

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero en
energía**

**Efecto de la instalación de un keel cooler en el
desempeño de un motor marino para una embarcación
pesquera artesanal**

AUTOR :

Bach. Flores Salazar Carlos Enrique

ASESOR :

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian

DNI. N° 32788460

Código ORCID: 0000-0002-3579-3771

NUEVO CHIMBOTE, MAYO DEL 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero en
Energía

Efecto de la instalacion de un keel cooler en el desempeño de un motor
marino para una embarcacion pesquera artesanal

AUTOR :
Bach. Carlos Enrique Flores Salazar

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian
Asesor

DNI. N° 32788460

Código ORCID: 0000-0002-3579-3771



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA E.P. INGENIERÍA EN ENERGÍA

ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente jurado evaluador da la conformidad en el cumplimiento del objetivo propuesto y desarrollado conforme al reglamento general de la Universidad Nacional del Santa (R. D N°492-2017-CU-R-UNS) de la tesis titulada, **“Efecto de la instación de un keel cooler en el desempeño de un motor marino para una embarcación pesquera artesanal”**, elaborado por el **Bach. Flores Salazar Carlos Enrique**.

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador:

Mg. Benites Villegas, Héctor Domingo
Presidente
DNI. N° 17821639
ORCID: 0000-0002-8809-6371

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian
Integrante
DNI. N° 32788460
ORCID: 0000-0002-3579-3771

Mg. Pérez Pinedo, Oscar Fernando
Integrante
DNI. N° 32739412
ORCID: 0000-0002-5780-6115



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los cuatro días del mes de mayo del año dos mil veintitrés, siendo las diez horas de la mañana, se reunieron en el aula E3 de la EPIE, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 145-2023-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. HÉCTOR DOMINGO BENITES VILLEGAS : PRESIDENTE
- Mg. OSCAR FERNANDO PÉREZ PINEDO : SECRETARIO
- Mg. ROBERT FABIÁN GUEVARA CHINCHAYÁN : INTEGRANTE

Y según la **Resolución Decanal N° 232-2023-UNS-FI**, se declara expedito al bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: **“EFECTO DE LA INSTALACIÓN DE UN KEEL COOLER EN EL DESEMPEÑO DE UN MOTOR MARINO PARA UNA EMBARCACIÓN PESQUERA ARTESANAL”** elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **FLORES SALAZAR CARLOS ENRIQUE** con código de matrícula N° 0201511022, teniendo como asesor al docente Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán, según Resolución Decanal N° 462-2022-UNS-FI, de fecha 15.08.22.

Terminada la sustentación del Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 103° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
FLORES SALAZAR CARLOS ENRIQUE	DIECISEIS (16)	REGULAR

Siendo las once horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. HÉCTOR DOMINGO BENITES VILLEGAS
PRESIDENTE


Mg. OSCAR FERNANDO PÉREZ PINEDO
SECRETARIO


Mg. ROBERT FABIÁN GUEVARA CHINCHAYÁN
INTEGRANTE



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Carlos Enrique Flores Salazar
Título del ejercicio:	TESIS REVISION
Título de la entrega:	REVISION 9
Nombre del archivo:	TESIS_CARLOS_FLORES_revision.docx
Tamaño del archivo:	5.86M
Total páginas:	84
Total de palabras:	18,991
Total de caracteres:	97,070
Fecha de entrega:	13-may.-2023 07:38a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2092083359



DEDICATORIA

A mis queridos padres, el Sr. Santos Marcos Flores Paredes y la Sra. María Elena Salazar Becerra por el enorme esfuerzo, su apoyo, la perseverancia, amor incondicional y la gratitud es lo menos que puedo ofrecerles por seguir confiando en mí.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional para poder afrontar los retos y adversidades que permitirán mi desarrollo humano y profesional

C.E.F.S

RECONOCIMIENTO

Agradecer a Dios por su infinita bondad y ser la guía en mi camino de vida.

Agradecer a mi asesor Mg. Robert Guevara Chinchayan por su apoyo y asesoría en la culminación del presente trabajo de investigación.

Para mis profesores de la Universidad Nacional del Santa y de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía por sus enseñanzas necesarias, en hacer de mi un profesional con ética y moral.

Atentamente,

C.E.F.S

INDICE GENERAL

INDICE RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.	1
1.1	Realidad Problemática	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación	5
1.4	Hipótesis	6
1.5	Objetivos	6
II.	MARCO TEÓRICO.	7
2.1	Sistema motriz de embarcación pesquera artesanal	7
2.2	Sistema de enfriamiento de un motor de combustión interna	33
2.3	Enfriador de quilla	36
2.4	Desempeño de un motor de combustión interna	46
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	50
3.1	Material	50
3.2	Método	52
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	56
4.1	Desempeño energético en MCI con enfriador de superficie	56
4.2	Dimensionamiento de un enfriador de quilla	59
4.3	Desempeño energético en MCI con enfriador de quilla	62
4.4	Comparación de desempeño	64
4.5	Discusión de resultados	66
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1	Conclusiones	69
5.2	Recomendaciones	70
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
VII	ANEXOS	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Motor de combustión interna marino central	8
Figura 2 Diagrama indicado de Ciclo Otto	9
Figura 3 Procesos de un Motor de 4T Ciclo Otto	10
Figura 4 Diagrama indicado de Ciclo Diesel	10
Figura 5 Procesos de un Motor de 4T Ciclo Diesel	11
Figura 6 Ciclo real de un Motor de 4T Ciclo Diesel	12
Figura 7 Diagrama de presiones requeridas al desplazamiento angular del eje del motor	14
Figura 8 Elementos de un motor de combustión interna	18
Figura 9 Dimensiones de una embarcación	21
Figura 10 Componentes de un sistema de inyección diesel marino	24
Figura 11 Sistema de enfriamiento de un motor diesel	27
Figura 12 Embarcación pesquera artesanal de 4 Toneladas con motor central	29
Figura 13 Embarcación pesquera artesanal de 20 Toneladas con motor central	31
Figura 13 Embarcación pesquera artesanal con motor fuera de borda	32
Figura 14 Arreglos constructivos de embarcaciones pesqueras artesanales de madera en astilleros informales	33
Figura 15 Enfriador de quilla	34
Figura 16 Intercambiador de calor de superficie	35
Figura 17 Sistema de enfriamiento con keel cooler para motor central marino	37
Figura 18 Enfriadores de quilla empotrado	38
Figura 19 Enfriadores de quilla externa	38
Figura 20 Enfriadores de quilla con montaje lateral	39
Figura 21 Enfriadores de quilla internos	39
Figura 22 Esquema de un enfriador de quilla	40
Figura 23 Área requerida y temperatura para enfriador de quilla	41
Figura 24 Área de superficie mínima del enfriador de quilla para canal o tubería.	41
Figura 25 Distribución de flujo de un enfriador de quilla	42
Figura 26 Temperaturas de agua de enfriamiento en un enfriador de quilla	45

Figura 27 Relacion de compresión para un MCI	47
Figura 28 Consumo de combustible para motor SM103	52
Figura 29 Sistema de enfriamiento de superficie de agua de enfriamiento del MCI	54
Figura 30 Sistema de enfriamiento de quilla de agua de enfriamiento del MCI	55
Figura 31 Comportamiento de temperaturas en enfriador de superficie	56
Figura 32 Características de keel Cooler	61
Figura 33 Comportamiento de temperaturas en enfriador de quilla	62
Figura 34 Comportamiento entre temperaturas en enfriador de superficie y quilla	64
Figura 35 Comportamiento entre eficiencia y porcentaje de pérdidas de calor por sistema de enfriamiento	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones de Petróleo BD5	51
Tabla 2 Características principales de Motor marino SM103	52
Tabla 3 Parámetros en enfriador de superficie	56
Tabla 4 Parámetros característicos del mci con enfriador de superficie	59
Tabla 5 Parámetros iniciales del mci con enfriador de quilla	62
Tabla 6 Parámetros característicos del mci con enfriador de quilla	64
Tabla 7 Comparativo de temperaturas entre enfriadores	65

RESUMEN

El sistema de enfriamiento de un motor de combustión interna cumple la función de mantener una temperatura permisible que evite la fatiga térmica de sus elementos estructurales. El enfriador de quilla o keel cooler es un equipo térmico sumergido en el agua de mar el cual permite disipar el calor del sistema de enfriamiento del motor de combustión interna, en este caso para una embarcación pesquera artesanal de 20 TM de capacidad que cuenta con un motor de 75,8 kW. Se plantea como objetivo general evaluar el efecto de la instalación de un keel cooler en el desempeño de un motor marino para una embarcación pesquera artesanal.

El trabajo de investigación es del tipo pre -experimental, empleándose los métodos deductivo y descriptivo.

En sus resultados tenemos, se evaluó el desempeño del enfriador de quilla o keel cooler, obteniéndose un valor del agua de enfriamiento entrante al keel cooler de 118 °C y de 88°C el valor de salida del agua, para un porcentaje de pérdidas de 30% por el sistema de enfriamiento del m.c.i. Se determinó la mejora del desempeño del sistema de enfriamiento con el keel cooler, reduciendo la temperatura del agua de enfriamiento saliente del enfriador desde 92 a 88 °C, y reducción de las pérdidas del sistema de enfriamiento del m.c.i desde 37,6 % a 30 %.

PALABRA CLAVE: Enfriamiento de motores, desempeño, MCI marinos.

ABSTRACT

The cooling system of an internal combustion engine fulfills the function of maintaining a permissible temperature that avoids the thermal fatigue of its structural elements. The keel or Keel Cooler cooler is a thermal equipment submerged in seawater which allows to dissipate the heat of the internal combustion engine cooling system, in this case for an artisanal fishing vessel of 20 TM capacity that has a 75.8 kW engine. It is proposed as a general objective to evaluate the effect of the installation of a Keel Cooler on the performance of a marine engine for an artisanal fishing vessel.

The research work is of the pre -experience, using the deductive and descriptive methods.

In its results we have, the performance of the keel or Keel Cooler was evaluated, obtaining a value of the cool water of 118 ° C and 88 ° C the water outlet value, for a percentage of losses of losses of losses of 30% for the M.C.I. The improvement of the cooling system with the keel Cooler was determined, reducing the outgoing cooling water temperature of the cooler from 92 to 88 ° C, and reduction of losses of the M.C.I cooling system from 37.6 % to 30 to 30 %.

Keyword: Engine cooling, performance, marine MCI.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Realidad problemática

La pesca de capacidad inferior a 30 ton/h abastece de productos hidrobiológicos al mercado de consumo humano directo, contribuyendo a la economía del Perú. La pesca artesanal esta asociada a diversas actividades, entre los cuales tenemos el abastecimiento de aparejos de pesca, venta de combustibles, víveres , trabajos de construcción y varado de embarcaciones, los cuales generan un gran dinamismo al mercado económico e incluye otros negocios adicionales que requieren de la pesca artesanal tal como la comercialización de lubricantes, combustible, entre otros.. (Galarza y Kamiche,2020)

Según (Payri y Desantes, 2015) las embarcaciones requieren de motores de combustión interna que van de capacidades desde 5 a 80 HP como unidad motriz para el sistema de propulsión. A diferencia de las grandes embarcaciones del tipo industrial, el espacio es una limitante para la ubicación del motor central, el cual está ubicado cerca a los camarotes de la tripulación, y en muchos casos comparte espacios con la bodega destinada a la captura de la materia prima.

Los motores de embarcaciones pesqueras artesanales presentan perdidas del 30% en el sistema de enfriamiento del motor al operar en conjunto con un radiador, cuando están instalados en tierra, según (Paz, 2021), pero en una embarcación pesquera artesanal las pérdidas de calor se incrementan porque es inconveniente instalar un radiador y además por la falta de ambiente libre para que la disipación de calor se realice de forma eficiente, siendo el espacio reducido. Esto genera un sobrecalentamiento en el motor al no tener el agua de enfriamiento un equipo donde enfriar su temperatura hasta un valor admisible que le permita retornar nuevamente al motor. El sobrecalentamiento de motores para embarcaciones artesanales pequeñas trae consigo problemas que se presentan durante largas jornadas de pesca en altura, las cuales duran más de 24 horas. Por otro lado, los enfriados de quilla o keep cooler han sido instalados de manera artesanal, con el consiguiente deterioro del material, al tener contacto superficial con el agua de mar, el cual realiza un efecto corrosivo sobre el material, según el artículo de (Sole diesel, 2022).

El sobrecalentamiento del motor provoca un incremento de las perdidas en el motor, lo cual se traduce en un consumo adicional de combustible en este caso petróleo BD5, un incremento del costo, riesgos para los tripulantes que se encuentran en contacto con

el motor y constante horas de mantenimiento correctivo de los enfriadores de quilla. (Chauvin, 2022)

En función a lo detallado a la realidad problemática y los antecedentes de la presente investigación se formula el problema:

¿Cuál sera el efecto de la instalación de un keel cooler en el desempeño de un motor marino para una embarcación pesquera artesanal

1.2 Antecedentes:

Se presentan los antecedentes para el presente informe:

Gálvez y Paucar (2020) en su tesis Análisis de la influencia del sobrecalentamiento de un motor de combustión en la degradación del aceite lubricante, para optar el título de Ingeniero Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, Ecuador, concluye que los motores de combustión interna se diseñan para operar a una temperatura adecuada, la cual ha sido predeterminada por diseñadores en función al tipo de materiales empleados en cada uno de los elementos y mecanismos que la conforman y del mismo modo se tiene en consideración los estudios realizados que tienen por fin obtener una buena eficiencia del motor. En el sistema de enfriamiento se emplea un fluido refrigerante, con la probabilidad de correr el riesgo de reducir la capacidad de enfriamiento como consecuencia de alcanzarse temperaturas que produzcan choques térmicos internos dentro del motor.

De Gracia (2006) en su tesis consideraciones en la selección e instalación de un circuito de enfriamiento con agua de mar a bordo para optar el título de Ingeniero Naval de la Universidad Austral de Chile concluye que el flujo de calor sensible del agua de enfriamiento saliente del motor, se deriva por el medio de un enfriador impulsada por una bomba acoplada al motor. Un keel cooler es un intercambiador o termopermutador de calor ubicado fuera de borda de la embarcación, el cual va montado en el casco, o adherido a el, a través de grapas o tirafones en la parte sumergida del barco. El flujo de calor que contiene el agua de circulación proveniente del motor, es impulsado a través del enfriador cediendo su calor sensible antes de ingresar nuevamente al motor. El constante deterioro de la estructura en los intercambiadores de calor de superficie ha generado su urgente reemplazo por otros sistemas que tengan una mayor eficacia en los procesos de transferencia de calor agua de enfriamiento-agua de mar. Mas aun en zonas donde la temperatura de agua de mar supera los 30°C se emplea otro sistema

de enfriamiento como son los Inter enfriadores de quilla tipo cajón o box-coolers fabricados de materiales de mayor capacidad para soportar la acción corrosiva del agua, la cual ataca con severidad las estructuras ferrosas de los enfriadores y obliga a un constante gasto de mantenimiento y reparación, lo cual involucra varar una embarcación.

Herrera (2020) en su tesis diseño de un sistema de enfriamiento de un motor de combustión interna para obtener el título de Ingeniero Mecánico para la Universidad de Antioquia en Colombia concluye que el incremento de los flujos máxicos tanto de aire y como el fluido refrigerante, provocan una pérdida en el rendimiento de un enfriador debido a que el coeficiente convectivo del aire es alto, por lo tanto el enfriador presenta baja resistencia convectiva, en los límites de la capa límite, quedando el proceso de transferencia ligado exclusivamente a aspectos conductivos. Determino que la variación del rendimiento del enfriador es dependiente de los flujos máxicos del aire que actúa con disipador y el fluido refrigerante.

Lloret (2011) en su tesis Análisis y cálculo del sistema de refrigeración de agua dulce de un remolcador para el título de Ingeniero Naval para la Facultad Náutica de Barcelona en España manifiesta que el problema real de los sistemas de enfriamiento de un motor está condicionada a la poca efectividad del keel cooler empleados para remolcadores. El sistema se ubica por lo general en el pantoque, cuando la embarcación transporta a otra embarcación de forma lateral, se restringe la normal circulación del agua proveniente del mar. Consecuentemente, el enfriador no puede enfriar correctamente y sube la temperatura del motor principal. La alternativa más próxima es aprovechar el sistema anteriormente descrito con un box-cooler. Esto consiste en rociar con agua de mar al enfriador de quilla, con lo cual se consigue una mayor disipación del calor extraído por el fluido refrigerante, la otra posibilidad es tener para cada uno de los motores que conforman la embarcación, un propio box-cooler en particular.

Meza y Orosco (2016) en su tesis Conocimiento adquirido de un motor de combustión interna y operación de motores auxiliares en buques mercantes en egresados de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau” año 2015, para obtener el título de Oficial de Marina mercante del Perú concluye que el sistema de agua de enfriamiento se conforma en un circuito de la chaqueta (agua primaria) y un segundo circuito más frío (agua secundaria), por lo general el primer circuito opera

con agua dulce y el segundo circuito opera con agua del mar, empleado en buques de gran calado. El enfriamiento del agua del motor juega un papel relevante en el desempeño del motor el cual debe estar en el orden de 100 a 110 °C.

Orozco (2014) en su investigación Estudio teórico y experimental de los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina a diferente concentración de agua-refrigerante para obtener el título de Ingeniero Automotriz de la Escuela Politécnica Superior de Chimborazo en Ecuador manifiesta que las propiedades del fluido son función del grado de concentración, a mayor cantidad de agua mayor capacidad refrigerante, pero menor protección anticorrosiva. Cuando se incrementa la masa de etilenglicol, se obtendrá una menor capacidad de refrigeración, pero se alcanza una mayor propiedad anticorrosiva, además se tendrán menos pérdidas por evaporación. Concluye que la concentración constituida por 30% de agua -70% de refrigerante, permite obtener un mejor desempeño en la acción de enfriamiento del motor cuando se tiene largas travesías que generan altos índices de flujo de calor a extraer del motor, lo cual podría generar sobreesfuerzos térmicos en los elementos más cercanos a la cámara de combustión.

Ridha (2021) en su investigación Análisis de modificación del uso del sistema de refrigeración de quilla en el motor KT Joyoboyo I para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Politécnica de Surabaya en Indonesia concluye que el keel cooler es un tipo de sistema de enfriamiento cerrado que utiliza una quilla con el papel de agua dulce como refrigerante enfriado directamente por agua de mar. La modificación del uso del sistema de enfriamiento de quilla afecta el valor de la resistencia del buque y la comparación del nivel de efectividad entre el sistema de enfriamiento de quilla y el sistema de enfriamiento del intercambiador de calor. El valor de la eficiencia del sistema de enfriamiento de quilla basado en la relación del intercambio de flujo de calor real y la transferencia de calor máxima posible de 59.8% indica una relación entre el valor de la velocidad del fluido en el tubo (V), el valor del coeficiente de transferencia de calor total (UC), el coeficiente de transferencia de calor convectivo del flujo interno (h_i), la velocidad del agua de mar que actúa como enfriador que fluye en el tubo (V_{max}), el valor del coeficiente de calor total en el diseño (UD), y el valor máximo del factor de ensuciamiento (RD).

Rodríguez (2009) en su tesis Guía técnica de proyectos para motores Diesel de combustión interna, para obtener el título de Ingeniero Naval para la Universidad Austral en Chile concluye que para un motor de gran capacidad al tenerse un sistema dividido de agua de refrigeración, genera que el tiene un circuito de enfriamiento sea dependiente del flujo de calor para enfriar el aire de combustión. Por ello se debe optar en dividir el flujo masico de agua de enfriamiento en 2 corrientes. Con lo cual las 2/3 del flujo de agua deberá fluir a través de un circuito de alta temperatura y luego deberá regresar nuevamente al motor, por otro lado el flujo masico restante deberá controlarse mediante una válvula termostática, y fluir a través de un circuito de baja temperatura. Cuando se opere en vacío o en bajos ritmos de velocidad de travesía el termostato obstruye el flujo del agua caliente por el enfriador de aire del sistema de sobrealimentación, para incrementar la temperatura del aire de combustión y evitar la formación de humos blancos en los gases que escapan desde el motor. La válvula de corredera del termostato permanece en su ubicación hasta que al aumentar la carga , y al incrementarse la temperatura del agua de refrigeración, la dilatación de la cera de la válvula se expande aperturando el flujo por parte del termostato.

Vergara (2015) en su tesis Características termo-hidrodinámica del boxcooler tipo bayoneta aplicado en el sistema de propulsión y generación de las embarcaciones navales para obtener el grado de maestro en Ingeniería Mecánica en la Universidad del Norte de Colombia manifiesta que el proceso de intercambio de calor en el keel cooler es favorable para los casos en los cuales la embarcación se encuentra en movimiento a velocidad crucero, para la condición en el cual la embarcación se encuentre fondeada, el intercambio de flujo de calor se manifiesta en un proceso de convección natural, la eficacia obtenida en el modelo experimental es entre 48% y el 60%, y se reduce la temperatura del agua de enfriamiento de 90 a 83 °C , para una temperatura critica del mar de 29 °C.

1.3 Justificación:

La evaluación del desempeño de un keep cooler en una embarcación pesquera artesanal reviste la siguiente importancia:

- Se podrá tener un valor de temperatura del agua de mar de enfriamiento cercana a los 90 °C antes de ingresar nuevamente a las camisas del motor de combustión interna, reduciendo la temperatura exterior del monoblock y la culata.

