.24
18	CM306595000	Screw, Captive Washer Cap	12	\$ 14.11	\$ 169.32
19	CM302548200	Screw, Twelve Point Cap	14	\$ 51.45	\$ 720.30
20	CM302583400	Bocina de eje de levas	7	\$ 46.16	\$ 323.12
21	CM301679200	Seal, Oil	1	\$ 83.69	\$ 83.69
22	CM301679400	Seal, Oil	1	\$ 81.20	\$ 81.20
23	CM362889500	Seal, Oil	1	\$ 81.20	\$ 81.20
24	CM316092400	Seal, Dust	1	\$ 27.72	\$ 27.72
25	CM364816200	Seal, Dust	1	\$ 36.04	\$ 36.04
26	CM380385200	Seal, Dust	1	\$ 104.80	\$ 104.80
27	CM303021200	Reten posterior motor	1	\$ 335.26	\$ 335.26
28	CM020524700	Oring de reten	1	\$ 20.88	\$ 20.88
29	CM309626000	Seal, Rectangular Ring	1	\$ 57.15	\$ 57.15
30	CM303457200	Pickup, Magnetic	1	\$ 287.94	\$ 287.94
31	CM316406700	*** Formador De Empaques	4	\$ 28.88	\$ 115.52

SISTEMA DE COMBUSTIBLE					
33	CM380378000	Kit reparacion bomba	1	\$ 235.64	\$ 235.64
34	CM304076300	PLUNGER GOVERNADOR	1	\$ 76.98	\$ 76.98
35	CM021261300	ACOPLE	1	\$ 85.14	\$ 85.14
36	CM380361500	RETEN	1	\$ 74.26	\$ 74.26
37	CM012983900	PLACA	1	\$ 4.30	\$ 4.30
38	CM304658600	EJE DE ACELERADOR	1	\$ 132.94	\$ 132.94
39	CM307422500	B/P A.F.C.	1	\$ 314.26	\$ 314.26
40	CM302498900	Assembly, Upper Weight	1	\$ 304.46	\$ 304.46
41	CM010726100	Weight, Governor	2	\$ 218.08	\$ 436.16
42	CM015759400	Arandela	4	\$ 5.86	\$ 23.44
43	CM012401900	Seguro	2	\$ 7.70	\$ 15.40
44	CM307612500	BARRIL Y EMBOLO	6	\$ 498.70	\$ 2,992.20
45	CM307771600	TOBERA	6	\$ 139.99	\$ 839.94
46	CM305221800	TOPE	6	\$ 27.60	\$ 165.60
47	CM019373600	ORINGS	18	\$ 2.01	\$ 36.18
48	CM303070600	FILTRO	6	\$ 3.76	\$ 22.56
49	CM017308600	EMPAQUE	6	\$ 0.80	\$ 4.80
50	CM304242800	RESORTE	3	\$ 20.02	\$ 60.06
51	CM304242700	RESORTE	3	\$ 20.02	\$ 60.06
52	CM380470000	KIT STC.	6	\$ 22.80	\$ 136.80
53	CM327985000	TUERCAS	4	\$ 43.34	\$ 173.36
54	CM303534600	Valve, Shutoff	1	\$ 321.54	\$ 321.54

SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN					
55	CM380325700	Kit de Reparacion	1	\$ 369.71	\$ 369.71
56	CM532392600	Impulsor de turbo	1	\$ 415.58	\$ 415.58
57	CM305615800	Tuerca Hexagonal con Brida	4	\$ 7.28	\$ 29.12
58	CM339313000	Birlo	4	\$ 26.83	\$ 107.32
59	CM020657600	Junta del Turbocargador	1	\$ 9.31	\$ 9.31

SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE					
60	CM380351800	Valvula de admision	12	\$ 241.90	\$ 2,902.80
61	CM380352800	Valvula de escape	12	\$ 268.52	\$ 3,222.24
62	CM308619200	Insert, Valve exhaust	12	\$ 72.65	\$ 870.60
63	CM308619300	Insert, Valve intake	12	\$ 78.34	\$ 940.08
64	CM020509300	Asiento de valvula escape	12	\$ 73.11	\$ 877.32
65	CM364372500	Resorte de valvula	24	\$ 36.12	\$ 866.88
66	CM364031500	Rotor de valvula	24	\$ 25.42	\$ 610.08
67	CM320221000	Guia de valvula	24	\$ 32.73	\$ 785.52
68	CM020509400	Retenedor	24	\$ 13.64	\$ 327.36
69	CM020509100	Seguro valvula	48	\$ 2.36	\$ 113.28
70	CM020622400	Tapon	12	\$ 7.10	\$ 85.20
71	CM020540100	Tapon	48	\$ 5.22	\$ 250.56
72	CM334773900	Housing, Aftercooler	1	\$ 1,726.62	\$ 1,726.62

SISTEMA LUBRICACIÓN					
73	CM304754900	Bomba de aceite K19	1	\$ 2,116.18	\$ 2,116.18
74	CM308646500	Valve, Oil Control	1	\$ 1,302.34	\$ 1,302.34
75	CM306579000	Junta de la Carcasa del Enfr de Aceite	1	\$ 33.17	\$ 33.17

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN					
76	CM380315300	Kit repair bomba de agua.	1	\$ 632.45	\$ 632.45
77	CM020524300	Impellir bomba de agua.	1	\$ 454.73	\$ 454.73
78	CM013567500	Termostato	2	\$ 67.10	\$ 134.20
79	CM018678000	Oring de termostato	2	\$ 22.88	\$ 45.76
Total Repuestos :				\$ 41,975.51	

MANO DE OBRA				
79	MO por servicio	1	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00
			Total MO :	\$ 12,000.00

SERVICIOS TERCEROS					
80	Servicio de reparacion por terceros (bomba de inyeccion, inyectores, turbocargador, bomba de agua, aftercooler, enfriadores y arrancador/alternador)	1	\$ 8,500.00	\$ 8,500.00	
			Total ST :		\$ 8,500.00

INSUMOS Y MATERIALES					
81	Insumos y materiales		1	\$ 850.00	\$ 850.00
			Total IyM :		\$ 850.00
			SUB TOTAL		\$ 63,325.51
			IGV (18%)		\$ 11,398.59

PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR OVERHAUL (incluido IGV) \$ 74,724.10

Servicio Incluye:

Lavado y desarmado de motor Cummins K19
Evaluación metrologica de motor Cummins K19
Almacenamiento de partes de motor Cummins K19
Armado de motor Cummins K19
Pruebas de motor Cummins K19 en dinamometro

Importante

Propuesta de reparacion general teorica a motor cerrado, al realizar desarme y evaluacion Cummins se emitira propuesta real.
El costo por evaluacion del motor es \$ 3,500.00 dolares + IGV (incluye costos de evaluacion + servicios externos)
Para dar inicio a los trabajos de evaluación, el cliente deberá enviar la orden de compra por el monto indicado líneas arriba.
Reparacion a realizarse en talleres Cummins Chimbote

Condiciones Generales

Garantía : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)
Tiempo de entrega de evaluación: 11 Días útiles después de recibida la orden de compra por evaluación
Tiempo de entrega de la reparacion: 26 Días útiles después de recibida la orden de compra por reparación.

ANEXO 9: Costos de mantenimiento del motor Cummins X15



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS X15

MOTOR CUMMINS X15					
SERVICIO POR 250 HORAS					
Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
1	FGFF5825NN	Filtro de combustible	1	\$ 63.17	\$ 63.17
2	FGLF9070	Lube Filter Esi (FGLF9070SC)	1	\$ 62.44	\$ 62.44
3	FGWF2126	Filter Esi	1	\$ 55.57	\$ 55.57
4	NA	Filtro de aire	1	\$ 90.00	\$ 90.00
5	NA	Filtro separador Agua-Comb	1	\$ 30.00	\$ 30.00
				Total Repuestos :	\$ 301.18
MANO DE OBRA					
6	Mano de Obra		1	\$ 756.00	\$ 756.00
7	Materiales y consumibles		1	\$ 30.00	\$ 250.00
				Total MO :	\$ 1,006.00
SUB TOTAL					\$ 1,307.18
IGV (18%)					\$ 235.29
PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR 250 HORAS (incluido IGV)					\$ 1,542.47