- Permitirá mejorar el desempeño del motor, ya que una alta temperatura del agua de enfriamiento afecta el rendimiento al motor, el cual puede perder hasta inclusive el 15% de su potencia, debido a que necesita más aire para funcionar y, cuanto más calor hay internamente en el motor, el aire tiene menos proporción de oxígeno. Así que cada grado de temperatura que vaya adquiriendo el motor, va en detrimento de su rendimiento en los periodos de travesía en alta mar.
- Permitirá reducir costos operativos, ya que el calor este asociado al consumo de petróleo BD5 en una medida de 1 litro por cada 62 millas marinas.
- Reducirá el desgaste de componentes del motor sometidos alta temperatura, tal es el caso de los asientos de las válvulas, paredes de los cilindros, entre otros.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero lo cual son compromisos asumidos por el Perú en la COP 21

1.5 Hipótesis:

El efecto de la instalación de un keel cooler permite la mejora del desempeño de un motor marino para una embarcación pesquera artesanal, reduciendo la temperatura de agua de enfriamiento en 10°C.

1.6 Objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto de la instalación de un keel cooler en el desempeño de un motor marino para una embarcación pesquera artesanal.

Objetivos específicos:

- Realizar un balance de energía en una embarcación pesquera artesanal de 20 toneladas de capacidad.
- Dimensionar un keel cooler para una embarcación pesquera de 4 toneladas de capacidad.
- Evaluar el efecto del keel cooler en el sistema de enfriamiento del motor de combustión interna de una embarcación pesquera artesanal.
- Determinar la mejora del desempeño del motor de combustión interna de una pesquera artesanal mediante la instalación de un keel cooler.

II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Sistema motriz de embarcación pesquera artesanal.

2.1.1 Motores de combustión interna.

a. Generalidades.

Un motor de combustión interna es una máquina térmica compuesta por elementos y mecanismos que operan de forma sincronizada en la cual una mezcla de oxígeno con combustible gasificado reacciona generando un flujo de calor dentro de un cilindro el cual es un espacio hermetice y aislado. El flujo de calor generado se emplea para producir una energía lineal y luego provocar un movimiento giratorio en el árbol cigüeñal. (Cordova,2013)

Un motor de combustión interna es una máquina que utiliza la energía química de un combustible que combustiona bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, esto a través de una reacción de combustión de reducción la cual se emplea en motores de combustión interna de encendido por compresión io encendido por explosión. (Barreto y Jiménez, 2013)

El motor de combustión interna alternativo se remonta a su creación en el año de 1876, cuando Nikolaus August Otto consiguió la patente de un motor de combustión interna con ciclo termodinámico de 4 tiempos, el cuál ha ido perfeccionándose en el transcurrir de los años hasta obtenerse una maquina endotérmica que con muchas transformaciones con respecto a su diseño original. Los motores iniciales de gasolina sentaron las bases de los que conocemos hoy y fueron construidos de forma simultánea Karl Benz y Gottlieb Daimler. Los primeros motores de combustión interna no presentaban la fase de compresión, y operaban con una mezcla de aire y combustible la cual era aspirada o dentro durante una cámara de combustión primaria. La diferencia mas relevante entre los motores de combustión interna actuales y los iniciales son el empleo del proceso de compresión dentro del cilindro del motor. (Córdova, 2013)

Las diferencias entre el motor con encendido por explosión y de encendido por compresión, no cambia a la arquitectura original del motor. Los motores de 2 tiempos con encendido por explosión o chispa tienen aplicación principalmente en motocicletas , vehículos ultraligeros y motores marinos de ubicación fuera de borda hasta una cierta

cilindrada. Los motores de 4 tiempos con encendido por explosión predominan en su uso en motocicletas de gran cilindrada, automóviles, navegación deportiva y ubicación central. Los motores de 2 tiempos con encendido por compresión se emplean en embarcaciones de gran potencia, de hasta 100 000 HP. Mientras que los de 4 tiempos encendidos por compresión predominan en el transporte terrestre, marinas generalmente hasta 20 MW. (Barreto y Jiménez, 2013)



Figura 1 Motor de combustión interna marino central

Fuente: Taller mecánico Diaz-Chimbote (2015)

b. Ciclos de un motor de combustión interna con encendido por explosión.

Su funcionamiento se basa en el ciclo termodinámico Otto, de creación de Nicolaus Otto en 1872. Su principal característica es que todo el flujo de calor proveniente de la reacción de combustión se aporta en un proceso a volumen constante. El encendido de la mezcla se realiza a través de una chispa eléctrica. (Mendoza, 2017)

El rendimiento de los motores Otto modernos está limitado por varios factores, entre los cuales destacan principalmente las pérdidas mecánicas por rozamiento entre sus elementos que la conforman y la temperatura interna del motor por el proceso de combustión, el cual debe extraerse a través del sistema de refrigeración. El rendimiento de un motor es función de la relación de compresión, la cual está en rango de 5: 1 hasta 12: 1. Se puede conseguir valores más altos a 12 a 1, con lo cual se incrementa el rendimiento del motor, pero para esto es necesario el consumo de combustible de alto

octanaje para evitar la detonación, esta última anomalía puede ser capaz de generar daños considerables en la estructura interna del motor. La eficiencia de un motor Otto de alto performance varía entre 30 a un 25%: lo que representa en promedio la cuarta parte de la energía calorífica suministrada por el combustible. (Mendoza,2017)

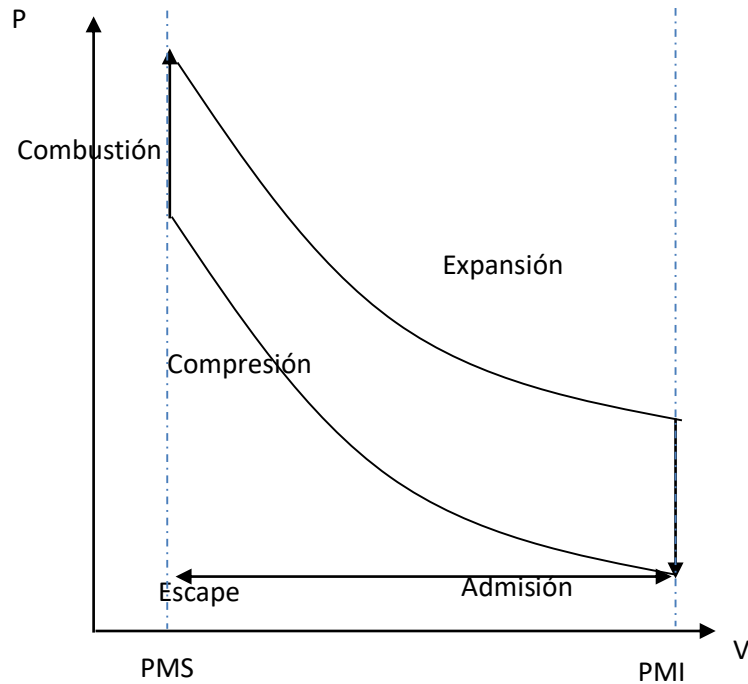


Figura 2 Diagrama indicado de Ciclo Otto

Fuente: Elaboración propia (2023)

El proceso de operación es como sigue:

- 1° Tiempo o de admisión - El aire y el combustible mezclados ingresan a través de la válvula de admisión, en motores modernos el combustible es inyectado.
- 2° Tiempo o de compresión - La mezcla aire/combustible se comprime y se enciende por medio de una bujía.
- 3° Tiempo o de combustión - El combustible reacciona sobre la cara del pistón e impulsa de forma alternativa al sistema biela-manivela.
- 4° Tiempo o de escape - Los gases de escape fluyen fuera del motor a través de la válvula de escape. (Mendoza, 2017)

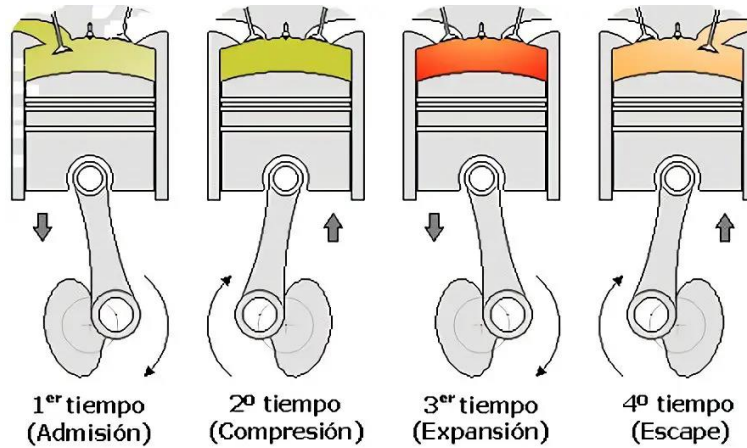


Figura 3 Procesos de un Motor de 4T Ciclo Otto

Fuente: Mendoza (2017)

c. Ciclo de un motor con encendido por compresión.

En este proceso de combustión se realiza cuando la mezcla aire combustible alcanza altas condiciones de presión y temperatura y se autoinflama espontáneamente dentro del cilindro del motor, para luego transformarla en movimiento a través del eje. Se caracteriza porque el aire es comprimido en el cilindro y posteriormente se inyecta el combustible gasificado a alta presión. (García, 2013)

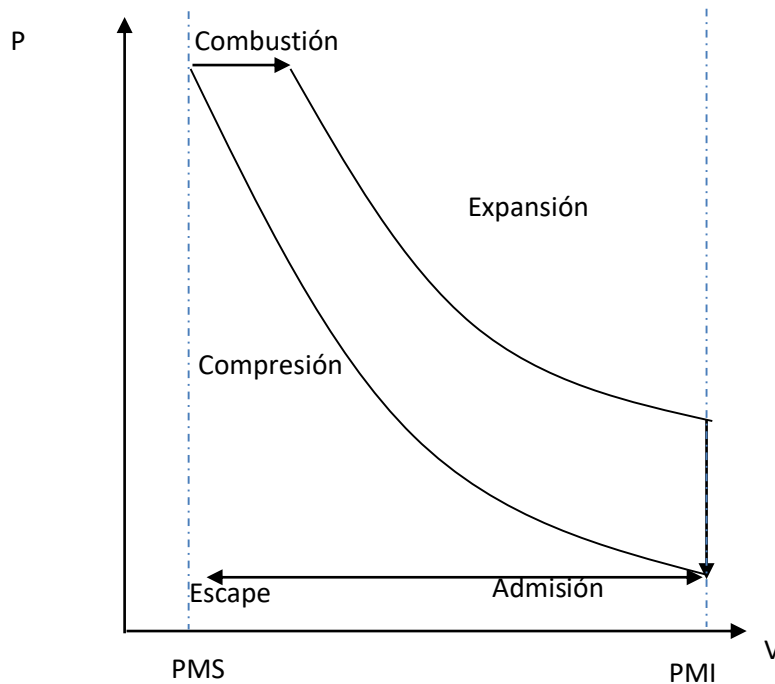


Figura 4 Diagrama indicado de Ciclo Diesel

Fuente: Elaboración propia (2023)

Se basan en el Ciclo Termodinámico Diesel. En teoría, el ciclo diésel difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar en este último a volumen constante en lugar de producirse a una presión constante. La mayoría de los motores diésel son asimismo del ciclo de cuatro tiempos, salvo los de tamaño muy grande, ferroviario o marino, que son de dos tiempos. Las fases son diferentes de las de los motores de gasolina. En la primera carrera, la de admisión, el pistón sale hacia fuera, y se absorbe aire hacia la cámara de combustión. En la segunda carrera, la fase de compresión, en que el pistón se acerca, el aire se comprime a una parte de su volumen original, lo cual hace que suba su temperatura hasta unos 850 °C. (Mendoza, 2017)

Terminado la fase de compresión desde el inyector ingresa el combustible a alta presión gasificado inflamándose debido a la alta temperatura del medio reaccionando con el aire, el cual se encuentra a una temperatura media de 850°C. La reacción de combustión genera un frente de llama que incide sobre la cara superior del pistón, provocando sobre este un movimiento lineal o alternativo el cual se transmite al árbol cigüeñal quien genera energía de rotación o potencia al eje. Finalmente en el último proceso o de escape los gases son expulsados a la atmosfera a una temperatura entre 400 a 450 °C. (Mendoza, 2017)

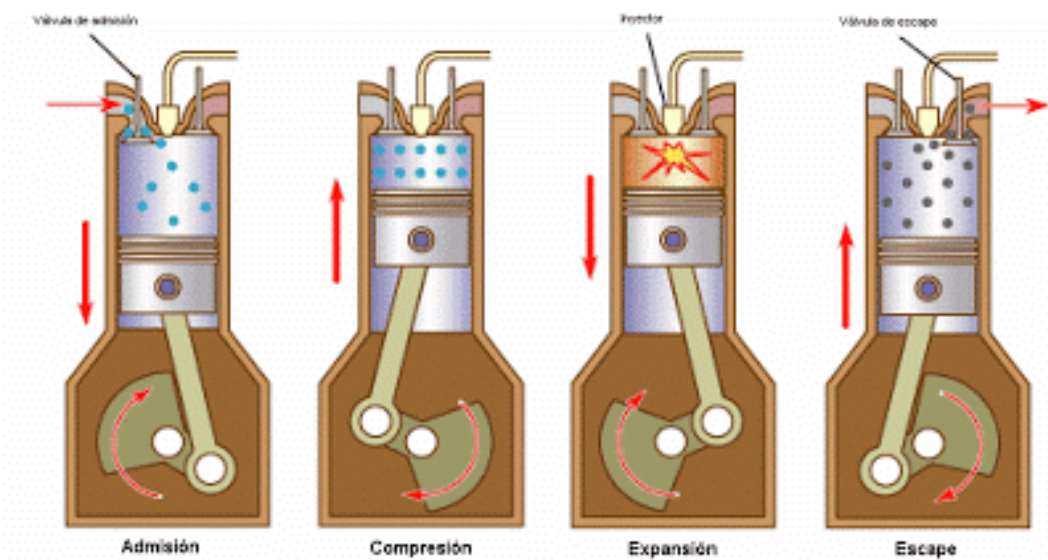


Figura 5 Procesos de un Motor de 4T Ciclo Diesel

Fuente: Yepes (2013)

Ciertos tipos de motores de encendido por compresión poseen una precámara de encendido o de mezcla antes de su ingreso a la cámara principal del cilindro. La eficiencia de los motores diesel varía entre 30 a 32% para motores de aspiración natural, los cuales pueden incrementarse hasta 50% para motores sobrealimentados con relaciones de compresión entre 13: 1 hasta 20 a 1. Por lo tanto, los motores requieren en su parte constructiva una mayor robustez y peso para poder soportar las mayores exigencias de servicio de presión y temperatura con respecto a los motores con encendido por explosión. Esta desventaja se compensa con su mayor eficiencia. (Mendoza, 2017)

d. Ciclos reales.

Para un ciclo real y un teórico de un motor diesel se presenta el diagrama indicado real en el cual se observa que el área ocupada es mucho menor generando un menor trabajo mecánico en condiciones reales. E incluso ambas válvulas de admisión y escape permanecen abiertas en un corto instante de tiempo conocido como traslape del motor. Se detalla lo siguiente:

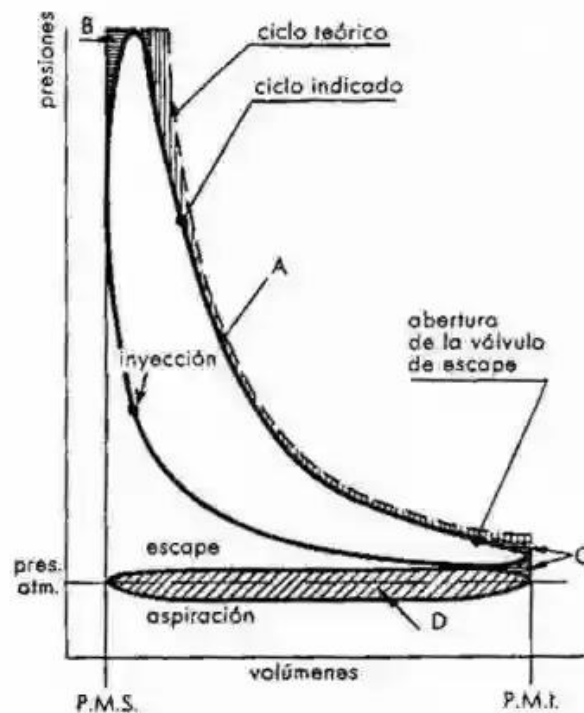


Figura 6 Ciclo real de un Motor de 4T Ciclo Diesel

Fuente: Oriol (2017)

1 Combustión a presión constante

Según el diagrama indicado la combustión se realiza con una variación de presión a diferencia del ciclo teórico que se considera isobárico. Una parte de la combustión es isocórica y la restante es isobárico, semejante a un ciclo dual. Solo para los motores e baja velocidad la combustión se asemeja al ciclo teórico. (Oriol, 2017)

Durante el proceso de compresión, la disociación no presenta un impacto importante como ocurre en el motor de encendido por chispa. Por lo que el exceso de aire y mezcla de los productos de la combustión son tales, que reducen la temperatura máxima. El exceso de aire reduce la disociación de dichos productos. En este caso se recomienda un exceso de aire entre 20 a 30% mientras que para los motores de explosión es entre 15 a 10 %. (Oriol, 2017)

Las pérdidas por bombeo dentro de un motor diesel son menores a los producidos en un motor de encendido por explosión debido sobretodo a que no existe estrangulamiento durante la aspiración del aire comburente. En los motores diesel de encendido por compresión se emplea actualmente la inyección electrónica como parte de su proceso habitual con lo cual alcanza eficiencias volumétricas de llenado no existe la válvula mariposa, característica de superior al 90%. (Oriol, 2017)

e. Diagramas.

En la figura 7 se representa el diagrama relativo de un motor de combustión interna de 4 tiempos en el cual las transformaciones no son evidenciables con respecto al ciclo ideal, entre los límites representados por los puntos muertos. De este modo las fases del ciclo se evidencian entre los desplazamientos angulares de la manivela, los cuales son diferentes entre sí a la vez, de aquellos que corresponden al pistón. Los valores de la presión entre el desarrollo del ciclo se presentan en lo siguiente:

- Admisión 1-2, dentro del cilindro la presión es ligeramente mayor a la presión al no haber concluido aun el proceso de escape. Cuando el pistón se ubica en el punto 2, dentro su carrera al PMI, admite un volumen de aire o mezcla gaseosa la cual ingresa a través de la válvula de admisión, la cual debe aperturar de manera sincronizada, este proceso se caracteriza porque existe una presión inferior que la presión externa debido a la fricción existente por el material conformante del múltiple de escape y el de admisión. Esto originara una depresión en la admisión de

aire, la cual es mucho mayor cuanto es más alta la velocidad del fluido circulante, debido al esfuerzo de este último para poder vencer a su paso la resistencia por dichos conductos.(Cordova,2013)

- En el punto 3 el pistón iniciara la carrera de retorno, caracterizándose un ambiente con presencia de depresión dentro del cilindro; generándose de manera un ingreso del fluido hasta el punto 4 muy a pesar del movimiento en sentido opuesto por parte del pistón, posteriormente se equilibran la presión interna y la atmosférica. En este punto la válvula de admisión debe cerrarse. Además si el ducto de admisión es relativamente largo, se emplea el efecto de inercia dentro de la columna gaseosa, continuando de este modo la admisión después del punto 4 originándose el retardo de cierre de la mencionada válvula. En el punto 4 se inicia, la compresión real. (Cordova,2013)

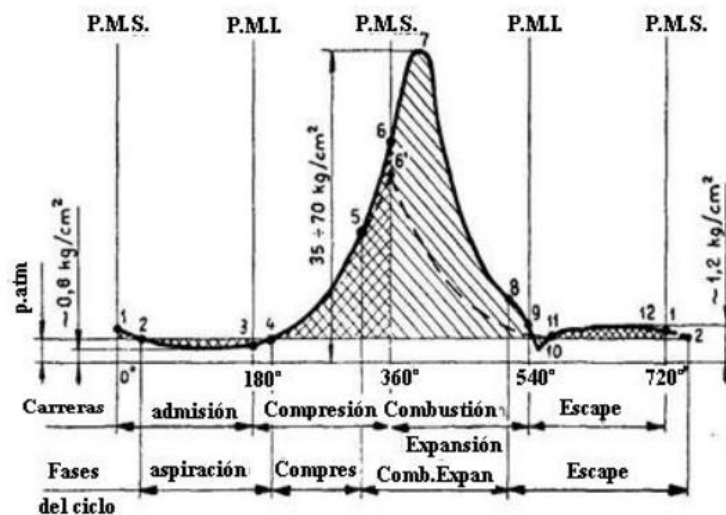


Figura 7 Diagrama de presiones requeridas al desplazamiento angular del eje del motor

Fuente: Córdoba (2013)

- La compresión de la mezcla se produce debido al desplazamiento del pistón desde la fase 4 a la 6. Teniéndose en cuenta que la combustión requiere un tiempo para poder realizarse con la finalidad de poder obtener el mejor desarrollo de la fase útil (combustión y expansión) efectuándose el encendido mucho antes de alcanzar el PMS . (Cordova,2013)

- Ocurrido el encendido en el punto 5, antes de culminar el proceso de compresión se inicia la combustión, esto origina un intempestivo incremento de temperatura y de presión lo cual alcanza su máximo valor en el punto 7. La combustión culmina cuando el pistón se ha desplazado una parte de su carrera de expansión en cuestión de microsegundos. El volumen se incrementa y la presión experimenta un veloz descenso, con la correspondiente transmisión de calor hacia las paredes del cilindro. La expansión teórica debería prolongarse lo más posible con la finalidad de aprovechar al máximo la fase de trabajo útil, pero, en la práctica con la finalidad de facilitar la expulsión de los gases, la expansión se interrumpe con el adelanto de la apertura de la válvula de escape antes de alcanzarse el punto 8. (Cordova,2013)
- En el instante de la apertura de la válvula de escape los gases de la combustión tienen una presión superior a la atmosférica con lo cual pueden fluir con rapidez al medio externo, esto ocurre casi a volumen constante, descendiendo la presión rápidamente a un valor cercano al de la primera fase. En el punto 9, al iniciarse la carrera de escape, la presión es ligeramente superior a la atmosférica, con una tendencia de reducirse más durante los primeros instantes de esta carrera. En el punto 11 se inicia el segundo período de la fase, expulsándose los gases presentes aun dentro del cilindro debido a la acción del pistón. En este período la presión es casi mayor a la presión atmosférica debido a la resistencia que han de vencer los gases al fluir por la válvula y los conductos del múltiple de escape. En este proceso no ocurre una perfección en la expulsión de todos los gases, debido a la rapidez del proceso. (Cordova,2013)
- En 1, al término de la carrera de escape, la presión tiene una presión superior a la atmosférica; con lo cual debe continuar la fase hasta el punto 2. Habiendo comenzado la apertura en el punto 12 de la válvula de admisión, con lo cual se ofrece en esta sección una mayor sección de paso para la nueva fase de admisión. (Cordova,2013)

Traslape de válvulas: teóricamente las válvulas se deben abrir y cerrar en el instante que el pistón está exactamente en el punto muerto superior o en el punto muerto inferior. En un proceso real existe un breve periodo de tiempo en el cual ocurre el traslape valvular

que se caracteriza por estar abiertas ambas válvulas en simultaneo, lo cual permite que la mezcla ingrese al cilindro y a la vez esta impulsa a la salida de los gases de la combustión. En este periodo de tiempo las dos válvulas se mantienen abiertas se denomina traslape valvular y coincide entre 10 a 15° de giro del árbol cigüeñal. Este proceso permite incrementar el coeficiente de llenado con mezcla fresca dentro del cilindro del motor. (Barros y Moran, 2014)

f. Componentes fijos.

- **Culata.**

La culata del motor es un elemento de importancia del motor, y es aquella que cubre el bloque de cilindros y deberá soportar en su estructura los impactos de la combustión provenientes desde el cilindro. En su estructura deben ir alojados mecanismos de gobierno para la admisión y escape, así como el tren de balancines o árbol de levas que permiten la sincronía de los procesos dentro del motor, los cuales no son en simultaneo. Debe soportar también las altas temperaturas que se presentaran por lo que se fabrican teniendo en cuenta de tener chaquetas u holguras por donde debe fluir el agua del sistema de enfriamiento del motor. La admisión, el escape y la cavidad donde fluye el lubricante deben ser independientes con la finalidad de evitar las mezclas entre fluidos (aire, gases y aceite lubricante), en su aspecto constructivo los fabricantes tienen preferencias en el uso del aluminio en la mayor parte de los casos. (Cosi, 2020)

- **Monoblock.**

El bloque de motor es el cuerpo del motor, donde se alojan los cilindros y los elementos que transmiten los movimientos de los mecanismos que generan potencia mecánica, así tenemos el árbol cigüeñal, bielas-manivelas y pistones. En el monoblock se fabrican con paredes enchaquetadas que permitan la refrigeración de las paredes externas de los cilindros sometidos a altas temperaturas por donde fluirá el refrigerante. También debe tener ductos para la circulación del aceite lubricante, El monoblock es fabricado principalmente por materiales como el hierro fundido y aluminio. Este último es más útil en la disipación de calor por tener un mejor desempeño y coeficiente conductivo, pero con el inconveniente de tener mayor precio en su construcción. (Menna, 2019)

- **Carter.**

El cárter del motor se fabrica mediante el proceso de estampado en chapa de acero o con aleaciones ligeras de aluminio, caracterizándose por tener la forma de caja o bañera. Es típico su uso en motores de 4 tiempos (mientras que en motores de 2 tiempos se le suministra el aceite junto con la gasolina) y permite hermetizar la parte inferior del monoblock, alojándose en esta el aceite lubricante que se distribuye por medio de los muñones del árbol cigüeñal o a través de una bomba de aceite hacia las partes móviles del motor. Protege la parte inferior del motor y aporta rigidez al motor. (Plaza, 2020)

g. Componentes móviles.

- **Pistón.**

Por lo general, los anillos de los pistones están fabricados de fierro fundido que permiten el sello entre la cámara de combustión y el espacio inferior del motor. Mientras que el pistón se desplaza de forma recíproca, los pistones se dilatan para lo cual existe una holgura entre el pistón y las paredes del cilindro, en este caso los anillos brindan hermeticidad y aportan a la lubricación entre el pistón y las paredes del cilindro, se tienen holguras de entre 0.3 mm. (Contreras, 2018)

- **Biela.**

La biela es un elemento mecánico que, mediante tracción o compresión, permite la transmisión del movimiento a través de la articulación entre el pistón (en sus carreras de ascenso y descenso) con el árbol cigüeñal. Es un elemento de alta solidez y resistencia mecánica que debe soportar tensiones y temperaturas, debido a la velocidad de cada carrera y las altas temperaturas generadas por la combustión, para una velocidad de 1 800 rpm del motor deberá soportar un total de 60 carreras por segundo. Los materiales más habituales son las aleaciones con alma de acero, titanio o aluminio, mediante la técnica del forjado. (Plaza, 2020)

- **Cigüeñal.**

El cigüeñal es un componente robusto de un motor que permite absorber el impacto del movimiento alternativo del pistón y transformarlo en movimiento o energía de rotación a altas velocidades, está formada por pequeñas manivelas, muñones ,

cojinetes y descansos, está sometido a fuertes fatigas mecánicas lo cual puede provocar su fractura. El cigüeñal se conecta a la volante o al sistema de transmisión del motor generando la potencia mecánica, al freno. Los materiales para construir un cigüeñal por lo general son aleaciones de alta resistencia. (Diesel val, 2020)

La principal función del árbol cigüeñal es recepcionar la aceleración lineal, o el movimiento lineal brindado desde el pistón, transformándose en un movimiento giratorio, o circular. El cigüeñal determina la distancia donde la biela y el pistón se pueden mover a través de los cilindros. Motivo por el cual el brazo del cigüeñal debe estar siempre bien lubricado. En algunos motores los contrapesos brindan equilibrio dinámico al cigüeñal suministran el aceite hacia la parte inferior de las paredes del cilindro por donde deberá desplazarse el pistón. (Diesel val, 2020)

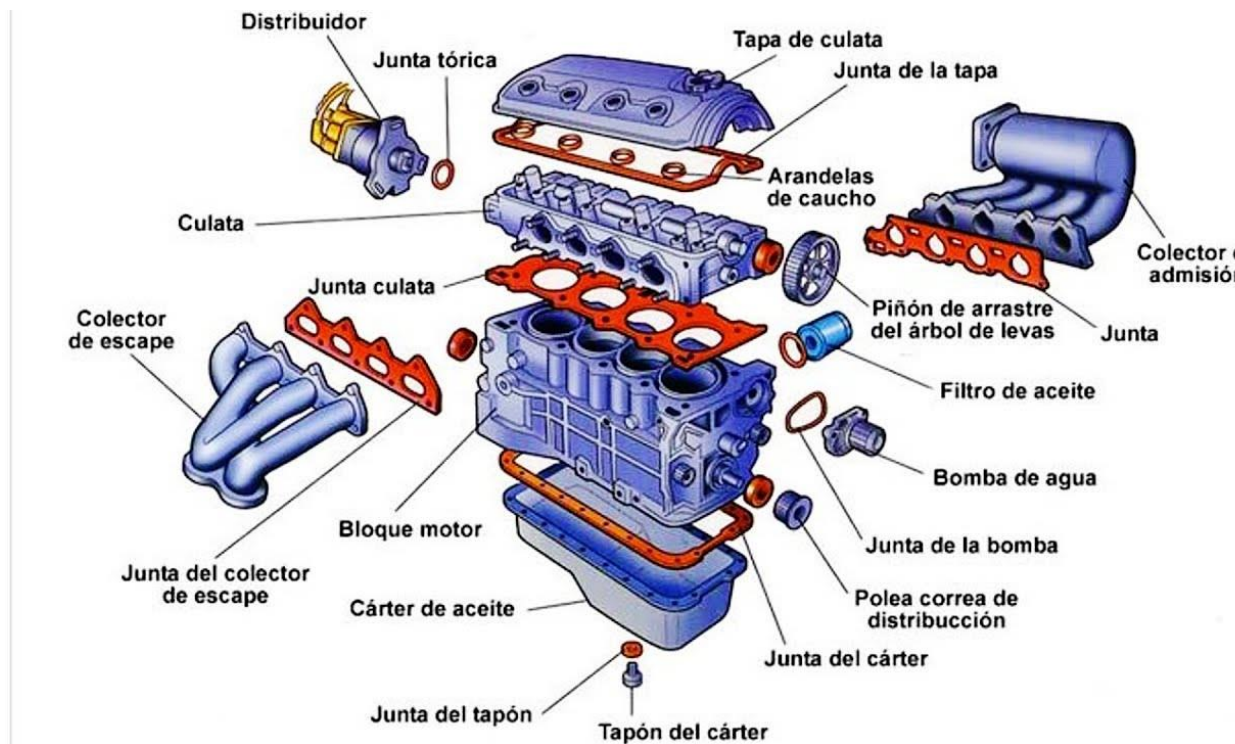


Figura 8 Elementos de un motor de combustión interna.

Fuente: Arias (2020)

- **Volante.**

Es un componente mecánico de vital importancia, que permite disipar el desbalance mecánico en el árbol cigüeñal producto de alta velocidad de giro así como equilibra al motor para su estabilidad. Seguramente, en más de una ocasión te has preguntado

qué aspectos influyen en la sonoridad y el refinamiento de un propulsor, en estos aspectos intervienen factores como la calidad de la inyección o el número de cilindros del automóvil, pero también el volante permite la rapidez del frenado intempestivo. (Prieto, 2018)

- **Árbol de levas.**

El árbol de levas es un elemento móvil que tiene por finalidad la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape de una forma sincronizada según la arquitectura del motor, en cada 2 revoluciones del árbol de levas se completo un ciclo termodinámico completo del motor. Lleva como mecanismos montada en ella, salientes excéntricas mecanizadas llamadas levas, estas son las encargadas de regular todo el ciclo y del mismo modo efectúan el empuje necesario sobre las válvulas. El material de frecuente uso para su fabricación es la aleación de fierro fundido. Caracterizándose por ser fabricado en una sola pieza través de un proceso de fundición por moldeo. (Cosi, 2020)

- **Válvulas.**

Tienen la función de abrir y cerrar los pasos por donde fluyen al aire y los gases de la combustión que comunican con los conductos del múltiple de admisión y el de escape con la cámara de combustión. Y permanecen completamente cerradas durante las fases de compresión y explosión. Se fabrican de aleación es de acero de alto temple y resistencia mecánica a alta temperatura, así como deben presentar resistencia a la oxidación y corrosión. La tensión mecánica es causada por la flexión en la placa de la válvula debido a la fuerza de la presión durante el encendido y el fuerte impacto cuando se cierra. En motores delata velocidad y potencia se pueden encontrar de 2, a 4 válvulas de admisión y la misma cantidad de escape dentro de un mismo cilindro. (Cosi, 2020)

El espesor y geometría del asiento de la válvula y además la selección del material pueden reducir la presencia de las tensiones a un rango permitido que no ocasionen daños a las válvulas durante su vida útil. Durante la expulsión de los gases de escape calientes, la temperatura de la válvula de escape se incrementa aún más por lo cual deberá tener componentes que eviten su dilatación. Una fracción del calor sensible

se disipa a la culata a través de la guía de la válvula. La válvula de admisión alcanza temperaturas de 300 °C a 550 ° C, y la temperatura de la válvula de escape puede alcanzar hasta 1 000 °C. La rapidez de la apertura y cierra de una válvula se realiza hacia arriba tapando la parte superior de la válvula la salida de los gases o entrada del aire de manera sincronizada según la arquitectura de un motor.(Cosi, 2020)

2.1.2 Propulsión naval.

Las primeras embarcaciones aparecieron en diversas partes del mundo, sin relación entre sí, pero en forma casi simultánea. Abarcando el concepto de simultaneidad, periodos de tiempo de varios siglos. Las embarcaciones construidas inicialmente no presentaban los problemas en la navegación que actualmente se presentan en los motores de combustión, debido a que la energía consumida a través de la fuerza de impulsión del viento o la energía muscular de los remeros. (De la llana, 2011)

El primero inventor en aplicar el vapor a la navegación fue el francés Claude François Jouffroy d'Abans (1751-1832). En 1776 construyó una embarcación provista de una máquina de simple efecto, la cual accionaba un conjunto de remos con palas móviles que se asemejaban al movimiento de las palmípedas. En 1780 se consiguió sustituir los remos por un sistema de ruedas de álabes y empleo una embarcación de mayores dimensiones (46 m. de eslora), construido en Francia al que se le denominó como piróscafo. (De la llana, 2011)

Uno de los primeros intentos de tratar de conseguir la transformación del movimiento de rotación en movimiento lineal, es decir el movimiento circular convertido en empuje mecánico, se realizó a través de las investigaciones realizadas por Laszlo (1971).El sistema consistía en un conjunto de mecanismos formado por un conjunto de contrapesos rotando sobre un eje común, y un sistema de movimiento que intentaba variar el radio de giro de ellas. De esta manera se pudo conseguir una fuerza centrífuga desbalanceada que propulsaba al motor en una dirección. Se presentaron serios problemas al no poder conseguirse la variación en el radio de giro con un ángulo adecuado. Sin embargo, desde el punto de vista teórico de investigación sería el punto de partida para futuros trabajos. (De la llana, 2011)

Una embarcación se considera un sistema que se mueve sumergido parcialmente dentro de un líquido, agua salada o dulce; y debe tener la capacidad de cumplir con condiciones referidas a la flotabilidad, estabilidad, velocidad, navegabilidad, maniobrabilidad. Las dimensiones de una nave están referidas según lenguaje marino a las medidas de sus dimensiones y estas son las siguientes:

- Eslora (L): es la distancia medida horizontalmente de la embarcación en toda su longitud.
- Manga (B): es la distancia medida horizontalmente en el sentido transversal de la embarcación.
- Puntal (D): es la dimensión vertical de una embarcación.
- Calado (T): es la profundidad que alcanza dentro del agua la parte sumergida de una embarcación. (Ruiz, 2018)

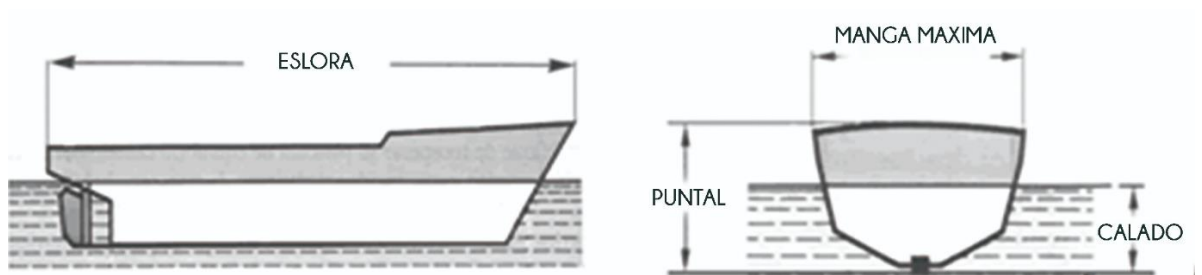


Figura 9 Dimensiones de una embarcación

Fuente: Rowing cultures (2015)

Para que un buque se mueva, es necesario que se aplique una fuerza superior que venza a la resistencia ofrecida por el agua y el aire. Se deberá tener en cuenta la forma de la carena de la embarcación, las potencias del sistema de propulsión, y el tipo de propulsor que permite la transformación de la potencia en transformar esta potencia en empuje hidrodinámico. La resistencia al avance caracteriza a la magnitud del empuje y la eficiencia del propulsor determinara la potencia efectiva requerida. La resistencia hidráulica se estudia primero en condiciones estáticas del agua sin considerar el viento, aplicando ciertos factores de corrección. La resistencia al desplazamiento es la fuerza de oposición al avance de la embarcación. (Ruiz, 2018)

Propulsar es la acción de provocar a una determinada velocidad a una embarcación, el sistema de propulsión está conformada por el conjunto de elementos mecánicos que

permiten la navegación de la embarcación. En el caso de una embarcación pesquera artesanal su misión de desplazarse hasta la zona de pesca después de un periodo de recorrido a favor o contra la corriente de agua, capturar la materia prima y luego trasladar esta última a las zonas de procesamiento o descarga en la costa. La cadena de propulsión está compuesta por elementos y una serie de mecanismos de accionamiento donde de forma sincronizada permite que en la maquina se suministre y flujo de energía calorífica y esta transmita su potencia, hasta el propulsor o hélice , el cual tiene por función el desplazamiento de la embarcación. (García, 2013)

2.1.3 Sistemas de un motor de combustión interna por encendido por compresión.

a. Cámara de combustión.

Es en espacio hermético aislado donde se produce la reacción química que generara la energía a ser empleada y transformada en energía mecánica de desplazamiento. La mezcla de aire comburente y combustible se comprime hacia el PMI confinando a la mezcla en el volumen muerto del motor, lo que genera altas condiciones de presión y temperatura generándose el encendido de la mezcla y su posterior expansión lo cual a través de la carrera de descenso del pistón iniciara el trabajo mecánico a aprovecharse. Después, ese movimiento reciprocante se transforma en movimiento giratorio mediante el cigüeñal. Progresivamente se ha diseñado varios tipos de cámaras de combustión, con la finalidad de mejorar la eficiencia, su durabilidad y/o la potencia desarrollada. Especialmente en los motores de 4 tiempos. Su forma influirá de forma notable en el desempeño y eficacia de la combustión. (López, 2021)

El primer tipo de cámara de combustión fabricada fue la del tipo cilíndrica. Es cerrada desde la parte superior, posee una superficie plana donde se alojan el tren de válvulas ubicadas de forma paralela entre ellas y al eje vertical del cilindro. La bujía va ubicada en un extremo lateral del cilindro o en la parte superior, también de forma paralela a las válvulas. Este tipo de cámara de combustión es antigua, en la cual la bujía se sitúa próxima a la mezcla combustible y aire, permitiendo que su chispa inflame de forma inmediata a la mezcla. (López, 2021)

La cámara de combustión de geometría en forma de cuña se caracteriza porque el techo de la cámara o parte de él posee cierta inclinación para crear un triángulo. En el lado

grande se sitúan las válvulas de forma diagonal y en el lado corto se ubica la bujía. Las válvulas se sitúan en la culata con la finalidad de poder disipar las turbulencias que se presentan luego de la inflamación de la mezcla. Dentro de las ventajas que tiene esta referido a que las bielas presentan un menor esfuerzo, incrementándose la durabilidad del motor. (López, 2021)

b. Sistema de alimentación de combustible.

Los motores de combustión interna deben ser suministrados a través de un sistema de combustible, que incluya un conjunto de componentes que permitan bastecer de una forma segura, limpia y a una presión adecuada al diesel o biodiesel sin sufrir modificaciones severas que implique relativos cambios de elementos que constituyen al motor. (Luna y Mier, 2019)

En el sistema de alimentación de combustible se requiere de filtros de combustible, de cierto grado de finura que permita un suministro de combustible libre de impurezas que puedan dañar a los inyectores los cuales se deben reemplazar después de cierto tiempo o un determinado kilometra o recorrido, ya que son los encargados de evitar que pasen impurezas a la bomba de inyección para que no sufra daños o provoque un desgaste de los elementos que la conforman. Después de que el combustible llega a la bomba, éste es impulsado a los inyectores a través de cañerías metálicas, para luego ser inyectadas a una alta presión a cada cilindro según el orden de encendido del motor. (Luna y Mier, 2019)

El sistema de inyección diésel tiene por función el suministro del combustible necesario para que el motor opere según las prestaciones o velocidad requerida. La inyección debe ser la precisa en caso contrario, no se puede tener una combustión correcta y el motor comenzará a tener fallas en su funcionamiento. El sistema de inyección, encargado de suministrar el diésel en la cantidad y forma adecuada, se tienen dos elementos: la bomba de inyección y los inyectores. Los inyectores son elementos fijos encargados de atomizar el combustible dentro de cada cilindro del motor o en algunos casos la inyección del tipo electrónica inyecta combustible gasificado a alta presión. La bomba de inyección es la encargada de brindar la cantidad de combustible requerida en el instante y con la presión adecuada, a cada inyector. La presión y el flujo masico de combustible que suministra la bomba, deberá ser tal que se adapte a los requerimientos de trabajo. Debido a la función

relevante que cumple un inyector requiere periódicamente un afinamiento de la inyección. (Atienza, 2019)

Los sistemas de inyección diésel tienen el mismo principio de funcionamiento, pero han venido modificándose aplicando tecnología punta para mejorar su performance así tenemos la inyección electrónica y la inyección multipunto. Así tenemos dos tipos de sistemas de inyección: inyección directa e indirecta. (Atienza, 2019)

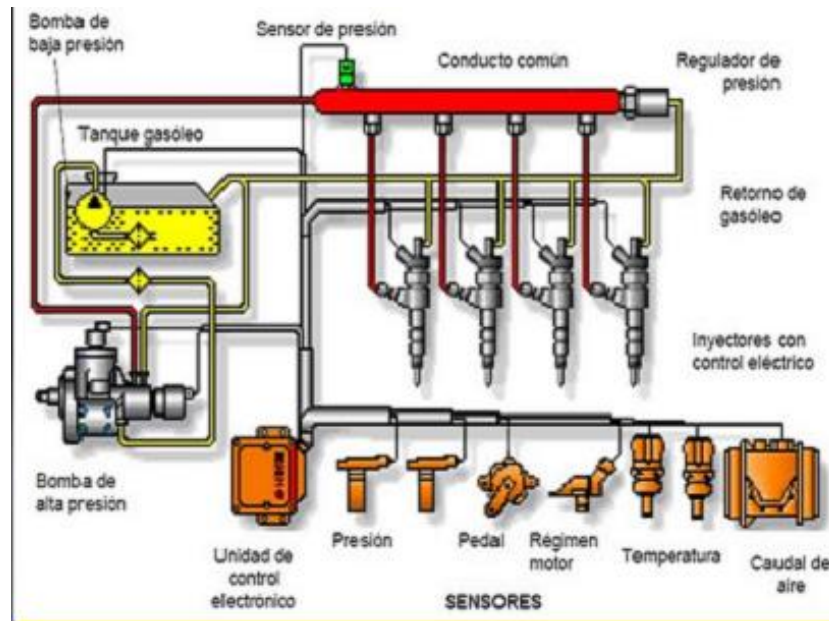


Figura 10 Componentes de un sistema de inyección diésel marino

Fuente: Rayofugaz (2021)

c. Sistema de distribución.