Servicio Incluye:

Check list según plan de mantenimiento por 250 horas

Mantenimiento preventivo de motor Cummins X15

Arranque y pruebas de motor Cummins X15 en vacío y bajo carga según disponibilidad

Importante

Costo del servicio considerando atención en Puerto Chimbote

Servicio a realizar en interior de EP

Condiciones Generales**Garantía :** 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)**Tiempo de entrega de la reparación:** 1 Día útil después de recibida la orden de compra por reparación.**Tarifa incluye :** Mano de obra y repuestos



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS X15

MOTOR CUMMINS X15

SERVICIO POR 1500 HORAS

Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
1	FGFF5825NN	Filtro de combustible	1	\$ 63.17	\$ 63.17
2	FGLF9070	Lube Filter Esi (FGLF9070SC)	1	\$ 62.44	\$ 62.44
3	FGWF2126	Filter Esi	1	\$ 55.57	\$ 55.57
4	NA	Filtro de aire	1	\$ 90.00	\$ 90.00
5	NA	Filtro separador Agua-Comb	1	\$ 30.00	\$ 30.00
6	CM310439200	Empaque De Cubierta	1	\$ 74.68	\$ 74.68
7	CM368729100	Faja de alternador	1	\$ 62.44	\$ 62.44
8	CM369126500	Faja de bomba de agua	1	\$ 79.06	\$ 79.06
Total Repuestos :				\$ 517.36	

MANO DE OBRA

9	Mano de Obra	1	\$ 1,512.00	\$ 1,512.00
10	Materiales y consumibles	1	\$ 50.00	\$ 50.00
Total MO :				\$ 1,562.00
SUB TOTAL				\$ 2,079.36
IGV (18%)				\$ 374.28

COSTO POR EL SERVICIO DE 1,500 HORAS (incluido IGV) \$ 2,453.64

Servicio Incluye:

Check list según plan de mantenimiento por 1500 horas

Afinamiento de motor Cummins X15

- Calibración de válvulas de admisión
- Calibración de válvulas de escape
- Calibración de inyectores

Mantenimiento preventivo de motor Cummins X15

Arranque y pruebas de motor Cummins X15 en vacío y bajo carga según disponibilidad

Importante

Costo del servicio considerando atención en Puerto Chimbote

Servicio a realizar en interior de EP

Condiciones Generales

Garantía : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)

Tiempo de entrega de la reparación: 2 Día útil después de recibida la orden de compra por reparación.

Tarifa incluye : Mano de obra y repuestos



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS X15

MOTOR CUMMINS X15

SERVICIO POR 3000 HORAS

Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
PREVENTIVO					
1	FDF5825NN	Filtro de combustible	1	\$ 63.17	\$ 63.17
2	FDLF9070	Lube Filter Esi (FGLF9070SC)	1	\$ 62.44	\$ 62.44
3	FDWF2126	Filter Esi	1	\$ 55.57	\$ 55.57
4	NA	Filtro de aire	1	\$ 90.00	\$ 90.00
5	NA	Filtro separador Agua-Comb	1	\$ 30.00	\$ 30.00
6	CM310439200	Empaque De Cubierta	1	\$ 74.68	\$ 74.68
7	CM368729100	Faja de alternador	1	\$ 62.44	\$ 62.44
8	CM369126500	Faja de bomba de agua	1	\$ 79.06	\$ 79.06

SISTEMA ADMISIÓN

9	CM334941100	Empaque de carcasa de enfriador	1	\$ 45.70	\$ 45.70
Total Repuestos :				\$ 563.06	

MANO DE OBRA

10	Mano de Obra	1	\$ 1,512.00	\$ 1,512.00
11	Materiales y consumibles	1	\$ 450.00	\$ 450.00
			Sub Total :	\$ 1,962.00

SERVICIOS TERCEROS

12	Servicio de mantenimiento de aftercooler	1	\$ 600.00	\$ 600.00
		Total ST :		\$ 600.00

SUB TOTAL

\$ 3,125.06

IGV (18%)

\$ 562.51

PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR 3,000 HORAS (incluido IGV)