El sistema de distribución está conformado por un conjunto de elementos que regulan la entrada y salida de los fluidos (aire o gases) en el cilindro. Este sistema actúa de manera sincronizada debe estar en perfecto sincronismo con el cigüeñal, para que las apcon el giro del árbol de levas y el árbol cigüeñal de tal forma que se aperturen las válvulas en una arquitectura según el orden de encendido de un motor, así por ejemplo para un motor de 4T en línea el orden de la distribución debe ser 1-3-4-2 , la cual es la secuencia del encendido, sin que esto genere sobreesfuerzos en el árbol cigüeñal. El sistema de distribución de un motor es de suma importancia, de él depende el correcto funcionamiento del motor respecto al rendimiento. La exacta apertura y cierre de las válvulas como el tiempo que permanecen abiertas es diferente para cada motor, al igual que el tipo de distribución. (Saralegui y Pary, 2019)

El movimiento de rotación del árbol de levas esta sincronizada a través de un sistema de transmisión al giro del árbol cigüeñal, para la cual se utilizan diversos elementos de máquinas que permiten una adecuada transmisión tal como ruedas dentadas., cadena de rodillos o correa dentada. El sistema adoptado dependerá del tipo motor y su fabricante, así como el material del árbol de levas y su respectivo costo de fabricación. Independientemente del tipo de distribución la velocidad de rotación del árbol de levas es la mitad a la del árbol cigüeñal, del mismo modo los piñones de mando acoplados a los árboles conducido y conductor deben tener la relación 2/1, el diámetro o número de dientes del piñón conducido del dispositivo de levas tiene que ser el doble que el piñón conductor (cigüeñal). También están sincronizadas a este trabajo la bomba de agua, la bomba de inyección en caso de que el motor sea Diesel, etc. (Saralegui y Pary, 2019)

d. Sistema de encendido.

El sistema de encendido del motor esta relacionado a la generación de la chispa en las bujías y su adecuada distribución en los cilindros del motor y en su arquitectura de funcionamiento. La chispa de encendido es empleada en los motores gasolineros, GLP o encendido por explosión. Mientras que en los motores con encendido por compresión no requieren de una chispa, ya que la mezcla carburante se autoinflama según las condiciones de presión y temperatura que se tenga. El sistema de encendido tiene por función el aporte de energía que necesita el motor para conseguir los 4 tiempos necesarios del ciclo termodinámico. Otra función del sistema de encendido es almacenar y producir energía eléctrica por medio de baterías y el alternador. (Aser, 2021)

e. Sistema de lubricación.

El análisis de aceite lubricante basa su estudio en 3 fenómenos: la fricción existente entre 2 cuerpos en contacto y movimiento, el desgaste como resultado de lo anterior y la lubricación como un medio para evitar el desgaste y también enfriar elementos de máquina alojados en espacios confinados difíciles de lubricar con grasas. El lubricante y desempeña las siguientes funciones:

- Disminuir las pérdidas de rozamiento y asegurar la eficiencia mecánica máxima del motor.
- Proteger el motor contra el desgaste por esfuerzos mecánicos y corrosivos..

- Ayuda al enfriamiento de pistones, cojinetes, paredes de cilindros y demás partes por las cuales se tiene un alto índice de calor por rozamiento o fricción.
- Remueve las impurezas en las zonas lubricadas.
- Mantiene las fugas de gas y de aceite en niveles mínimos aceptables, especialmente con los anillos de lubricación de los pistones. (Arellano, 2009)

f. Sistema de enfriamiento

El sistema de refrigeración de un motor de combustión interna cumple la función de extraer el flujo de calor sensible y mantener dentro del equipo una temperatura ideal para que los lubricantes no pierdan sus características. Hay dos tipos de sistemas para refrigerar el motor de combustión interna: sistema por aire y sistema por líquido (que puede ser agua o cualquier líquido especial). El sistema de refrigeración por líquido (que puede ser agua o cualquier líquido especial) es el de mayor uso y se emplea en motores de diversas aplicaciones, mediante un sistema de Termo-Sifón, que ha incorporado una bomba para impulsar el agua dentro del motor. (Utrilla, 2021)

Para mantenerlo hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Mantener tensa la correa trapezoidal,
- Verificar el estado y agarre de los manguitos,
- La estanqueidad del proceso.
- Velocidad de rotación de ventilador de enfriamiento.
- Verificar condición del termostato.
- Características del líquido anticongelante.
- Inspeccionar constantemente las áreas o secciones frías que el fluido anticongelante no actúa, lo cual puede fracturar materiales del motor. (Utrilla,2021)

El sistema de enfriamiento de un motor, en ciertas condiciones tal como uso constante o exceso de calor ambiental puede provocar fallas o reducir su eficacia en el transcurso de su vida útil. Dentro de las averías que pueden presentarse tenemos: roturas de las mangueras de flujo de agua , fallas en las bombas (acoplamiento mal realizado o junta de estanqueidad vencida), ventilador que no funciona correctamente, los radiadores con picaduras, termostato mal calibrado, sobrecalentamiento, uso de un líquido refrigerante inadecuado, etc. (Utrilla, 2021)

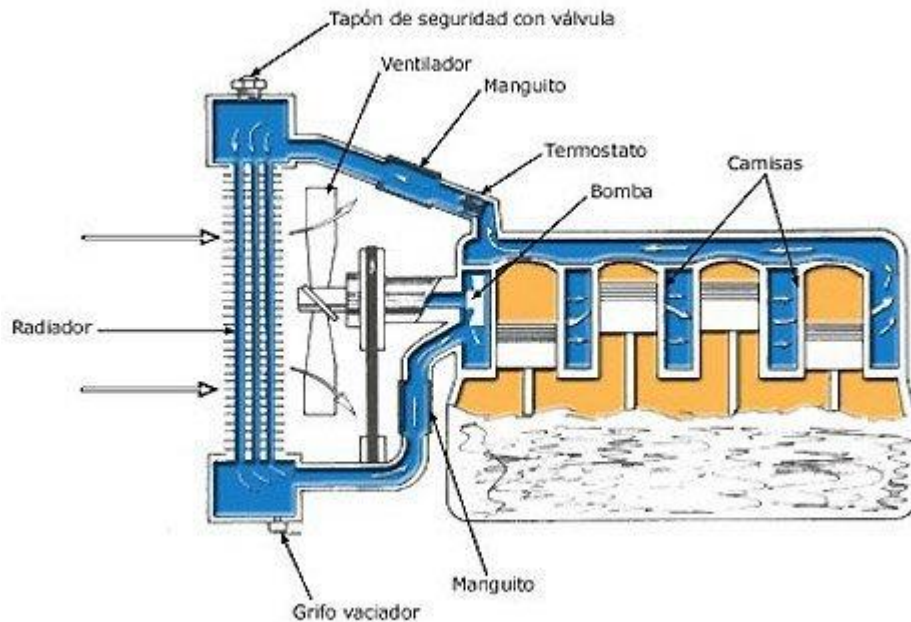


Figura 11 Sistema de enfriamiento de un motor diesel

Fuente: Utrilla (2021)

El sistema de enfriamiento es un sistema constituido de un conjunto de componentes que operan de forma simultánea para mantener la temperatura de funcionamiento del motor y obtener condiciones internas en el motor que no afecten a sus elementos los cuales están sometidos a fatigas de origen mecánico y de origen térmico. Este sistema cuenta con conductos dentro del monoblock y culata, bomba de agua y un sistema de transmisión que acopla al motor y la bomba de agua, del mismo modo un termostato para mantener dentro de un rango la temperatura del fluido refrigerante, un radiador que enfría al refrigerante, un tapón de radiador que mantiene la presión del sistema y mangueras, para el caso de sistemas marinos deberá contarse con un sistema adicional de enfriamiento que reemplace al radiador. (Mendoza, 2017)

El líquido anticongelante o comúnmente referido como refrigerante, está en capacidad de soportar temperaturas extremas de calor y frío, tiene sustancias inhibidoras de corrosión y lubricantes que permiten óptimas condiciones de operación al sistema. El impeller de la bomba de agua aprovecha la fuerza centrífuga para hacer circular el fluido refrigerante desde el motor hacia un enfriador de superficie (en sistemas terrestres toma el nombre de radiador) y luego se deriva hacia los diversos componentes del motor. Si la bomba de

agua presenta una falla tal como fugas por el sello, una fractura en la carcasa, un rotor roto puede afectar al sistema refrigerante provocando un sobrecalentamiento que es muy peligroso para el motor. (Mendoza, 2017)

2.1.4 Embarcaciones pesqueras artesanales.

a. Generalidades.

Las embarcaciones artesanales están fabricadas de madera y están dentro del rango de 30 toneladas de capacidad a menos. Existiendo una clasificación entre ellos, pero en común la pesca realizada es para consumo humano directo. En el contexto hidrodinámico Arquímedes las caracterizo por necesitar un empuje vertical equivalente al peso de masa del volumen del fluido que desaloja, en todo el rango de velocidades que tiene la embarcación, y a lo largo de todo el casco. Este principio permitirá mantenerse a flote y es la característica principal que permite mantener a flote la embarcación. En el aspecto constructivo cada astillero artesanal ha adquirido una distinta metodología de trabajo en la construcción del casco de la embarcación, en la mayor parte de los casos es por empirismo o por calco de una a embarcación ya construida y de otra parte son conocimientos que se transmiten de generación en generación. (Ruiz, 2021)

Los Motores centrales se instalan dentro del casco por lo general en proximidades van colocados dentro del casco cerca a la proa y sobre la línea de crujía o eje central a lo largo de toda la eslora, de tal forma que mantenga el equilibrio estático de la embarcación y no ocasione su volcadura. La hélice o propulsor va montado lo más bajo posible en la popa de la embarcación, de tal forma que se pueda conseguir la máxima impulsión del agua. El motor descansa sobre una bancada sobre soportes o polines antivibratorios, debiendo quedar el motor correctamente con las bancadas o asientos y el eje de propulsión. Posteriormente la chumacera de empuje, es el elemento que soporta la fuerza de torsión del propulsor y la bocina por donde sale el eje al exterior. La sala de máquinas requiere de una ventilación adecuada al no contarse en las embarcaciones pesqueras con un radiador. (Escuela náutica de Cataluña)

La sala de máquinas de las embarcaciones artesanales de madera es de espacio muy reducido y por lo general no se cuenta con una adecuada ventilación, motivo por el cual se han instalado enfriadores de superficie cerca de los timoneles. SE presentan severos

problemas de sobrecalentamiento en zonas cercanas a la sala de máquina , donde también se ubican los camarotes de la tripulación. Esto va originar un incremento en la temperatura del motor al no tener una ventilación adecuada. (Ruiz, 2021)



Figura 12 Embarcación pesquera artesanal de 4 Toneladas con motor central

Fuente: Diario la república (2021)

Existe otro tipo de embarcaciones de menor potencia distinta geometría en la cual los motores centrales se de menor capacidad como es el caso de embarcaciones artesanales de menos de 4 toneladas de capacidad de bodega, los cuales presentan el mismo problema de las embarcaciones artesanales de 20 a 30 toneladas. Del mismo modo embarcaciones mucho mas pequeñas ya no presentan el problema de ventilación del motor debido a que el motor central esta descubierto o es fuera de borda. Para el primero de ellos el riesgo lo presentan los propios pescadores que deben desplazarse cerca del motor el cual posee altas temperaturas superficiales. (Ruiz, 2021)

En el universo poblacional de las embarcaciones artesanales la madera más utilizada es el huarango el cual forma la obra muerta y la estructura interior del casco formada por cuadernas, las cuales en muchos casos presentan un forro interno de poliuretano como recubrimiento para mantener fresca la materia prima capturada. En la flota de operación de acuicultura existe un gran porcentaje de embarcaciones construidas de fibra de vidrio. (Ruiz, 2021)

El flujo de energía suministrada por el combustible a los motores según el tipo de combustible puede alcanzar rendimientos termodinámicos de 30 % para motores de combustión interna ciclo diesel y 25 % para motores de combustión interna ciclo otto. Este último se transforma progresivamente en el sistema de propulsión eje-hélice para accionar la embarcación, con un rendimiento total aun no certificado por ningún trabajo de investigación tomando a la embarcación como una superficie de control. Pero se presume un valor cercano al 15 % de eficiencia que cuentan los sistemas automotrices (contando desde la energía suministrada al motor -neumáticos) (Garayar, 2022)

Del mismo modo parte de la energía no utilizada entre los 30-35% de la energía útil del combustible son liberadas a la atmósfera con los gases de escape a temperaturas entre 300-500 °C, conteniendo dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, vapor de agua, entre otros componentes en menor porcentaje. De estos el dióxido de carbono es causante del calentamiento global y la ruptura de la capa de ozono, que está afectando notablemente a la estabilidad mundial. (Garayar, 2022)

b. Tipo de motores empleados en embarcaciones pesqueras artesanales.

Motores centrales: Se montan dentro del casco con una inclinación máxima permitida de 10° con respecto al eje del casco de la embarcación. La hélice deberá estar lo más baja posible, con el fin de obtener la mejor impulsión del agua. El motor descansa sobre una bancada de hierro colocada entre los soportes o polines antivibratorios. El motor junto debe quedar perfectamente alineado con el eje. A continuación del motor se encuentra el sistema de cambio de marcha o inversor, o también conocida como palanca de gobernación. Posteriormente la chumacera de empuje, o descanso de empuje de tipo de pie soporta la fuerza de tracción de la hélice que aplica una fuerza normal sobre el eje al desplazarse y por último la bocina por donde sale el eje al exterior. (Escuela náutica de Cataluña)



Figura 13 Embarcación pesquera artesanal de 20 Toneladas con motor central

Fuente: Diario la república (2021)

Motores fuera de borda:

Un motor fuera borda, es un motor de explosión interna que se caracteriza por su ubicación el cual es en el extremo de la popa, en donde el motor se encuentra ubicado vertical sobre el propulsor que se encuentra sumergido dentro del mar. Los motores fuera borda se componen de motores de 2 o 4 tiempos de baja capacidad, un sistema de engranajes de acoplan la fuerza desarrollada por el motor con el propulsor y un sistema de propulsión que se dispone en la parte inferior sumergida. Los motores fuera borda están diseñados para su instalación sobre el montante de popa de embarcaciones de pequeño tamaño, en este caso embarcaciones pesqueras artesanales menores a 1 tonelada de capacidad de bodega y pueden pivotarse horizontalmente, de tal forma que se comparta como timón, con motor apagado. Otra particularidad de los motores fuera de borda es su rapidez para desmontarse de su ubicación con mucha facilidad, la cual por su bajo peso puede ubicarse con facilidad dentro de la embarcación sin riesgo a la seguridad de los tripulantes de la embarcación.



Figura 13 Embarcación pesquera artesanal con motor fuera de borda

Fuente: Diario el comercio (2021)

2.1.5 Componentes de navegación.

Una embarcación basa su desplazamiento por que el agua propulsada por las hélices genera un empuje contrario al desplazamiento de la embarcación. Los propulsores suministran la velocidad de desplazamiento de la embarcación en dirección opuesta al agua desplazada por los propulsores (en embarcaciones gran calado pueden ser mas de 2 propulsores). Una fuerza de reacción se desarrollada en contra del mecanismo del elemento de velocidad-impartida. Esta fuerza, también llamada empuje, deberá ser también capaz de superar el peso total de la embarcación, así vencer la resistencia de la corriente del agua cuando se presenta una travesía en contra de la corriente. (Páez, 2020)

La hélice o propulsor desarrolla en empuje necesario para el desplazamiento de la embarcación. Donde el eje del motor transmite el movimiento desde el sistema de engranajes de reducción principal desde el motor hasta el sistema que recepciona la velocidad para la hélice. Es un requisito necesario su alineamiento sobre las chumaceras de descanso de pie y los cojinetes de pared de extremo de pared que se acopla al propulsor. Un mal alineamiento del eje principal puede ocasionar daños en la transmisión y un efecto de torsión sobre el eje dañado alabeo del eje, el cual deforma al eje en su longitud. (Páez, 2020)

Los esfuerzos de flexión son soportados por la chumacera o bocina, la cual ofrece un descanso al eje principal. Dentro de los elementos constructivos de los ejes tenemos aleación de acero de alta resistencia y baja densidad, así como la hélice es obtenido por forja y molde con material de bronce. (Páez, 2020)

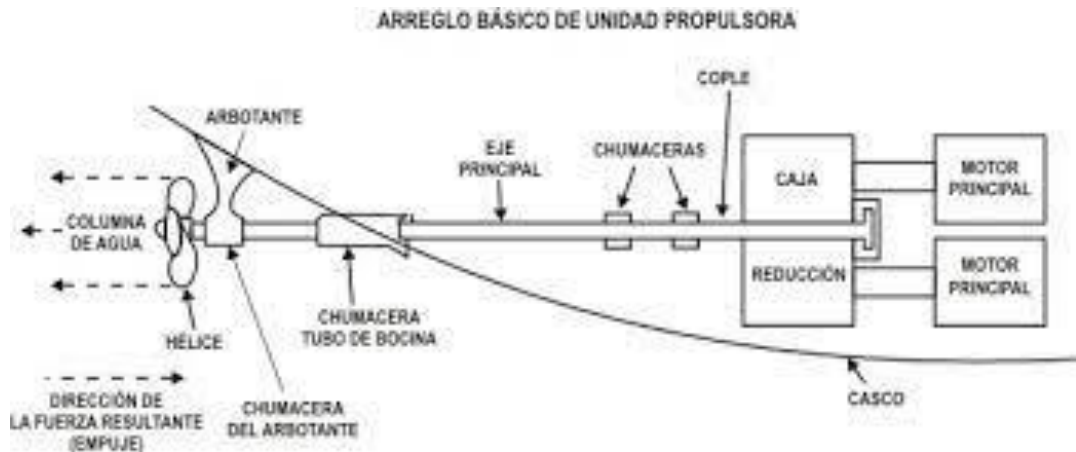


Figura 14 Arreglos constructivos de embarcaciones pesqueras artesanales de madera en astilleros informales

Fuente: Revista actualidad ambiental (2021)

2.2 Sistema de enfriamiento de un motor de combustión interna.

Un motor durante su funcionamiento genera altas tasas de calor sensible que deben ser necesariamente removidos desde su interior para que en su interior se tenga una temperatura ideal que no afecte a los elementos en movimientos ni que provoque desgastes prematuros, para esto el sistema de refrigeración cumpla con la función de mantener la temperatura admitida dentro del motor. El principio de enfriamiento se basa por el contacto indirecto de los elementos de máquinas con el fluido refrigerante, el cual circula por conductos o holguras fabricadas dentro del mismo motor. En los motores fuera de borda se aplica la refrigeración por aire, similar al de motocicletas, en donde los monoblocks de aluminio poseen superficies aleteadas donde se disipa el calor interno del motor. (Chauvin, 2022)

Los motores centrales refrigerados por agua suelen utilizar una refrigeración "indirecta" con enfriadores de superficie. Consta de un circuito por donde fluye el refrigerante del motor, el cual es circundado por agua de mar que es impulsado por una bomba de agua de mar. Este enfriador se ubica en la parte inferior del motor o la ubicación varía en

función a las dimensiones de la casa de fuerza de la embarcación. Por otro lado en el keel cooler, el líquido refrigerante circulante a través de un banco de tubos que se encuentra sumergido y montado sobre la quilla de la embarcación, la cual se encuentra rodeada por el agua de mar, en este caso el keel cooler es un enfriador sumergido dentro del agua de mar. (Chauvin, 2022)



Figura 15 Enfriador de quilla

Fuente : Chauvin (2022)

Con el objeto de que la temperatura del motor sea afectada por la temperatura del agua exterior, o por la velocidad del sistema de enfriamiento, la bomba de agua genera la velocidad de funcionamiento bajando o incrementando el caudal dentro del enfriador. El termostato es una pequeña pieza de metal la cual se expande cuando percibe un calentamiento, y cuando este se reduce se cierra evitando el flujo del refrigerante. Cuando el motor de combustión interna alcanza la temperatura prefijada de 105° , el termostato se apertura para permitir el paso del refrigerante, permitiendo el rápido alcance de la temperatura prefijada de 85°C independiente de las condiciones externas al motor. (Chauvin, 2022)

El intercambiador de calor de superficie es un intercambiador de calor convencional por lo general de tubo coraza en contracorriente, en el cual el refrigerante fluye dentro de un haz de tubos, los cuales están dentro de una carcasa o coraza de metal. El intercambio de calor se produce a través de los tubos, al principio fueron contruidos de cobre por su alta conductividad térmica, pero la acción corrosiva del agua de mar que circunda a los tubos ha generado picaduras en tuberías con el consiguiente deterioro, luego se obtuvo por

aleaciones de acero con zinc y cromo para mejorar la resistencia a la corrosión. La coraza también debe ser de un material con resistencia a la corrosión. Este intercambiador de calor requiere un alto índice de mantenibilidad generándose un efecto antieconómico por dichos costos. (Chauvin, 2022)



Figura 16 Intercambiador de calor de superficie

Fuente: Chauvin (2022)

Existe en la actualidad diversos sistemas de enfriamiento para motores marinos. Cada armador decide por lo general el diseño más apropiado para su implementación independiente en muchos casos de criterios técnicos, pero por lo menos el tipo de operación que realiza la embarcación será el detalle predominante para su construcción. (De Gracia, 2006)

- Primer factor: Está relacionado de forma directa con el sistema de enfriamiento de cada motor este último viene diseñado para un determinado sistema de enfriamiento, el cual deberá ir acoplado a las características del circuito de enfriamiento y su capacidad refrigerante. Cada circuito de enfriamiento tiene su propio catálogo de instalación y elementos que la conforman. Esto puede influir en un desempeño de un sistema de enfriamiento no diseñado para un tipo de motor. (De Gracia, 2006)
- Segundo factor: Esta relacionado al presupuesto y costos del sistema de cada uno de los componentes del circuito. (De Gracia, 2006)

- Tercer factor: La rapidez y fácil montaje es un factor de relevante importancia al instalar un enfriador de líquido refrigerante de un motor, el tiempo de construcción, la facilidad y premura con que lleguen los equipos al mismo astillero así como la disponibilidad de la logística para el trabajo tal como herramientas y personal capacitado, constituyen un factor de importancia en la selección del sistema de enfriamiento necesario. (De Gracia, 2006)

2.3 Enfriadores de quilla.

Los enfriadores de quilla o keel cooler son intercambiadores de calor ubicados fuera de borda de la embarcación, y que se encuentra montado debajo del casco de la embarcación, en la parte sumergida u obra viva, generalmente es un equipo externo a la propia embarcación. El flujo de calor sensible presente en el agua de refrigeración proveniente del motor, se deriva al keel cooler a través de una bomba de agua que es impulsada según la velocidad de cada motor. (Estacio y Chuquillanqui, 2015))

El keel cooler es un sistema de refrigeración de circuito cerrado el cual se caracteriza por estar instalado debajo del casco del buque, por debajo de la línea de flotación. El líquido refrigerante fluye a través del keel cooler, dependiendo su número de pasos y diámetro de tubería y longitud, durante este proceso el agua de mar circundante extrae el flujo de calor sensible que transfiere desde el refrigerante antes de su retorno al motor. El keel cooler permanece en contacto constante con el agua de mar, contando el gran volumen de agua de mar también en desplazamiento, este último extrae el flujo de calor no siendo necesario contabilizar su incremento de temperatura por acción del refrigerante. El keel cooler está instalado externamente debajo del casco y de la línea de flotación. El refrigerante del motor se hace circular a través del refrigerador de quilla, que transfiere el calor del refrigerante antes de que regrese al motor. El enfriador de quilla está en contacto constante con el agua de mar para transferir calor de manera eficiente. (Sole Diesel, 2022)

La temperatura máxima la cual puede estar el refrigerante en el motor está controlada según la capacidad de las dimensiones del keel cooler. Un keel cooler deberá operar en su máxima capacidad cuando la embarcación esta estática. La superficie de transferencia de calor debe incluir el factor de incrustación (fouling), la media logarítmica de temperaturas y el coeficiente global de transferencia de calor. Los materiales empleados en la fabricación de

los keel cooler son el acero inoxidable con aleaciones de titanio, zinc y cromo, aunque sería ideal tener un material de alta conductividad y con capacidad de resistencia a la corrosión por efecto del agua de mar. (Estacio y Chuquillanqui, 2015)

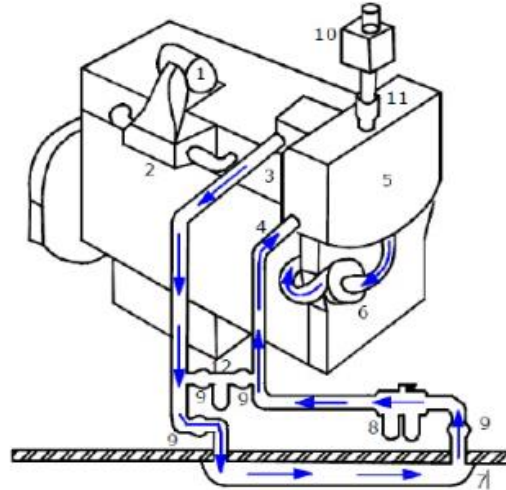


Figura 17 Sistema de enfriamiento con keel cooler para motor central marino

Fuente: Mendoza (2017)

Comparando un sistema de refrigeración de superficie con un sistema de refrigeración de circuito cerrado o keel cooler. Un keel cooler elimina la necesidad de incorporar un intercambiador de calor de superficie de tubo y coraza, bombas de agua (sin ningún tipo de tratamiento químico), filtros, tuberías para agua de mar de alta resistencia a la corrosión así como debe incluir el periodos de mantenimiento asociados a la varada de la embarcación, y, por consiguiente, el mantenimiento asociado al intercambiadores de calor de superficie no esta incluido. Por otro lado se reduce la acumulación de sedimentos, algas y arena en el circuito de enfriamiento del enfriador de superficie, con esto se evita que el agua de mar ingrese al casco y en caso de tuberías picadas del intercambiador de superficie se provoque la contaminación del refrigerante con agua de mar, que seria perjudicial para el motor. (Sole Diesel, 2022)

Dentro de los tipos de instalaciones del enfriador de quilla tenemos los siguientes:

- **Empotrado:** Empotrar el keel cooler en el casco de la embarcación proporciona una protección significativa contra daños potenciales al motor y es mucho mas eficaz la extracción de calor. Investigaciones realizadas en el banco de pruebas en la universidad de Viena se demostró que el arrastre es insignificante para aquellos

casos en que el keel cooler está empotrado en el casco de la embarcacion. (Sole Diesel, 2022)



Figura 18 Enfriadores de quilla empotrado

Fuente: Sole Diesel (2022)

- Externo: Un keel cooler externo implica la presencia del carenado y placas laterales para una mejor adhesión del enfriador con el casco, a estos se le agrega barras de zinc para inhibir la corrosión. (Sole Diesel, 2022)



Figura 19 Enfriadores de quilla externa

Fuente: Sole Diesel (2022)

- Montaje lateral: La instalación de un keel cooler al costado del casco de la embarcación evita el deterioro del enfriador. Es ideal para situaciones donde un keel cooler no se puede instalar en el casco o quilla. (Sole Diesel, 2022)



Figura 20 Enfriadores de quilla con montaje lateral

Fuente: Sole Diesel (2022)

- Box coolers: Estos enfriadores se emplean en la navegación comercial de grandes distancias. El circuito primario es enfriado con agua de mar, por lo tanto los accesorios tales como tanques, válvulas y bombas de agua de mar son innecesarios. Los Boxcoolers por lo general se instalan a ambos costados (babor y estribor) de la embarcación o longitudinalmente. Son compactos en forma de una caja, algunos de ellos utilizan recubrimientos aislantes que protegen el material de la acción salina del agua de mar. (Sole Diesel, 2022)

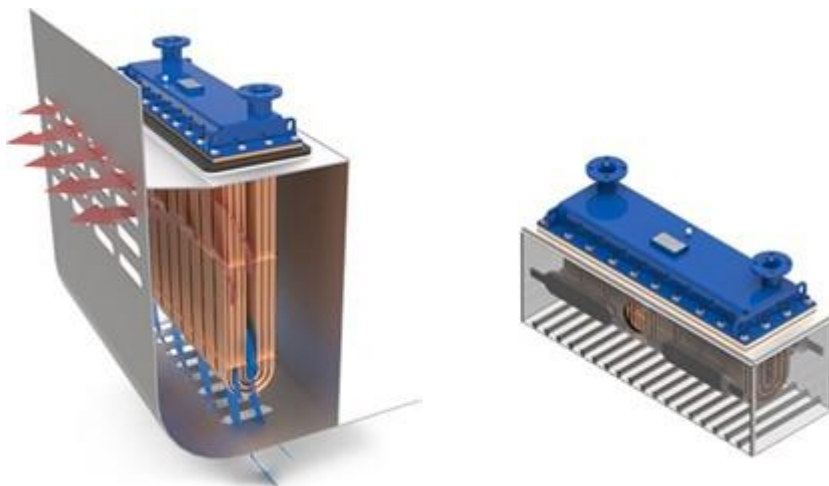


Figura 21 Enfriadores de quilla internos

Fuente: Sole Diesel (2022)

Se presenta el esquema de un enfriador de quilla

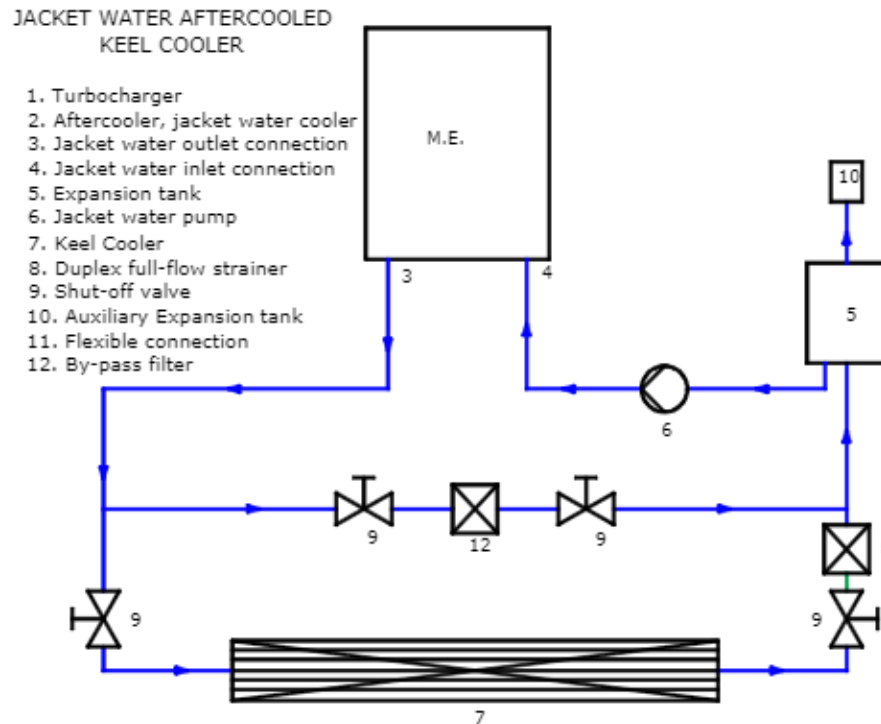


Figura 22 Esquema de un enfriador de quilla

Fuente: De Gracia (2006)

Las recomendaciones de las figuras 23 y 24, son aplicables tan solo a keel cooler fabricados de acero estructural soldados o con uniones mecánicas como tirafones directamente al casco de la embarcación, y no son aplicados a los box-coolers. Se debe tomar en cuenta la resistencia natural térmica a la transferencia de calor de una plancha de acero, y los factores de corrosión interno y externo. El coeficiente convectivo de transferencia de calor del agua dulce que circula dentro de un ducto o cañería se calculan a una velocidad de 0.9 m/seg , un valor de velocidad relativamente lento dentro del rango de 2,5 a 0,5 m/s. Mientras que el coeficiente convectivo de transferencia de calor del agua de mar es función de la velocidad de travesía de la embarcación. Estos factores influyen en el proceso de transferencia de calor mientras que otros no son relevantes en el desempeño del keel cooler. Por ejemplo, un aspecto muy importante para otros sistemas como es el tipo de material empleado, así como su espesor no se consideran influyentes. (De Gracia, 2006)

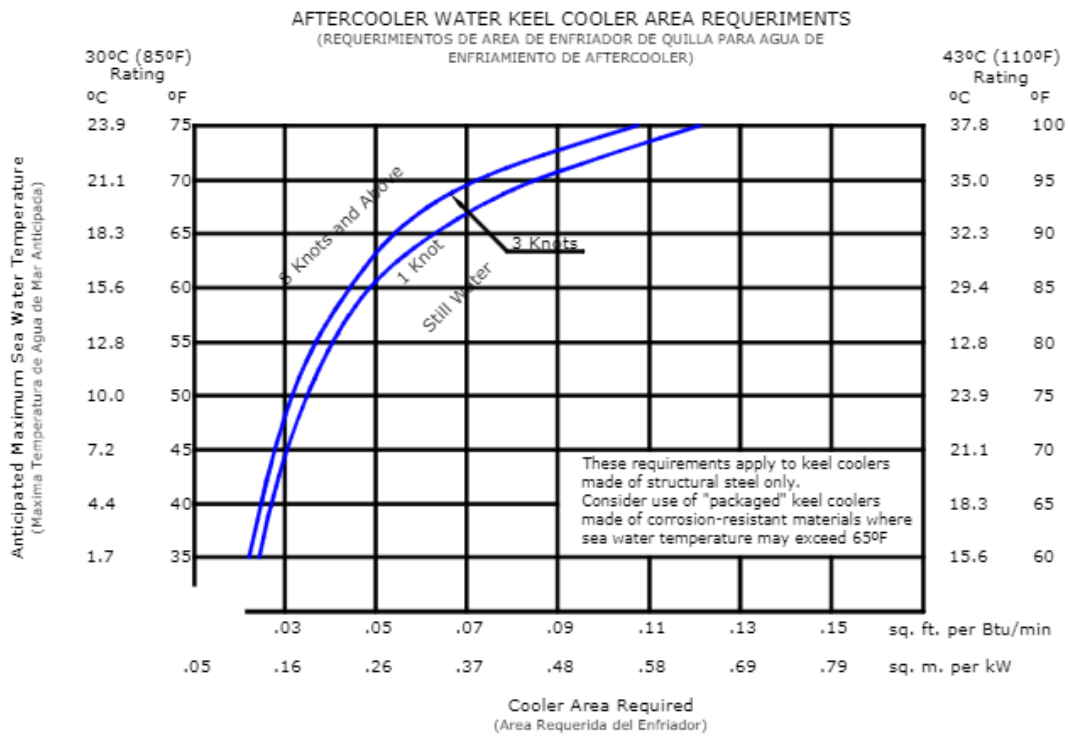


Figura 23 Área requerida y temperatura para enfriador de quilla

Fuente: De Gracia (2006)

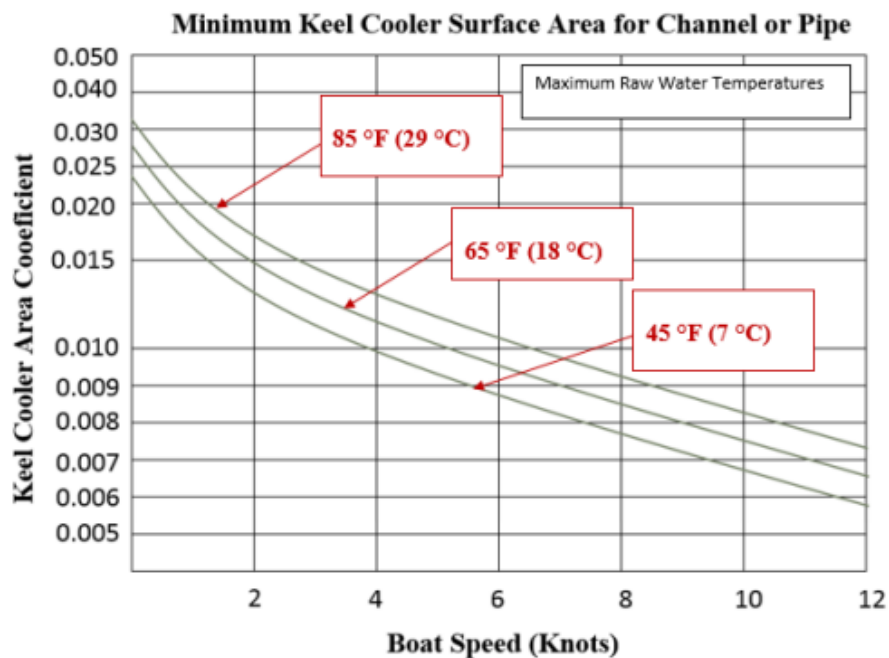


Figura 24 Área de superficie mínima del enfriador de quilla para canal o tubería.

Fuente: Ruggiero (2016)

El deterioro de las partes internas y externas de un keel cooler debido a la presencia de formas de moho, incrustaciones y picaduras, disminuyen con el tiempo el rendimiento de los keel cooler, así como su estructura. Existen ciertos tipos de protecciones tales como pinturas, recubrimientos, sistemas preventivos de incrustaciones(anti-foulings) que de algún modo reducen el intercambio de calor. Por ejemplo un deterioro puede durar de 4 a 5 años sobre el material de un keel cooler. Por lo tanto, deberá considerar un factor de sobre-dimensionamiento, esto debido al grave deterioro del material que incide sobre el intercambio de calor asociado a keel cooler fabricados de acero estructural. Esto se presenta en zonas geográficas donde las temperaturas de agua de mar son superiores a los 30°C. Se aconseja para estos casos emplear box-cooler fabricados de materiales de muy alta resistencia a la corrosión. Estos enfriadores tienen una mayor superficie de transferencia de calor en un mismo volumen en comparación con los keel cooler. (De Gracia, 2006)

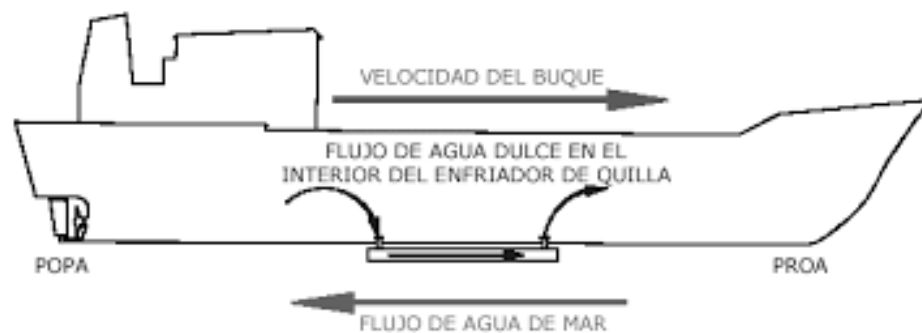


Figura 25 Distribución de flujo de un enfriador de quilla

Fuente: De Gracia (2006)

En el caso de que el agua de refrigeración fluyendo por el keel cooler tiene muy alta velocidad (más de 2.5m/seg), los elementos tales como separadores, deflectores pueden deteriorarse por erosión o abrasión sobre su superficie, sobre todo a aquellos elementos muy próximos a las entradas y salidas del manifold. Si el flujo de agua dentro del keel cooler es muy lento con velocidad inferior a 0.5 m/seg, las partículas sedimentadas en las tuberías tales como moho, arena, sedimentos tendrán la posibilidad de obstruir el flujo normal del líquido refrigerante, disminuyendo la tasa de intercambio de calor. (De Gracia, 2006)

El siguiente procedimiento es recomendable para monitorear un keel cooler:

- Determinar el mayor y el menor de caudal de líquido refrigerante circulante a través del keel cooler en función de los parámetros nominales de operación de la bomba de agua.
- Restar el menor caudal de líquido refrigerante del mayor valor.
- Multiplicar el resultado de la diferencia obtenido por $2/3$. Posteriormente sumar los $2/3$ del resultado de la diferencia del paso anterior al caudal mínimo. El valor obtenido es una aproximación al caudal real circulante.
- Determinar el área de sección en un paso del keel cooler, es recomendable consultar al fabricante o a un especialista para tomar una decisión. Posteriormente deberá emplear un buen factor de conversión para convertir las unidades de caudal desde m^3/min , y el área de paso de flujo en m^2 . (De Gracia, 2006)
- Dividir el caudal de líquido refrigerante entre la sección transversal del paso del keel cooler.
- El resultado es igual a la velocidad promedio del flujo entre los diversos pasos del keel cooler. En el caso de que la velocidad sea superior a 2.5 m/seg, se debe configurar el flujo en paralelo, para que pase por 2 o más pasos del keel cooler en simultaneo. Si la velocidad a través del paso es menor de 0.6 m/seg, se deberá usar un keel con pasos de sección transversal menor. (De Gracia, 2006)

El enfriamiento de la quilla utiliza un grupo de tubos, tuberías o canales conectados al exterior del casco. El refrigerante del motor circula a través del enfriador de la quilla para eliminar el exceso de calor. Los enfriadores de quilla fabricados son fabricados por el constructor de la embarcación como parte de la construcción del casco. Las formas de aluminio o acero estructural se utilizan generalmente con $0,187$ pulgadas [$4,8$ mm] a $0,500$ pulgadas [$12,7$ mm]. mm] espesor de pared. Los materiales deben ser compatibles con los materiales utilizados en el casco de la embarcación. para evitar la corrosión galvánica. Los enfriadores de quilla fabricados deben diseñarse sobredimensionados para permitir por la disminución de la eficacia que se produce con la formación de óxido, incrustaciones, picaduras y crecimiento en el keel cooler. (Ruggiero, 2016)

Los keel cooler fabricados se pueden hacer de muchos materiales y tipos diferentes de construcción. Los más utilizados son canal y tubería de acero, aunque esta herramienta también permitirá cálculos para canal y tubos de aluminio. La forma del enfriador de quilla está determinada por el casco, forma y tamaño de la embarcación. Un keel cooler fabricado no es un cambiador de calor eficiente y por lo tanto, es mucho más grande en superficie que los enfriadores de quilla comerciales. Se presentan las ecuaciones recomendadas por Cummins. (Ruggiero, 2016)

Para tuberías redondas:

$$Largo(m) = \frac{Q (kW) \times A(m^2) * 1682}{D_i(mm)} \dots \dots (1)$$

Donde:

$Q (kW)$ es el flujo de calor de rechazo que libera el agua de enfriamiento.