\$ 3,687.57

Servicio Incluye:

Check list según plan de mantenimiento por 3000 horas
 Desmontaje / evaluacion y mantenimiento de inyectores / montaje de componente
 Desmontaje / evaluacion y mantenimiento de bomba de inyeccion / montaje de componente
 Afinamiento de motor Cummins X15
 - Calibracion de valvulas de admision
 - Calibracion de valvulas de escape
 - Calibracion de inyectores
 Mantenimiento preventivo de motor Cummins X15
 Arranque y pruebas de motor Cummins X15 en vacio y bajo carga según disponibilidad

Importante

Costo del servicio considerando atencion en Puerto Chimbote
 Servicio a realizar en interior de EP

Condiciones Generales

Garantía : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)
Tiempo de entrega de la reparación: 3 Días útiles después de recibida la orden de compra por reparación.
Tarifa incluye : Mano de obra ,servicio de terceros , repuestos



Perú

PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS X15

MOTOR CUMMINS X15

SERVICIO POR 6,000 HORAS (REPARACION MID LIFE)

Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
------	--------	-------------	----------	--------------	--------------

PREVENTIVO

1	FDF5825NN	Filtro de combustible	1	\$ 63.17	\$ 63.17
2	FDLF9070	Lube Filter Esi (FGLF9070SC)	1	\$ 62.44	\$ 62.44
3	FDWF2126	Filter Esi	1	\$ 55.57	\$ 55.57
4	NA	Filtro de aire	1	\$ 90.00	\$ 90.00
5	NA	Filtro separador Agua-Comb	1	\$ 30.00	\$ 30.00
6	CM310439200	Empaque De Cubierta	1	\$ 74.68	\$ 74.68
7	CM368729100	Faja de alternador	1	\$ 62.44	\$ 62.44
8	CM369126500	Faja de bomba de agua	1	\$ 79.06	\$ 79.06
9	CM316406700	*** Formador De Empaques	2	28.88	\$ 57.76

MOTOR BASE

10	CM435257800	Kit empaques alta	1	\$ 1,756.00	\$ 1,756.00
11	CM437651200	Kit empaques baja	1	\$ 1,034.00	\$ 1,034.00

SISTEMA DE LUBRICACION

12	CM368975500	Junta de la Carcasa del Enfr de Aceite	1	\$ 100.84	\$ 100.84
----	-------------	--	---	-----------	-----------

SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE

13	CM368599600	Valvula de admision	12	\$ 48.10	\$ 577.20
14	CM368666100	Valvula de escape	12	\$ 80.56	\$ 966.72
15	CM310444500	Insert, Valve exhaust	12	\$ 30.80	\$ 369.60
16	CM367965900	Insert, Valve intake	12	\$ 26.46	\$ 317.52
17	CM402665700	Guia de valvula	24	\$ 36.40	\$ 873.60
18	CM435636600	Sello	24	\$ 4.44	\$ 106.56
19	CM367955100	Resorte de valvula	24	\$ 16.80	\$ 403.20
20	CM368088300	Seguro De Valvula	48	\$ 2.78	\$ 133.44
21	CM368088400	Retenedor resorte de valvula	24	\$ 8.94	\$ 214.56
22	CM437621900	Juego de sello de valvula	1	\$ 167.64	\$ 167.64

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

23	CM540613000	Kit reparacion bomba	1	\$ 474.00	\$ 474.00
24	CM563347600	Kit de inyector	6	\$ 2,430.00	\$ 14,580.00

SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN

25	CM402788100	Kit De Reparacion De Turbo	1	\$ 155.12	\$ 155.12
26	CM404028500	Impulsor de turbo	1	\$ 420.00	\$ 420.00
27	CM429897500	Tuerca Hexagonal con Bnda	10	\$ 10.62	\$ 106.20
28	CM368958700	Birfo	10	\$ 8.90	\$ 89.00
29	CM301187600	Empaque de turbo	1	\$ 23.66	\$ 23.66

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

30	CM540604500	Bomba de agua	1	\$ 1,170.00	\$ 1,170.00
31	CM431894600	Termostato	1	\$ 147.34	\$ 147.34
32	CM308487900	Sello de termostato	1	\$ 26.46	\$ 26.46
Total Repuestos :				\$ 24,787.78	

MANO DE OBRA

33	MO por servicio	1	\$ 3,780.00	\$ 3,780.00
34	Materiales y consumibles	1	\$ 350.00	\$ 350.00
			Total MO :	\$ 4,130.00

SERVICIOS TERCEROS

35	Servicio de terceros (bomba de inyeccion, inyectores, turbocargador, bomba de agua, aftercooler, enfriadores)	1	\$ 5,800.00	\$ 5,800.00
			Total ST :	\$ 5,800.00

SUB TOTAL \$ 34,717.78

IGV (18%) \$ 6,249.20

PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR MID LIFE (incluido IGV)

\$ 40,966.98

Servicio Incluye:

Check list según plan de mantenimiento por 6000 horas (mid life)
 Desmontaje de componentes del motor X15
 Desmontaje / mantenimiento de culatas, aftercooler, enfriadores / montaje de componentes
 Desmontaje / evaluacion y mantenimiento de turbocargadores / montaje de componentes
 Desmontaje / evaluacion y mantenimiento de bomba de agua / montaje de componente
 Desmontaje / evaluacion y mantenimiento de inyector / montaje de componente
 Desmontaje / evaluacion y mantenimiento de bomba de inyeccion / montaje de componente
 Ensamble de motor Cummins X15 y reemplazo de componentes dentro de EP
 Evaluacion y reemplazo de componentes del sistema de lubricacion
 Evaluacion y reemplazo de componentes del sistema de refrigeracion
 Evaluacion y reemplazo de componentes del sistema de admision
 Evaluacion y reemplazo de componentes del sistema de escape
 Arranque de motor X15 y monitoreo de parametros de funcionamiento
 Pruebas en vacío y bajo carga del motor Cummins X15 según disponibilidad

Importante

Costo de reparacion es considerando atencion en Puerto Chimbote
 Reparacion a realizarse en interior de EP

Condiciones Generales

Garantía : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)
Tiempo de entrega de la reparacion: 5 Días útiles después de recibida la orden de compra por reparacion.
Tarifa incluye : Mano de obra ,servicio de terceros , repuestos



PLAN DE MANTENIMIENTO CUMMINS X15

MOTOR CUMMINS X15

SERVICIO POR OVERHAUL : 12000 a 13000 HORAS (265,000 galones de D2 consumidos)