$A(m^2)$ es el área de transferencia de calor.

$D_i(mm)$ es el diámetro interior de la tubería.

$$Area\ de\ seccion\ transversal\ de\ tuberia = \frac{D_i^2}{1,27} \dots \dots \dots (2)$$

Es importante tener en cuenta la velocidad del refrigerante dentro del enfriador. Si el refrigerante fluye a través del enfriador de la quilla a más de 8 pies/seg [2,5 m/seg], los componentes internos se deteriorarán, causando fallas cerca de las entradas y salidas del múltiple en el refrigerante a fluir. Asimismo, si el refrigerante fluye a través de los conductos de los enfriadores de la quilla con demasiada lentitud, las partículas de óxido o otras partículas se asentarán, obstruirán el flujo y degradarán la transferencia de calor. Para determinar el patrón de flujo adecuado a través del enfriador de quilla, es necesario determinar el mínimo y el flujo de refrigerante máximo esperado a través del enfriador de quilla. Esto se puede obtener de los datos de rendimiento de la bomba de agua del motor.

Cálculo de la diferencia entre el máximo y el flujo de refrigerante mínimo esperado y multiplique el resultado por 2/3 y agregar 2/3 ayudará a determinar el flujo de refrigerante y cómo distribuir el flujo a través de los conductos del enfriador de la quilla. Entonces uno dividiría el flujo de refrigerante por el área de la sección transversal de un pasaje del

enfriador de quilla para obtener la velocidad media. Si la velocidad promedio a través de los pasajes de flujo del enfriador de la quilla son mayor que 8 pies/seg [2,5 m/seg], uno colocaría el flujo de refrigerante en paralelo para que pasara a través de dos o más de los pasajes del enfriador de quilla por paso a través del enfriador de quilla. Si la velocidad promedio los conductos de flujo del enfriador de la quilla es inferior a 2 pies/seg [0,6 m/seg], un conducto del enfriador de la quilla con un flujo más pequeño la sección transversal sería la más adecuada. . (Ruggiero, 2016)

Para determinar el valor del flujo de calor de rechazo, la cual esta dada por la diferencia de temperaturas del agua de enfriamiento entrante y saliente del enfriador de quilla.

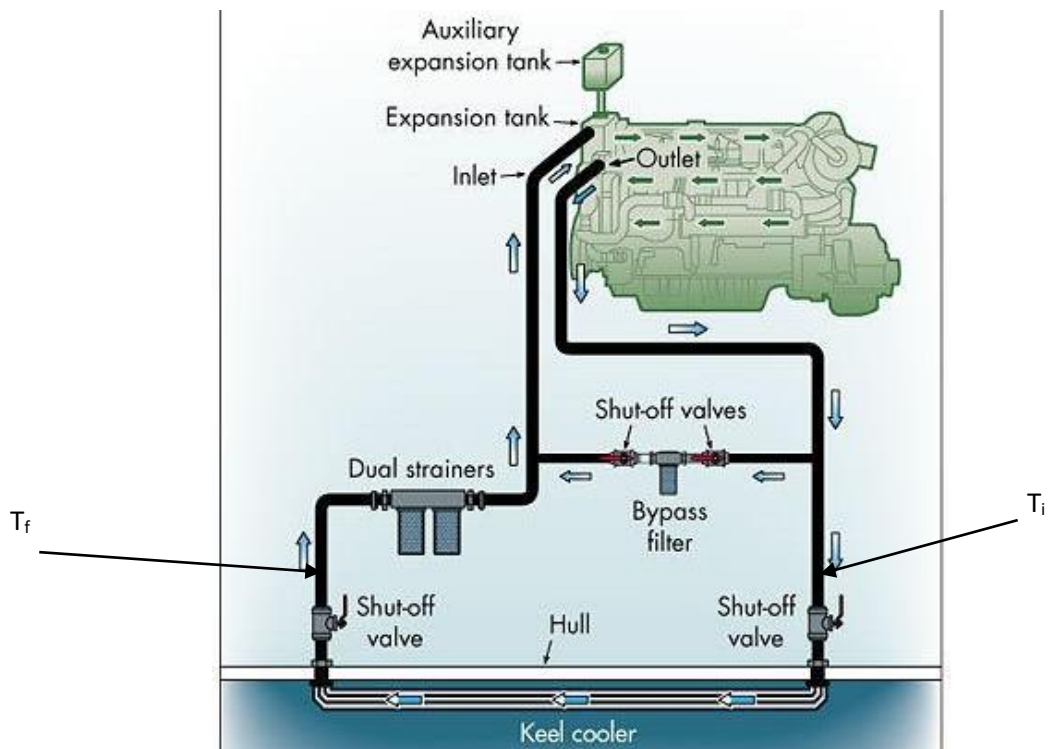


Figura 26 Temperaturas de agua de enfriamiento en un enfriador de quilla
Fuente: Teddy driver (2007)

$$Q = \dot{m}_w * C_{p_w} * (T_i - T_f) \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

\dot{m}_w es el flujo masico de agua de enfriamiento.

Cp_w es el calor especifico del agua de enfriamiento.

T_i es la temperatura del agua de enfriamiento entrante al enfriador de quilla.

T_f es la temperatura del agua de enfriamiento saliente del enfriador de quilla.

En el proceso de combustión, al generar una elevada temperatura y al ser el motor de combustión interna una maquina compacta, se generan fuertes pérdidas por flujo de vapor, en donde tan solo una fracción de la energía calorífica suministrada por el combustible se convierte en energía mecánica útil. Para un motor diesel en promedio se tiene un grado de aprovechamiento del 33% de la energía calorífica suministrada por el combustible y lo restante se transforma en calor que es necesario extraer para no provocar desgaste o deteriore la integridad estructural del motor, alcanzandose temperaturas cercanas a la cámara de combustión de 900 °C a más, es una temperatura muy elevada por controlar, por lo tanto se requiere de un sistema de refrigeración del motor que mantenga una temperatura interna por debajo de los 200°C , es por ello que es necesario mantener una temperatura estable del sistema de enfriamiento entre los 80 a 100°C. Si el motor opera sobre los valores establecidos de temperatura se corre el riesgo de disminuir la viscosidad del aceite lubricante y con ello se incrementa el desgaste estructural de los elementos conformantes del motor. En algunos motores como los de encendido por explosión se generan detonaciones al encenderse la mezcla prematuramente. (Scacco y Vargas, 2016)

En el otro caso en el que el motor tenga una temperatura muy por debajo del valor optimo se incrementa el consumo de aceite y el desgaste de las piezas, porque están diseñadas para dilatarse por efecto del calor a un tamaño determinado, se reduce la potencia mecánica al tener un sistema muy frio produciéndose incrustaciones de carbón en las válvulas, bujías y pistones. (Scacco y Vargas, 2016)

2.4 Desempeño de motores de combustión interna.

2.4.1 Características.

Autonomía para una embarcación pesquera artesanal: Es el periodo de tiempo que tiene una embarcación para permanecer en zonas de pesca sin peligro de falta de agua, víveres o comunicación. La autonomía es función básicamente de la capacidad de almacenamiento de combustible en el tanque principal. Además, se considera como

autonomía a la cantidad de agua potable o víveres que se tiene en los pañoles para garantizar la supervivencia de una tripulación (Ruiz, 2018)

Relacion de compresión: es un parámetro técnico que mide el grado de aprovechamiento de la energía y es proporcional a la potencia indicada del motor, se consigue a través de la relación entre el volumen desplazado del motor o conocido como cilindrada del motor de la cámara de combustión y el volumen muerto o volumen de la cámara de combustión. El proceso de compresión de un motor; ocurre durante el desplazamiento del pistón desde el punto muerto inferior al punto muerto superior con ambas válvulas (admisión y escape) completamente cerradas, confinándose la mezcla en un espacio reducido para iniciar la combustión. Es necesario tener una hermeticidad de la cámara, tomando un papel fundamental la empaquetadura de culata que sella la culata con el monoblock. (Contreras, 2018)

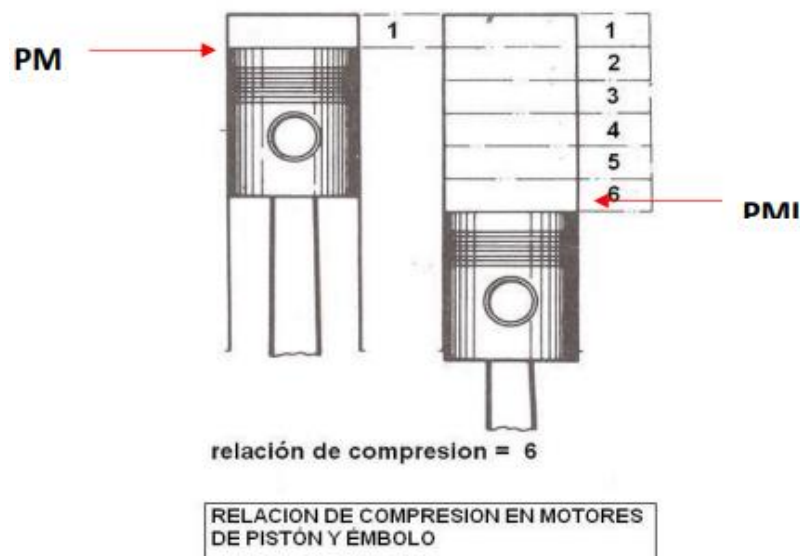


Figura 27 Relacion de compresión para un MCI

Fuente: Contreras (2018)

Cilindrada. Esta referida al volumen que desaloja el pistón durante su recorrido desde el punto muerto inferior al punto muerto superior. Siendo S la carrera del pistón y D, el calibre del cilindro. La cilindrada del motor se determina por la multiplicación entre la cilindrada unitaria de cada cilindro por el número de cilindros del motor. La potencia del motor se incrementa directamente proporcional con la cilindrada, pues cuanto mayor sea

esta, más cantidad de gases entra en el cilindro, generándose un mayor trabajo útil, independiente de las pérdidas del motor. La cilindrada está limitada por el caso de enfriamiento del motor (exceso de enriamiento). De otra parte, la cilindrada determinara la importancia de los esfuerzos a las que se le somete el pistón y otros elementos móviles. (Córdova, 2013)

$$V_h = \frac{\pi * S * D^2}{4} * \text{Numero de cilindros} \dots \dots (4)$$

Velocidad de rotación del motor.

Una revolución o giro esta referida a la vuelta completa que realiza el árbol cigüeñal. La velocidad de rotación del motor es función del número de revoluciones por minuto (r.p.m.). La potencia efectiva del motor es el producto del trabajo efectivo por unidad de tiempo. Para una determinada cilindrada (el cual es un valor fijo) y al tener una mayor cantidad de mezcla, entonces se tendrá una mayor potencia del motor producto una mayor velocidad de giro o mayor número de ciclos de trabajo. Así pues:

- A mayor velocidad de giro se tendrá una potencia más alta.
- A menor velocidad de giro se tendrá una potencia más baja.

Entonces para conseguir una potencia mucho mayor se tienen dos posibilidades, la primera es incrementar la cilindrada o aumentar la velocidad de giro del motor. Además para un motor la velocidad máxima de giro esta limitada por las carreras que realiza el pistón y la duración del ciclo termodinámica, que al ser elementos mecánicos con una determinada masa están sujetos hasta un valor mínimo técnico el valor de la carrera. (Córdova, 2013)

Relacion diámetro/carrera.

Según esta relación se tienen motores lentos para una relación alta de diámetro/carrera y motores de alta velocidad para una relación baja de la relación baja del diámetro carrera. Una misma cilindrada unitaria se puede incrementar aumentando la cilindrada a través de la técnica del trucaje del motor. (Córdova, 2013)

2.4.2 Parámetros efectivos.

Potencia térmica suministrada: Esta referida al que suministra el combustible a los cilindros del motor de combustión interna. Es función del flujo masico de combustible y su respectivo poder calorífico inferior, se evalúa según la ecuación:

$$P_{sum} = \dot{m}_c * PCI \dots \dots \dots (5)$$

\dot{m}_c = Flujo masico de combustible.

PCI = Poder calorífico inferior del combustible

El indicador de desempeño se evalúa en función a las siguientes variables:

$$I1 = \frac{\dot{m}_c}{\text{milla nautica recorrida}} \dots \dots \dots (6)$$

$$I2 = \frac{\dot{m}_c}{\text{Temperatura de agua de enfriamiento}} \dots \dots \dots (7)$$

Las condiciones de operación deberán analizarse teniendo en cuenta las diversas velocidades de marcha del motor con bodega vacía y bodega completa. Del mismo deberá tenerse en cuenta la variable en dirección a la corriente o en dirección contraria a la corriente de mar.

III. MATERIAL Y METODOS.

3.1 Material:

3.1.1 Sustancias.

Agua de enfriamiento. El líquido refrigerante o anticongelante tiene por función la de proteger al motor de la congelación, de la oxidación, por lo tanto es de vital importancia que no se mezcle o diluya con agua para ahorrar material. Del mismo modo evita cavitaciones o espumas. El sistema de refrigeración de un vehículo permite que el refrigerante fluya a través del motor a través de paredes u holguras según el diseño de cada motor extrayendo el calor sensible generado por la reacción de combustible que se transmite en todas las partes metálicas del motor.

El líquido refrigerante está diseñado para extraer el calor sensible contenido en el motor, de tal manera que mantenga su temperatura ideal de servicio que se encuentra en los 90°C. El refrigerante debe funcionar correctamente en el rango de temperaturas de uso del motor, e independientemente de las condiciones de temperatura del medio ambiente. Todos estos requisitos van a definir las características técnicas anticongelante del líquido refrigerante.

El líquido refrigerante está formado por agua destilada y por un líquido anticongelante concentrado. Dependiendo del grado de concentración de anticongelante, se conseguirá su efectividad, siendo las principales características las siguientes:

- Alta capacidad calórica.
- Baja temperatura de congelación, algo que supone que no aumente el volumen del líquido, con el consiguiente riesgo de que alguna parte del circuito se raje o se deteriore. El circuito suele tener mecanismos que ayudan a mitigar esos efectos como el vaso de expansión.
- Alta temperatura de ebullición, evidentemente, bastante más alta que la temperatura de funcionamiento del motor, y más alta que la temperatura máxima de operación del motor.
- Propiedades anticorrosivas, y anti incrustantes. Con la finalidad de tener menos cantidad de depósitos sólidos, y de calcio o magnesio.

Las características del líquido de refrigeración son las siguientes:

Fluido: Agua-etilenglicol 30%

Conductividad térmica (k): 0.49 W/m^{°K}.

Calor específico (Cp): 3,72 kJ/kg °C

Viscosidad dinámica (μ) : 0.001864 Pa s

Densidad: 1 035 kg/m³

Numero de Prandtl (Pr): 14,29

(Fuente: RECTIFICADORES GUASCH, S.A, España)

Agua de mar.

El agua de mar o agua salada es una disolución hecha o basada en agua que compone los océanos y mares de la Tierra. Es salada por la concentración de sales minerales disueltas que contiene, un 3.5 %; es decir, en cada litro de agua (1000 gramos) hay 35 gramos de sales disueltas como media. La densidad media en superficie es de 1.025 g/ml, siendo más densa que el agua dulce y el agua pura.

Petróleo BD5.

Se presentan las características del Petróleo BD5

Tabla 1 Especificaciones de Petróleo BD5

Especificación	Detalle/Valor	Unidad
Nombre comercial	Petróleo BD5	
Composición	95 % de Petróleo Diesel y 5 % de Biodiesel B100 (oleaginosa derivada de productos vegetales libre de azufre)	
Poder Calorífico inferior	9,860	Kcal/kg
Densidad	3.29	Kg/galón
Numero de cetano	45	
Cenizas	0.01	% masa

Fuente: Elaboración propia con información suministrada por Petroperú.

3.1.2 Información de muestra de estudio.

La Embarcación pesquera artesanal de 20 TM de capacidad de eslora 18 m , manga 4,5 m y puntal 1,8 m, presenta la siguiente información de planta.

Tabla 2 Características principales de Motor marino SM103

N°	Características	Detalles
1	Motor base	Mitsubishi-Central
2	Tipo	6 L- 4T Diesel
3	Admisión	Sobrealimentado
4	Diámetro x carrera	94 mm x 120 mm
5	Cilindrada total	4996 cc
6	Potencia continua	68,2 kW
7	Velocidad plena carga	2400 rpm
8	Sistema de inyección	Mecánica-indirecta
9	Peso	486 kg

Fuente: Empresa Sole Diesel

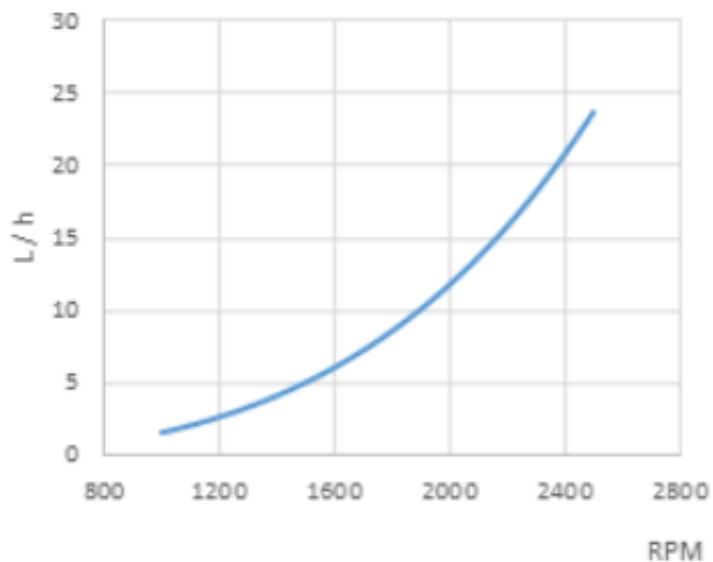


Figura 28 Consumo de combustible para motor SM103

Fuente: Empresa Sole Diesel (2022)

3.2 Método.

3.2.1 En la presente investigación se aplicarán los siguientes métodos:

Método deductivo. El plan de investigación plantea ir de lo general a lo específico; de tal forma se ira consiguiendo resultados partiendo de información preliminar de tipo documental o registrada en operación para determinar el efecto de la instalación de un keep cooler en la mejora del desempeño de un motor marino para una embarcación pesquera artesanal.

Método descriptivo. Busca responder al cuestionamiento acerca de cómo una determinada parte de la realidad en este caso el efecto de la instalación de un keep cooler en la mejora del desempeño de un motor marino para una embarcación pesquera artesanal, obteniéndose una temperatura de agua de enfriamiento del motor menor a la inicial.

3.2.2 El diseño de la investigación es pre experimental, en la cual el investigador trata de aproximarse a una investigación experimental.



O1: Desempeño de un motor marino para embarcación de 20 toneladas de capacidad-situación inicial.

O2: Desempeño de un motor marino para embarcación de 20 toneladas de capacidad-situación final.

X: Instalación de keel cooler.

G.E: Embarcación pesquera artesanal de 20 Toneladas de capacidad.

3.2.3 Metodología de cálculo:

Se presenta la siguiente secuencia del cálculo par obtención de resultados y discusión realizado en el presente informe:

a. Desempeño energético del sistema de enfriamiento en condición inicial.

Se evaluó el desempeño del sistema de enfriamiento del motor de combustión interna de la embarcación pesquera artesanal de 20 Toneladas de capacidad.

El enfriador que se tiene es del tipo carcasa y tubos entre agua de enfriamiento y agua de mar, ubicado en la superficie de la embarcación sobre el motor. En este caso el agua de mar es impulsado por una bomba de agua de mar de baja capacidad , el agua de mar es succionado desde la parte inferior de la quilla (parte inferior de la embarcación, el agua de mar circula por el enfriador y es devuelto al agua , siendo

continuo su flujo: mientras que el agua de enfriamiento del motor opera por termosifón.. Según el siguiente esquema.