Item	Código	Descripción	Cantidad	Precio Venta	Precio Total
PREVENTIVO MOTOR					
1	FGFF5825NN	Filtro de combustible	1	\$ 63.17	\$ 63.17
2	FGLF9070	Lube Filter Esi (FGLF9070SC)	1	\$ 62.44	\$ 62.44
3	FGWF2126	Filter Esi	1	\$ 55.57	\$ 55.57
4	NA	Filtro de aire	1	\$ 90.00	\$ 90.00
5	NA	Filtro separador Agua-Comb	1	\$ 30.00	\$ 30.00
6	CM310439200	Empaque De Cubierta	1	\$ 74.68	\$ 74.68
7	CM368729100	Faja de alternador	1	\$ 62.44	\$ 62.44
8	CM369126500	Faja de bomba de agua	1	\$ 79.06	\$ 79.06
MOTOR BASE					
9	CM557917400	Kit empaques alta	1	\$ 1,756.00	\$ 1,756.00
10	CM557917500	Kit empaques baja	1	\$ 1,034.00	\$ 1,034.00
11	CM540611100	Set Metales De Bancada	1	\$ 870.39	\$ 870.39
12	CM547297000	Juego de camisa	6	\$ 304.74	\$ 1,828.44
13	CM437656700	Kit de Piston	6	\$ 1,026.00	\$ 6,156.00
14	CM437656500	Juego de Anillos	6	\$ 276.00	\$ 1,656.00
15	CM288208700	Juego de metales	12	\$ 67.18	\$ 806.16
16	CM368569000	Bocina	6	\$ 22.98	\$ 137.88
17	CM368705800	Tobera	6	\$ 18.38	\$ 110.28
18	CM368088200	Tomillo	12	\$ 8.24	\$ 98.88
19	CM437407400	Tomillo	12	\$ 2.60	\$ 31.20
20	CM395907200	Sello	1	\$ 62.32	\$ 62.32
21	CM368517300	Sello de Aceite	1	\$ 81.22	\$ 81.22
22	CM307448200	Sello De Aceite	1	\$ 24.80	\$ 24.80
23	CM496260300	Reten posterior motor	1	\$ 62.92	\$ 62.92
24	CM316406700	*** Formador De Empaques	4	\$ 28.88	\$ 115.52
SISTEMA DE COMBUSTIBLE					
25	CM540613000	Kit reparacion bomba	1	\$ 474.00	\$ 474.00
26	CM549160000	Inyector	6	\$ 2,430.00	\$ 14,580.00
SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN					
27	CM402788100	Kit De Reparacion De Turbo	1	\$ 155.12	\$ 155.12
28	CM404028500	Impulsor de turbo	1	\$ 420.00	\$ 420.00
29	CM429897500	Tuerca Hexagonal con Brida	10	\$ 10.62	\$ 106.20
30	CM368958700	Birfo	10	\$ 8.90	\$ 89.00
31	CM301187600	Empaque de turbo	1	\$ 23.66	\$ 23.66
SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE					
32	CM368599600	Valvula de admision	12	\$ 48.10	\$ 577.20
33	CM368666100	Valvula de escape	12	\$ 80.56	\$ 966.72
34	CM310444500	Insert, Valve exhaust	12	\$ 30.80	\$ 369.60
35	CM367965900	Insert, Valve intake	12	\$ 26.46	\$ 317.52
36	CM402665700	Guia de valvula	24	\$ 36.40	\$ 873.60
37	CM435636600	Sello	24	\$ 4.44	\$ 106.56
38	CM367955100	Resorte de valvula	24	\$ 16.80	\$ 403.20
39	CM368088300	Seguro De Valvula	48	\$ 2.78	\$ 133.44
40	CM368088400	Retenedor resorte de valvula	24	\$ 8.94	\$ 214.56
41	CM437621900	Juego de sello de valvula	1	\$ 167.64	\$ 167.64
42	CM552100100	Carcaza del Aftercooler	1	\$ 1,856.06	\$ 1,856.06
SISTEMA LUBRICACIÓN					
43	CM553249200	Bomba de aceite lubricante	1	\$ 707.92	\$ 707.92
44	CM368975500	Junta de la Carcasa del Enfr de Aceite	1	\$ 100.84	\$ 100.84
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN					
45	CM540604500	Kit de reparacion bomba de agua	1	\$ 1,170.00	\$ 1,170.00
46	CM431894600	Termostato	1	\$ 147.34	\$ 147.34
47	CM308487900	Sello de termostato	1	\$ 26.46	\$ 26.46
Total Repuestos :				\$ 39,336.01	
MANO DE OBRA					
79	MO por servicio		1	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00
Total MO :				\$ 12,000.00	
SERVICIOS TERCEROS					
80	Servicio de reparacion por terceros (bomba de inyeccion, inyectores, turbocargador, bomba de agua, aftercooler, enfriadores y arrancador/alternador)		1	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00
Total ST :				\$ 7,500.00	
INSUMOS Y MATERIALES					
81	Insumos y materiales		1	\$ 850.00	\$ 850.00
Total IyM :				\$ 850.00	
SUB TOTAL				\$ 59,686.01	
IGV (18%)				\$ 10,743.48	
PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR OVERHAUL (incluido IGV)				\$ 70,429.49	

Servicio Incluye:

Lavado y desarmado de motor Cummins X15
Evaluacion metrologica de motor Cummins X15
Almacenamiento de partes de motor Cummins X15
Armado de motor Cummins X15
Pruebas de motor Cummins X15 en dinamometro

Importante

Propuesta de reparacion general teorica a motor cerrado, al realizar desarme y evaluacion Cummins se emitira propuesta real.
El costo por evaluacion del motor es \$ 3,500.00 dolares + IGV (incluye costos de evaluacion + servicios externos)
Para dar inicio a los trabajos de evaluación, el cliente deberá enviar la orden de compra por el monto indicado lineas arriba.
Reparacion a realizarse en talleres Cummins Chimbote

Condiciones Generales

Garantía : 6 meses y/o 2500 horas de operación (lo que ocurra primero)

Tiempo de entrega de evaluacion: 11 Días útiles después de recibida la orden de compra por evaluación

Tiempo de entrega de la reparacion: 26 Días útiles después de recibida la orden de compra por reparación.

ANEXO 10: Estructura de costos en el ciclo de vida del motor Cummins KTA19

Cummins KTA19-M3																
	Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Descripción	Horas	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Toneladas pescadas	ton/motor	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas Anuales	Hr	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas Acumuladas	Hr	1,169	2,338	3,507	4,676	5,845	7,014	8,183	9,352	10,521	11,690	12,859	14,028	15,197	16,366	17,535
RESUMEN COSTOS																
Costo Operaciones - Cummins KTA19	US\$/motor	137.28	137.67	138.27	138.75	137.67	138.27	138.75	138.27	137.67	137.28	139.74	137.67	137.88	139.14	137.67
Costo Mantenimiento - Cummins KTA19	US\$/motor	7.18	9.05	9.25	7.86	8.38	39.38	7.86	9.25	9.05	7.18	70.51	9.05	8.06	8.38	9.05
Depreciacion - Cummins KTA19	US\$/motor	17.32	13.86	11.08	8.87	7.09	5.68	4.54	3.63	2.91	2.32	1.86	1.49	1.19	0.95	0.76
Total Cost of Ownership (TCO)	US\$/motor	161.78	160.58	158.61	155.48	153.14	183.32	151.15	151.15	149.63	146.79	212.11	148.21	147.13	148.47	147.48
Costo Unitario Operaciones	US\$/ton	29.84	29.93	30.06	30.16	29.93	30.06	30.16	30.06	29.93	29.84	30.38	29.93	29.97	30.25	29.93
Costo Unitario Mantenimiento	US\$/ton	1.56	1.97	2.01	1.71	1.82	8.56	1.71	2.01	1.97	1.56	15.33	1.97	1.75	1.82	1.97
Costo Unitario Depreciacion	US\$/ton	3.77	3.01	2.41	1.93	1.54	1.23	0.99	0.79	0.63	0.51	0.40	0.32	0.26	0.21	0.17
Unit Total Cost of Ownership (TCO)	US\$/ton	35.17	34.91	34.48	33.80	33.29	39.85	32.86	32.86	32.53	31.91	46.11	32.22	31.98	32.28	32.06
KTA19 Costo Mantenimiento																
Horas-->		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Mantenimientos Preventivos (PM1, PM2,PM3)	US\$/motor	4,785	6,657	6,857	5,461	5,981	4,785	5,461	6,857	6,657	4,785	4,785	6,657	5,661	5,981	6,657
Media Vida	US\$/motor	0	0	0	0	0	32,199	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overhaul	US\$/motor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63,326	0	0	0	0
Mantenimientos Correctivos	US\$/motor	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396	2,396
Costo Mantenimiento	US\$/motor	7,181	9,053	9,253	7,857	8,378	39,380	7,857	9,253	9,053	7,181	70,507	9,053	8,057	8,378	9,053
KTA19 Costo Operaciones																
Horas-->		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Mano de obra operador	US\$/motor	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794	23,794
Consumo de diesel	US\$/motor	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635	111,635
Aceites , Refrigerante y Bateria	US\$/motor	1,853	2,240	2,840	3,326	2,240	2,840	3,326	2,840	2,240	1,853	4,313	2,240	2,453	3,713	2,240
Costo Operaciones	US\$/motor	137,281	137,668	138,268	138,754	137,668	138,268	138,754	138,268	137,668	137,281	139,741	137,668	137,881	139,141	137,668
KTA19 Costo Eliminación																
Horas-->		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Costo Desmantelamiento	US\$/motor															6.85
Costo Salvamento	US\$/motor															-3.05
Costo Op.+Costo Mantto	US\$/motor	144.46	146.72	147.52	146.61	146.05	177.65	146.61	147.52	146.72	144.46	210.25	146.72	145.94	147.52	146.72
Costo Op.+Costo Mantto+Costo Elim.	US\$/motor	144.46	146.72	147.52	146.61	146.05	177.65	146.61	147.52	146.72	144.46	210.25	146.72	145.94	147.52	153.57