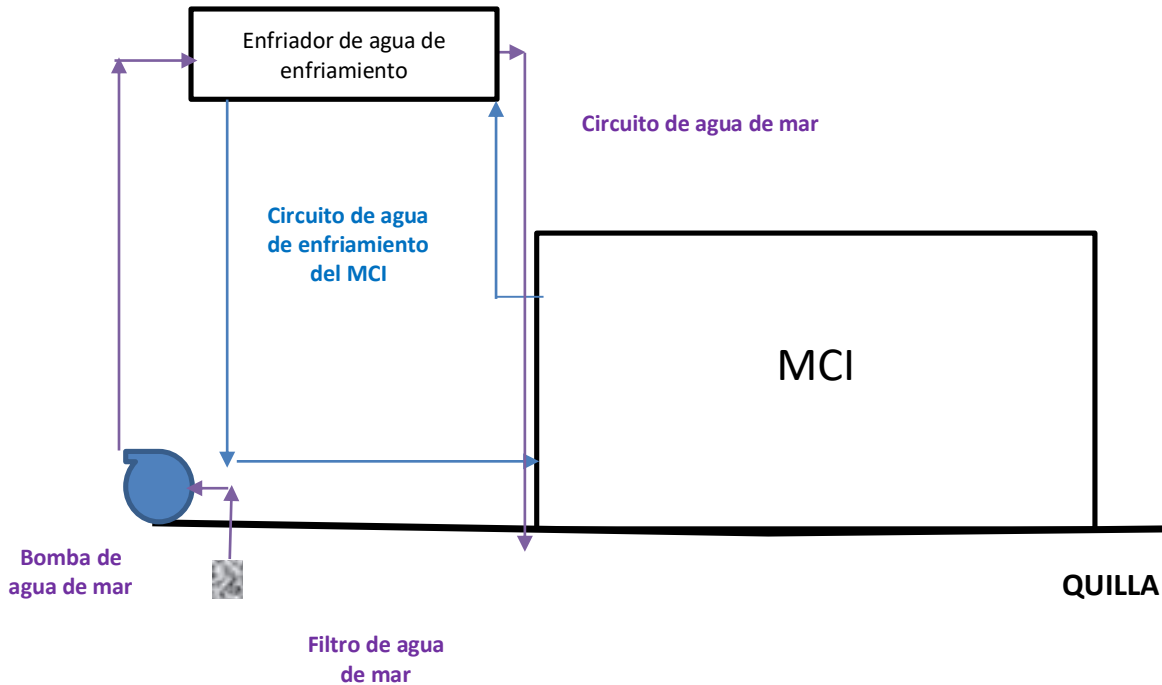


Figura 29 Sistema de enfriamiento de superficie de agua de enfriamiento del MCI

Fuente: Elaboración propia (2023)

En donde el intercambio de flujo de energía se determina según la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_a * C_{p_a} * (T_{i_a} - T_{f_a}) = \dot{m}_{am} * C_{p_{am}} * (T_{f_{am}} - T_{i_{am}}) \dots (8)$$

Donde:

\dot{m}_a es el flujo masico de agua de enfriamiento del MCI.

C_{p_a} es el calor especifico a presión constante del agua de enfriamiento del MCI.

T_{i_a} es la temperatura del agua de enfriamiento entrante al enfriador.

T_{f_a} es la temperatura del agua de enfriamiento a la salida del enfriador

\dot{m}_{am} es el flujo masico de agua de mar.

$C_{p_{am}}$ es el calor especifico a presión constante del agua de mar.

$T_{i_{am}}$ es la temperatura del agua de mar.

$T_{f_{am}}$ es la temperatura del agua de mar.

- b. Se evaluó el desempeño del motor de combustión interna de la embarcación pesquera con el enfriador de quilla. El tamaño del enfriador de quilla esta limitado por las dimensiones de la eslora(largo) de la embarcación, la cual debe ser en longitud, menos de $\frac{1}{2}$ del valor de la longitud de la eslora, para no provocar la inestabilidad de la embarcación. Además, el peso del enfriador de quilla no debe influir en la flotabilidad de la embarcación. Del mismo modo en la instalación del enfriador de quilla van acopladas barras de zinc para evitar la corrosión galvánica que puede producir el agua de mar al enfriador de quilla.

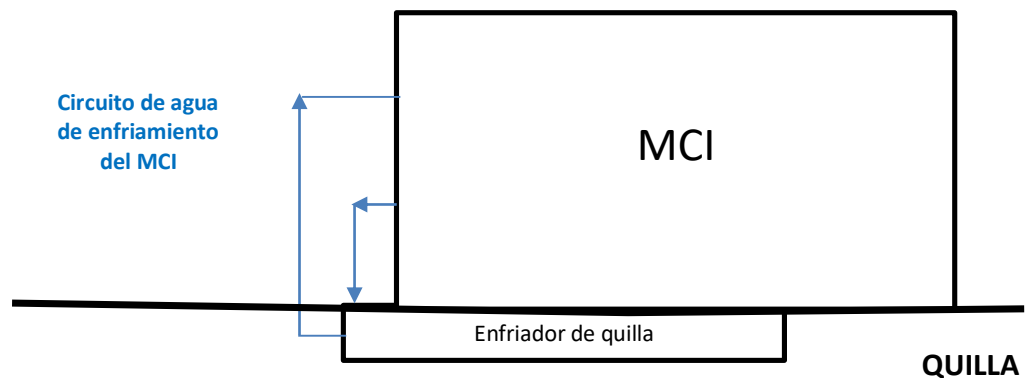


Figura 30 Sistema de enfriamiento de quilla de agua de enfriamiento del MCI

Fuente: Elaboración propia (2023)

- c. Seguidamente se determino el efecto de la temperatura del agua de enfriamiento en el desempeño del motor de combustión interna, durante diversas operaciones de recorrido de faena de pesca. Se realizo gráficos de valores característicos de temperatura de los indicadores de desempeño energético.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Desempeño energético del MCI con enfriador de superficie.

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones de cálculo:

Tabla 3 Parámetros en enfriador de superficie

Parámetro/Velocidad (rpm)	800	1200	1600	2000	2400
T_{i_a} (°C)	105	108	112	117	125
T_{f_a} (°C)	90	90	90	90	92
$T_{f_{am}}$ (°C)	47	55	65	70	70
$T_{i_{am}}$ (°C)	20	20	20	20	20
\dot{m}_{am} ($\frac{l}{min}$)	1,78	5,26	8,74	13,21	23,55
C_{p_a} ($\frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C}$)	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72
$C_{p_{am}}$ ($\frac{kC}{kg \text{ } ^\circ C}$)	4,18	4,18	4,18	4,18	4,18

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la ecuación 8 para la máxima velocidad de recorrido.

$$\dot{m}_a * 3,72 * (125 - 92) = 23,55 * 4,18 * (70 - 20)$$

$$\dot{m}_a = 40,1 \frac{l}{min} = 0,668 \frac{l}{s}$$

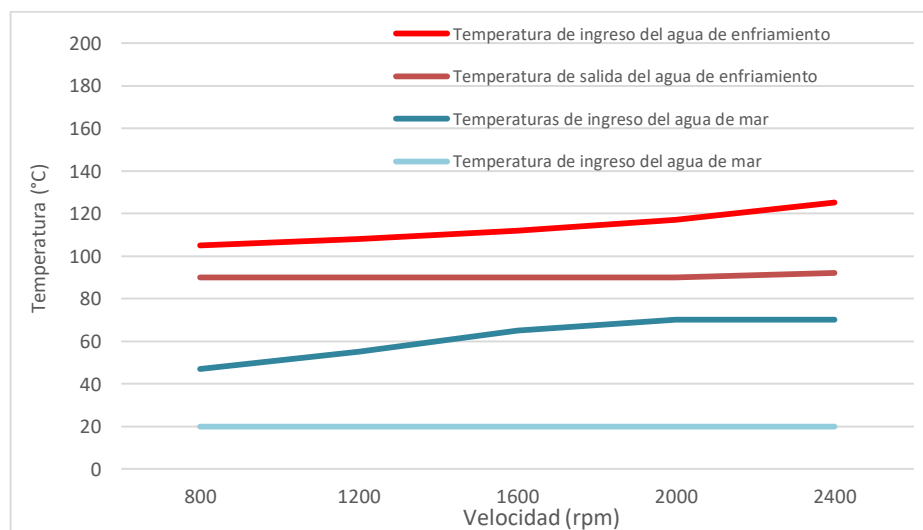


Figura 31 Comportamiento de temperaturas en enfriador de superficie

Fuente: Elaboración propia (2023)

Se determina la potencia absorbida por la bomba de agua de enfriamiento (el cual es accionado por el mci)

Considerando:

Densidad 1 035 kg/m³.

Aceleración de la gravedad 9,81 m/s².

Altura de bombeo 2 bar (20,4 m.c.a)

La Potencia hidráulica absorbida por la bomba se evalúa según la siguiente ecuación:

$$P_{BAE} = \frac{\rho * g * H_b * Q}{1\ 000 * \eta_B}$$

Donde:

η_B es la eficiencia de la bomba, para lo cual se toma un valor de 0,8

Q es el caudal del agua de enfriamiento 0,668 l/s .

$$P_{BAE} = \frac{1\ 035 * 9,81 * 20,4 * \frac{0,668}{1\ 000}}{1\ 000 * 0,8} = 0,17\ kW$$

Se determina la potencia absorbida por la bomba de agua de mar (el cual es accionado por el mci)

Considerando:

Densidad 1 025 kg/m³.

Aceleración de la gravedad 9,81 m/s².

Altura de bombeo 2 bar (20,4 m.c.a)

Q es el caudal del agua de mar 23,55 l/min = 0,392/s.

$$P_{BAM} = \frac{1\ 025 * 9,81 * 20,4 * \frac{0,392}{1\ 000}}{1\ 000 * 0,8} = 0,10\ kW$$

Del mismo modo la Potencia térmica suministrada al motor por el combustible se determina según el siguiente procedimiento:

Consumo de combustible = 22 l/h

Poder calorífico del combustible= 9 860 kc/kg.

Densidad= 3,29 kg/galón.

Equivalencia 3,79 l = 1 galón.

$$P_s = \dot{m}_{BD5} * PCI_{BD5}$$

$$P_s = 22 \frac{l}{h} * \frac{galon}{3,79 l} * 3,29 \frac{kg}{galon} * 9 860 \frac{kc}{kg} * 4,18 \frac{kJ}{kg} * \frac{h}{3 600 s}$$

$$P_s = 218 kW$$

La eficiencia del mci, teniendo en cuenta la potencia desarrollada de 75,8 kW es la siguiente:

$$\eta_{mci} = \frac{75,8}{218} * 100\% = 34,77\%$$

La potencia absorbida por las bombas de agua de enfriamiento y agua de mar representa el siguiente porcentaje de la potencia suministrada.

$$\text{Porcentaje de potencia absorvida} = \frac{0,17 + 0,1}{218} * 100\% = 0,13\%$$

Del mismo modo se determina las perdidas de calor por el sistema de enfriamiento del motor, según el siguiente calculo:

$$P_{SE} = \dot{m}_a * C_{p_a} * (T_{i_a} - T_{f_a})$$

$$P_{SE} = 0,668 \frac{l}{s} * \frac{kg}{l} * 3,72 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} * (125 - 92)^\circ C = 82,04 kW$$

El porcentaje de perdidas por el flujo de calor disipado por el sistema de enfriamiento es:

$$\%P_{SE} = \frac{82,04}{218} * 100\% = 37,6\%$$

Tabla 4 Parámetros característicos del mci con enfriador de superficie

Parámetro/Velocidad (rpm)	800	1200	1600	2000	2400
$\dot{m}_a \left(\frac{l}{min} \right)$	4	11,5	20,1	27,5	40,1
$P_{BAM} (kW)$	0,017	0,050	0,087	0,119	0,173
$P_{BAE} (kW)$	0,10	0,17	0,19	0,19	0,19
$P_s (kW)$	9.9	34.8	79,5	124,2	218
$P_u (kW)$	3	10	24	40	75,8
$\eta_{mci} (\%)$	30	29	30	32	34,77
$P_{SE} (kW)$	3,72	12,83	27,41	46,03	82,04
$\%P_{SE}$	37,6	36,9	34,5	37,1	37,6

Fuente: Elaboración propia

4.2 Dimensionamiento de enfriador de quilla.

4.2.1 Consideraciones de cálculo:

- Para la velocidad interna del agua de enfriamiento se tomara la velocidad promedio entre 0,6 a 2,5 m/s.

$$v = \frac{2,5 + 0,6}{2} = 1,55 \text{ m/s}$$

- Las tuberías son de acero de 3/4" ASTM A106 GR B. Laminados en caliente sin costura para agua de mar. SCH 40.
 Diámetro exterior 26,07 mm
 Diámetro interior 20,93 mm
 Espesor de pared 2,87 mm
 Peso 1,68 kg/m
- El calculo del flujo de calor extraído se realiza para las condiciones de máxima carga a 2 400 rpm con la finalidad de reducir las perdidas de transferencia de calor por el sistema de enfriamiento desde 40,71% a 30 % (perdidas estándar mínimas para sistemas de refrigeración, según manual del. Automóvil de Arias Paz)

4.2.2 Cálculos.

La potencia suministrada por el combustible es de 218 kW. Por lo tanto el 30% representa:

$$P_{SE} = 30\%P_s$$
$$P_{SE} = 0,3 * 218 = 65,4 \text{ kW}$$

Las condiciones de temperatura se mantienen de:

$$T_{i_a} (\text{°C}) = 125 \text{ °C}$$

$$T_{f_a} (\text{°C}) = 92 \text{ °C}$$

Por lo tanto, las pérdidas por el sistema de enfriamiento meta iguala 65,1 kW determinan el flujo de agua requerido:

$$P_{SE} = \dot{m}_a * 3,72 * (125 - 92)$$
$$65,4 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \dot{m}_a * 3,72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg °C}} * (125 - 92) \text{ °C}$$

$$\dot{m}_a = 0,53 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,53 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 31,81 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Para tuberías redondas se aplica la ecuación 1:

$$Largo(m) = \frac{Q \text{ (kW)} \times A(m^2) * 1 \text{ 682}}{D_i(mm)}$$
$$Largo(m) = \frac{65,1 \times \frac{\pi * 0,02093^2}{4} * 1 \text{ 682}}{20,93} = 2,51 \text{ m}$$

Se tendría las siguientes configuraciones:

Keel Cooler de 2 pasos de 1,255 m de largo por paso

Verificando la velocidad de flujo dentro de la tubería:

Para una densidad del agua de enfriamiento de 1 035 kg/m³.

El caudal circulante por la tubería del Keel Cooler es:

$$\dot{Q} = \frac{\dot{m}_a}{\rho}$$

$$\dot{Q} = \frac{0,53 \frac{kg}{s}}{1\,035 \frac{kg}{m^3}} = 0,000512 \frac{m^3}{s}$$

Además, también por la ecuación de continuidad se cumple que:

$$\dot{Q} = A * v$$

$$0,000512 = \frac{\pi * 0,02093^2}{4} * v$$

$$v = 1,48 \text{ m/s}$$

El valor de 1,48 m/s es cercano a 1,55 m/s , y esta dentro del rango de 0,6 y 2,5 m/s, por lo tanto se acepta el calculo y el valor del diámetro asumido.

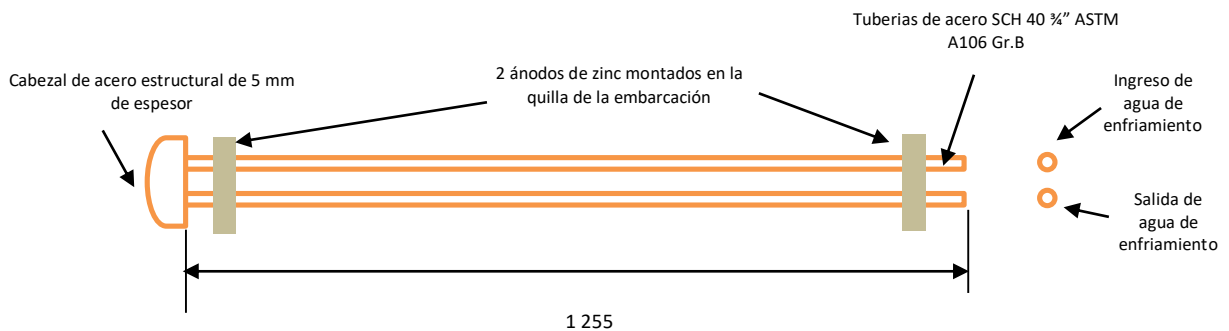


Figura 32 Características de keel Cooler

Fuente: Elaboración propia (2023)

Seguidamente se determina el valor de la bomba hidráulica del agua de enfriamiento que impulsara al agua a través del keel cooler.

$$P_{BAE\ c/kc} = \frac{1\,035 * 9,81 * 20,4 * \frac{0,53}{1\,000}}{1\,000 * 0,8} = 0,14 \text{ kW}$$

Se utiliza la bomba de ¼” HP (0,19 kW), 2 bar de presión, 36 l/min, disponible en el motor.

4.3 Desempeño energético del MCI con enfriador de quilla.

Se realizó una evaluación del enfriador de quilla y su efecto en las temperaturas del mci.

Tabla 5 Parámetros iniciales del mci con enfriador de quilla

Parámetro/Velocidad (rpm)	800	1200	1600	2000	2400
T_{i_a} (°C)	101	103	108	111	118
T_{f_a} (°C)	84	86	88	88	88
\dot{m}_a ($\frac{l}{min}$)	2,8	10,5	20,1	26,8	35,1

Fuente: Elaboración propia

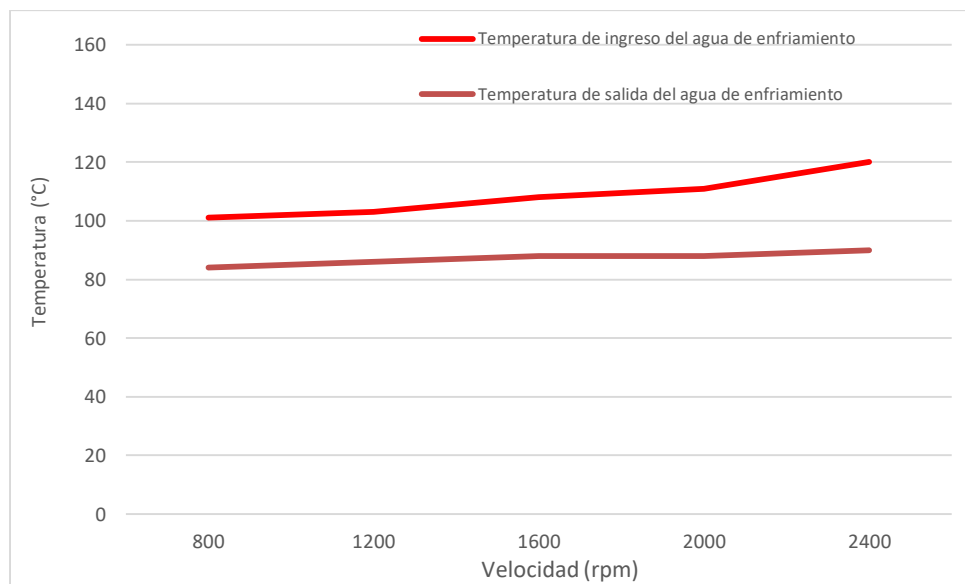


Figura 33 Comportamiento de temperaturas en enfriador de quilla

Fuente: Elaboración propia (2023)

Del mismo modo se determina las pérdidas de calor por el sistema de enfriamiento del motor, según el siguiente cálculo, si el flujo de agua de enfriamiento medido es 31 l/min.

$$P_{SE} = * C_{p_a} * (T_{i_a} - T_{f_a})$$

$$P_{SE} = \frac{35,1 \text{ l}}{60 \text{ s}} * \frac{\text{kg}}{\text{l}} * 3,72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} * (118 - 88)^\circ\text{C} = 65,3 \text{ kW}$$

El porcentaje de perdidas por el flujo de calor disipado por el sistema de enfriamiento es:

$$\%P_{SE} = \frac{65,3}{218} * 100\% = 30\%$$

Se determina la potencia absorbida por la bomba de agua de enfriamiento (el cual es accionado por el mci)

Considerando:

Densidad 1 035 kg/m³.

Aceleración de la gravedad 9,81 m/s².

Altura de bombeo 2 bar (20,4 m.c.a)

La Potencia hidráulica absorbida por la bomba se evalúa según la siguiente ecuación:

$$P_{BAE} = \frac{1\ 035 * 9,81 * 20,4 * \frac{35,1/60}{1\ 000}}{1\ 000 * 0,8} = 0,15 \text{ kW}$$

La potencia absorbida por la bomba de agua de enfriamiento representa el siguiente porcentaje de la potencia suministrada.

$$\text{Porcentaje de potencia absorbida} = \frac{0,15}{218} * 100\% = 0,07\%$$

La eficiencia del mci, teniendo en cuenta la potencia desarrollada de 75,8 kW y además que las perdidas iniciales del sistema de enfriamiento fueron 82,04% y ahora se tiene un valor de 65,3%.

$$\eta_{mci} = \frac{75,8 + (82,04 - 65,3)}{218} * 100\% = 42,45\%$$

Tabla 6 Parámetros característicos del mci con enfriador de quilla

Parámetro/Velocidad (rpm)	800	1200	1600	2000	2400
$\dot{m}_a (\frac{l}{min})$	3,0	11,0	21,1	27	35,1
$P_{BAE} (kW)$	0,10	0,17	0,19	0,19	0,19
$P_s (kW)$	9,9	34,8	79,5	124,2	218
$P_u (kW)$	3	10	24	40	75,8
$P_{SE} (kW)$	3,4	11,6	26,2	38,5	65,3
$\%P_{SE}$	34,1	33,3	32,9	31,0	30,0
$\eta_{mci} (\%)$	33,54	32,28	31,72	38,27	42,44

Fuente: Elaboración propia

4.4 Comparación de desempeño.

Se presenta el comparativo entre valores de temperatura del sistema de enfriamiento con enfriador de superficie y con enfriador de quilla (keel cooler).