ANEXO 11: Estructura de costos en el ciclo de vida del motor Cummins X15

Cummins X15-M																
	Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Descripción	Horas	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Toneladas pescadas	ton/motor	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Horas Anuales	Hr	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Horas Acumuladas	Hr	1,169	2,338	3,507	4,676	5,845	7,014	8,183	9,352	10,521	11,690	12,859	14,028	15,197	16,366	17,535
RESUMEN COSTOS																
Costo Operaciones - X15	US\$/motor	134.78	135.21	135.81	135.96	135.21	135.81	135.96	135.81	135.21	134.78	136.99	135.21	135.38	136.39	135.21
Costo Mantenimiento - Cummins X15	US\$/motor	7.33	9.41	10.46	8.11	8.64	42.05	8.11	10.46	9.41	7.33	67.02	9.41	9.15	8.64	9.41
Depreciacion - Cummins X15	US\$/motor	16.79	13.43	10.74	8.59	6.88	5.50	4.40	3.52	2.82	2.25	1.80	1.44	1.15	0.92	0.74
Total Cost of Ownership (TCO)	US\$/motor	158.90	158.06	157.02	152.66	150.73	183.37	148.47	149.79	147.44	144.37	205.81	146.07	145.69	145.96	145.36
Costo Unitario Operaciones	US\$/ton	29.30	29.39	29.52	29.56	29.39	29.52	29.56	29.52	29.39	29.30	29.78	29.39	29.43	29.65	29.39
Costo Unitario Mantenimiento	US\$/ton	1.59	2.05	2.27	1.76	1.88	9.14	1.76	2.27	2.05	1.59	14.57	2.05	1.99	1.88	2.05
Costo Unitario Depreciacion	US\$/ton	3.65	2.92	2.34	1.87	1.49	1.20	0.96	0.77	0.61	0.49	0.39	0.31	0.25	0.20	0.16
Unit Total Cost of Ownership (TCO)	US\$/ton	34.54	34.36	34.13	33.19	32.77	39.86	32.28	32.56	32.05	31.38	44.74	31.75	31.67	31.73	31.60
X15 Costo Mantenimiento																
Horas-->		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Mantenimientos Preventivos (PM1, PM2, PM3)	US\$/motor	5,229	7,308	8,354	6,001	6,536	5,229	6,001	8,354	7,308	5,229	5,229	7,308	7,047	6,536	7,308
Media Vida	US\$/motor	0	0	0	0	0	34,718	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overhaul	US\$/motor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59,686	0	0	0	0
Mantenimientos Correctivos	US\$/motor	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104	2,104
Costo Mantenimiento	US\$/motor	7,333	9,412	10,458	8,105	8,640	42,051	8,105	10,458	9,412	7,333	67,019	9,412	9,151	8,640	9,412
X15 Costo Operaciones																
Horas-->		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Mano de obra operador	US\$/motor	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173	26,173
Consumo de diesel	US\$/motor	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673	106,673
Aceites , Refrigerante y Batería	US\$/motor	1,936	2,368	2,968	3,114	2,368	2,968	3,114	2,968	2,368	1,936	4,146	2,368	2,536	3,546	2,368
Costo Operaciones	US\$/motor	134,782	135,214	135,814	135,960	135,214	135,814	135,960	135,814	135,214	134,782	136,992	135,214	135,382	136,392	135,214
X15 Costo Eliminación																
Horas-->		1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
Costo Desmantelamiento	US\$/motor															5.25
Valor Salvamento	US\$/motor															-2.95
Costo Op.+Costo Mantto	US\$/motor	142.12	144.63	146.27	144.07	143.85	177.87	144.07	146.27	144.63	142.12	204.01	144.63	144.53	145.03	144.63
Costo Op.+Costo Mantto+Costo Elim.	US\$/motor	142.12	144.63	146.27	144.07	143.85	177.87	144.07	146.27	144.63	142.12	204.01	144.63	144.53	145.03	149.88