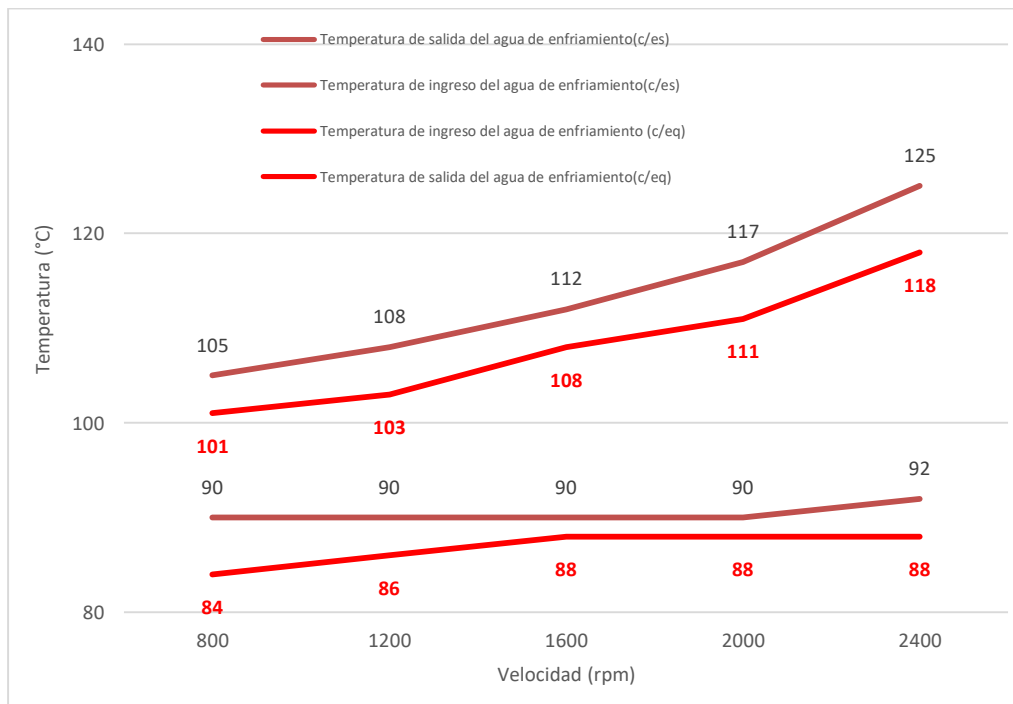


Figura 34 Comportamiento entre temperaturas en enfriador de superficie y quilla

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la figura anterior se puede observar el comportamiento de las temperaturas máximas del agua de enfriamiento saliente del motor de combustión interna de la embarcación, (el cual se encuentra en un espacio confinado), así tenemos a plena carga, se alcanzó temperaturas de 125 °C , con enfriador de superficie y 118 °C con enfriador de quilla; del mismo modo. Del mismo modo las condiciones de salida desde el enfriador son mejores en el enfriador de quilla en donde se alcanza temperaturas de 88 °C, lo que representa 4°C menos que la temperatura del agua de enfriamiento a la salida del enfriador de superficie. Con lo cual se puede afirmar que el sistema de enfriamiento con enfriador de quilla del m.c.i tiene un mejor desempeño, ya que extrae con mayor eficacia el calor del agua extraída por el agua de enfriamiento.

En la tabla siguiente se tiene las diferencias de temperaturas entre la temperatura de agua de enfriamiento ingresante y saliente en el enfriador de superficie y el de quilla.

Tabla 7 Comparativo de temperaturas entre enfriadores

Velocidad (rpm)	ΔT (entrada – salida) enfriador de superficie	ΔT (entrada – salida) enfriador de quilla
800	15	17
1200	18	17
1 600	22	20
2 000	27	23
2 400	33	30

Fuente: Elaboración propia.

A medida de que se opera a mayor capacidad la diferencia de temperatura entre la entrada y salida del agua de enfriamiento se incrementa para el enfriador de superficie, por ejemplo para 2 400 rpm la diferencia de temperaturas para el sistema con enfriador de superficie es mayor en 3°C a la diferencia de temperatura del agua de enfriamiento en el enfriador de quilla, con lo cual se demuestra que es mucho mas eficaz el enfriador de quilla, debido a que el agua se comporta como un sistema de gran tamaño para disipar el calor, a diferencia del enfriador de superficie, el cual solo tiene una corriente limitada de agua de agua de mar para extraer el calor del sistema de enfriamiento del motor de combustión interna.

En la figura 35 se visualiza el comportamiento de la eficiencia del m.c.i , el cual presenta un mejor valor para el caso del enfriador de quilla con un valor de 42,44% , a diferencia del valor alcanzado con el enfriador de superficie el cual es 34,77% Del mismo modo las perdidas por el flujo de calor disipado por el agua de enfriamiento es de 30% con el enfriador de quilla, mientras que el enfriador de superficie alcanza un valor de 37,6%.

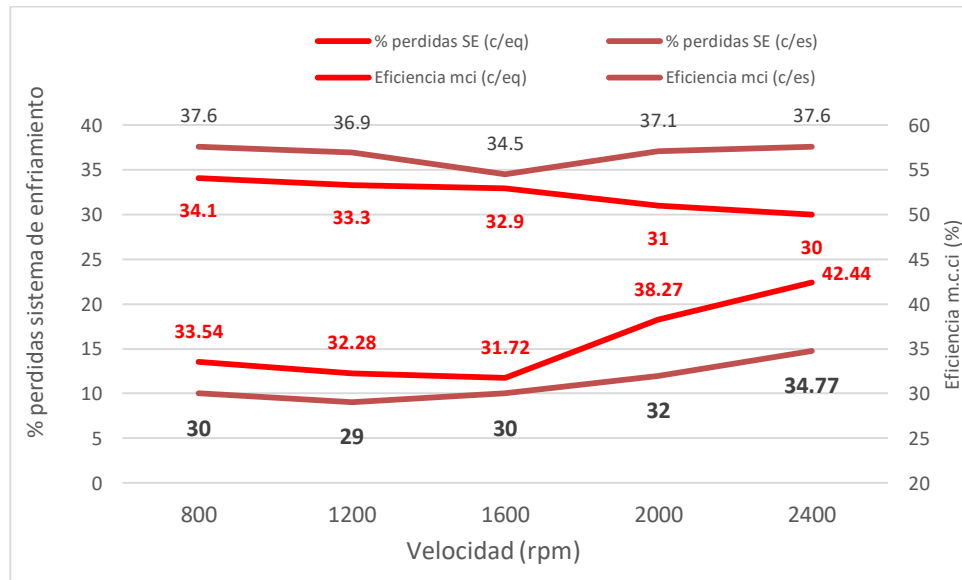


Figura 35 Comportamiento entre eficiencia y porcentaje de pérdidas de calor por sistema de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.5 Discusión de Resultados.

Gálvez y Paucar (2020) indicó que los motores de combustión interna están diseñados para operar a una temperatura óptima, establecida por fabricante de acuerdo a los materiales utilizados en cada uno de los componentes y a los sistemas de enfriamiento implementados con el fin de obtener un buen desempeño y durabilidad del motor, pero no indica otros efectos adversos que inciden en el desempeño de un motor como lo es la temperatura dentro de un espacio confinado en una embarcación artesanal. Se demuestra en el presente estudio que el efecto de la temperatura del agua de enfriamiento (tanto a la salida como a la entrada del enfriador de quilla, permiten incrementar la eficiencia del m.c.i y reducir las pérdidas de flujo de calor extraída por el agua de enfriamiento, lo que no se consigue con un enfriador convencional.

De Gracia (2006) en su investigación manifiesta que un enfriador de quilla es un intercambiador de calor fuera de borda, que está añadido al casco, o construido como parte de él en la parte sumergida del buque (obra viva). El calor presente en el agua de circulación proveniente del motor, es obligado a pasar por este enfriador mediante una bomba acoplada al mismo motor. Pero esta limitada por la temperatura del agua de mar en zonas en la cual el agua de mar sobrepasan los 30°C. En la zona central de la costa peruana la temperatura del agua de mar alcanza valores entre 20° a 22 °C en meses de verano, pero la corriente marina de Humboldt viaja de sur a norte, desde el tercio superior de Chile hasta los límites entre Perú y Ecuador. El movimiento de la Tierra empuja las aguas profundas, y por lo tanto frías, hacia el norte y hacia la superficie. Lo cual mantiene valores de temperatura fría en la mayor parte del litoral centro, lo cual lo hace ideal para instalar en las embarcaciones de pesca artesanal los enfriadores de quilla. Se trabajo con un valor de temperatura de agua de mar de 20 °C. Alcanzando un mejor desempeño en las temperaturas finales del agua de enfriamiento saliente de los enfriadores, con un valor de 88 °C a la salida de los enfriadores de quilla, lo cual permite tener un mejor efecto refrigerante en el m.c.i con respecto al enfriador de superficie, en donde se alcanzó valores de 92°C para el agua, se indica que para zonas mas tropicales o cercanas al Ecuador no es recomendable utilizar un keel cooler por la alta temperatura del agua de mar. Esto lo demuestra Vergara (2015) en su investigación para enfriadores de agua de enfriamiento los cuales presentan una baja efectividad en el keel cooler debido a que la temperatura del agua de mar es cercana a los 29 °C en Colombia,

En la investigación de Herrera (2020) se concluye que a medida que aumentan los flujos máxicos de aire y refrigerante, la efectividad del enfriador disminuye, disminuye debido a que la velocidad no permite una adecuada transferencia de calor por parte del agua de mar y el agua de enfriamiento, se demuestra lo anterior en la presente investigación, debido a que la velocidad recomendada es entre 0,6 a 2,5 m/s para el agua de enfriamiento que circula dentro del keel cooler, la cual alcanza mayor efectividad cuando se incrementa la velocidad de desplazamiento de la embarcación debido a que el agua de mar se convierte en un sumidero grande de absorción de calor, al estar el keel cooler sumergido dentro de ella,

Lloret (2011) en su investigación concluye que es mucho mejor el empleo de box cooler en los remolques laterales, básicamente por el tipo de faena que realiza el box cooler el cual es remolcador otro buque lateralmente, con lo cual se restringe la circulación del agua

de mar. Según el tipo de faena que realiza una embarcación pesquera artesanal, la cual durante su travesía permanece completamente sumergido el keel cooler disipando el calor extraído por el agua de enfriamiento, con lo cual la temperatura saliente del keel cooler alcanza valores de 88 °C, valor por debajo al que se consigue con el enfriador de superficie el cual alcanza un valor de 95°C, con lo cual el desempeño de los keel cooler es mejor que el de un box cooler.

En la investigación de Meza y Orosco (2016) el sistema de agua de enfriamiento juega un papel muy importante para la conservación estructural de los elementos que conforman el m.c.i los cuales están sometidos a fatiga y stress térmico, debiendo estar el enfriamiento del agua del motor juego un papel muy importante en el desempeño del motor el cual debe estar en el orden de 100 a 110 °C. En la presente investigación se concuerda con el informe anterior y además se consigue reducir la temperatura del agua de enfriamiento saliente del motor a 125 °C con enfriador de superficie hasta un valor de 118 °C a 111°C en el enfriador de quilla operando a altos valores de capacidad (entre 2 000 a 2 400 rpm) y para regímenes de velocidad menores valores entre 108 a 101 °C, para una embarcación de 20 TM de capacidad, inicialmente diseñada para operar con enfriador de superficie.

Ridha (2021) concluye que el sistema de enfriamiento de quilla es un tipo de sistema de enfriamiento que utiliza el agua dulce con anticongelante del sistema de enfriamiento el cual es enfriado directamente sumergido en el agua de mar y además que las características del enfriador pueden afectar algunas condiciones de travesía de la embarcación y su estabilidad sobre todo cuando se cuenta con un enfriador de quilla de grandes dimensiones. Para nuestro caso, al ser una embarcación de poco calado el enfriador de quilla alcanza un valor de 2,51 m en sus 2 pazos, con un peso de 4,2 kg (fuera del peso del cabezal y de las 02 placas de zinc, lo cual no afecta a la estabilidad de la embarcación durante la navegación, lo que si podría pasar con embarcaciones mucho mas pequeñas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

- Se realizó un balance de energía en el sistema de enfriamiento de un m.c.i de una embarcación artesanal de 20 TM de capacidad, para lo cual se cuenta con un enfriador de superficie ubicado sobre el m.c.i con agua de enfriamiento del motor-agua de mar, en donde el flujo de calor disipado por el sistema de enfriamiento es de 37,6 % , alcanzándose un valor de la temperatura del agua saliente del m.c.i de 125 °C , lo que da como resultado un rendimiento del m.c.i de 34,77%.
- Se dimensiono un enfriador de quilla o keel cooler de 2 pazos con tubería de acero de 3/4" ASTM A106 GR B. laminados en caliente sin costura para agua de mar. SCH 40, con un peso unitario de 1,48 m/kg, para un porcentaje de perdidas de 30 % por el sistema de enfriamiento del m.c.i.
- Se evaluó el desempeño del enfriador de quilla o keel cooler, obteniéndose un valor del agua de enfriamiento entrante al keel cooler de 118 °C y de 88°C el valor de salida del agua, para un porcentaje de perdidas de 30% por el sistema de enfriamiento del m.c.i.
- Se determino la mejora del desempeño del sistema de enfriamiento con el keep cooler, reduciendo la temperatura del agua de enfriamiento saliente del enfriador desde 92 a 88 °C, y reducción de las perdidas del sistema de enfriamiento del m.c.i desde 37,6 % a 30 %, con lo cual el rendimiento del m.c.i se incrementa desde 34,77 % a 42,44%.
- Se evaluó el efecto de la instalación de un keep cooler en el desempeño de un motor marino para una embarcación pesquera artesanal, si bien es cierto no se alcanzo reducir los 10°C en la temperatura del agua de enfriamiento, y tan solo se alcanzo a reducir la temperatura desde 125 a 118 °C , solo 7°C , se consiguió mejorar el desempeño del sistema de enfriamiento de un m.c.i de una embarcación pesquera artesanal mediante la instalación de un keel cooler.

5.2 Recomendaciones

- Sería recomendable realizar un estudio sobre el tiempo de conservación del material del keel cooler, el cual al estar sumergido dentro del agua de mar es propenso a la corrosión, al margen de tener en este caso 02 barras de zinc que inhiben la corrosión de las tuberías de acero del keel cooler. Por indagaciones en otras embarcaciones artesanales, cada 2 años se realiza la varada de la embarcación, en donde se realiza el cambio del material de zinc durante el mantenimiento preventivo de la embarcación.
- Queda pendiente el análisis de recorrido de la embarcación contra y a favor de la corriente de mar y con bodega llena y vacía, debido a que el gasto por consumo de combustible impiden que los armadores artesanales faciliten un análisis más minucioso del desempeño del keel cooler en diversas condiciones de pesca. Además, es imposible evaluar el desempeño del keel cooler en los varaderos porque se requiere agua de mar para el intercambio de calor. Pero se permitió en la presente investigación realizar la evaluación, para ello tuvo que el investigador participar en las faenas de pesca.
- Los keel cooler vienen siendo comercializados actualmente con tuberías lisas, se asume que una tubería con superficies extendidas puede tener un mejor comportamiento, lo cual es un trabajo pendiente para una futura investigación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Aguilar, R. (2022). Cogeneración de energía con grupos electrógenos para la generación de agua caliente sanitaria. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:

<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3911>

Arias, M. (2021). Manual del automóvil. Editorial Dossat. España. 1107 p. ISBN 8496437388. Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/339594504/Arias-Paz-M-Manual-de-Automoviles-Opt>

Arellano, G. (2009). Implantación de Análisis de Aceite en Motores de Combustión Interna de Ciclo Diesel. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánica. Escuela Superior Tecnológica del Litoral. Ecuador. Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90794/D-65821.pdf>

Atienza, C. (2019). ¿Qué es y cómo funciona el sistema de inyección diesel?. Blog de Neumáticos. España. Disponible en:

<https://www.neumaticosxpoco.es/mecanica/que-es-y-como-funciona-el-sistema-de-inyeccion-diesel/>

Aser (2021). – Sistema de Encendido. Blog de aserautomotive. Peru. Disponible en: [.https://aserautomotive.com/index.php/2021/08/28/las-12-causas-aser-sistema-de-encendido/](https://aserautomotive.com/index.php/2021/08/28/las-12-causas-aser-sistema-de-encendido/)

Barreto, W. & Jiménez, J. (2013). ANÁLISIS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR QUE FUNCIONA A HIDRÓGENO VERSUS EL MOTOR A GASOLINA. Tesis para optar el título de Ingeniero Automotriz. Escuela Politécnica del Ejercito. Ecuador. Disponible:

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7016/1/T-ESPEL-MAI-0430.pdf>

Barros, H. & Moran, D. (2014). Reparacion de un motor de combustión interna 4 Fire. Tesis para optar titulo de Tecnólogo Automotriz. Escuela Superior Politécnica del litoral. Ecuador. Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29503/1/Tesina%20de%20Graduacion%20-%20PROTMEC.pdf>

Chauvin, O. (2022). Sistema de refrigeración del motor marino: cómo funciona. Revista de Cultura Náutica. España. Disponible en:

<https://www.boatsnews.es/noticias/40265/sistema-de-refrigeracion-del-motor-marino-como-funciona>

Contreras, J. (2018). Diseño y construcción de una culata sellada por anillos como primera aproximación a un motor de compresión variable. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánica Industrial. Universidad Rafael Landivar. Guatemala. Disponible en:

<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/02/03/Contreras-Jose.pdf>

Córdova, E. (2013) Estudio de un motor de combustión interna para determinar sus parámetros de funcionamiento y su factibilidad de aplicación en los laboratorios de la facultad de ingeniería civil y mecánica. Tesis para optar el titulo de Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4338/1/Tesis%20I.%20M.%20170%20-%20C%20B3rdova%20Morales%20Edison%20Iv%20C3%A1n.pdf>

Cosi, E. (2020). Disminución de los daños en la instalación de las guías de válvula en culatas de motores diésel utilizando el método de mandril calibrado en vez del procedimiento convencional. Tesis para optar el titulo de Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional del Callao. Perú. Disponible en:

<http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6800/Tesis%20Disminucion%20de%20los%20da%C3%B1os%20en%20la%20Instalacion%20de%20las%20Oguias%20de%20valvula%20en%20culatas%20de%20motores%20DIESEL%20utili>

zando%20e%20metodo%20de%20Mandril%20Calibrado%20en%20vez%20de%20 procedimiento%20convencional.pdf?sequence=1&isAllowed=y

De Gracia, F. (2006). Principales consideraciones en la selección e instalación de un circuito de enfriamiento por agua de mar a bordo. Tesis para optar el título de Licenciado en Ingeniería Naval, Mención Construcción Naval. Universidad Austral de Chile. Disponible en:

<https://docplayer.es/20437036-Universidad-austral-de-chile-facultad-de-ciencias-de-la-ingenieria-escuela-de-ingenieria-naval.html>

De la Llana, I. (2011). Nuevo sistema de propulsión naval. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco. España. Disponible en:

<https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/12273/DeLaLlanaMartinez.pdf?sequence=1>

Diesel val. (2020). ¿Cuáles son las partes de un motor diésel? ¡El cigüeñal!. Blog de Diesel val. España. Disponible en:

<https://dieselval.com/conoce-el-ciguenal-como-parte-de-un-motor-diesel/>

Estacio, C. y Chuquillanqui, L. (2015). Sistema de refrigeración. Portal PDF Slide. México. Disponible en:

<https://pdfslide.net/documents/monografia-de-sistemas-de-refrigeracionpdf.html>

Fernández, P. (2022). Descripción de la sala de máquinas de un buque pasaje, y estudio técnico comparativo del generador de agua destilada y las alternativas para su sustitución. Tesis para optar el título de Ingeniero Marino. Universidad de Cantabria. España. Disponible en:

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/25504/Fern%C3%A1ndez%20G%C3%B3mez%20Paula.pdf?sequence=1>

Gálvez, A. y Paucar, D. (2020). Análisis de la influencia del sobrecalentamiento del motor de combustión interna por la degradación de aceite lubricante. Tesis para optar

el título de Ingeniero Mecánico Automotriz. Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca. Ecuador. Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18762/1/UPS-CT008773.pdf>

García, F. (2013). El sistema de propulsión del buque escuela guayas y su operación en el crucero internacional 2012 en la ruta Cádiz- La coruña, propuesta de empleo óptimo. Tesis para optar título de licenciado en ciencias navales. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador. Disponible en:

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8426/T-ESSUNA-004074.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Galarza, E. y Kamiche, J. (2020). Pesca artesanal: oportunidades para el desarrollo regional. Texto de la Universidad del Pacífico. Perú. Disponible en:

<https://www.up.edu.pe/fondoeditorial/SiteAssets/pesca%20artesanal.pdf>

Gavilema, H. (2020). Estudio teórico y experimental de los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina a diferente concentración de agua refrigerante. Tesis para optar el título de Ingeniero Automotriz. Escuela Superior Tecnológica de Chimborazo. Ecuador. Disponible en:

<http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/4027/1/65T00148.pdf>

Herrera, A. (2020). Diseño de un sistema de refrigeración para un motor de combustión interna. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad de Antioquia de Colombia. Disponible en:

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18358/6/HerreraAndres_2021_DiseñoSistemaRefrigeración.pdf

Herrera, E. (2006). Diseño de sistema de refrigeración mecánica en pesquero artesanal. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad Austral de Chile. Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcih565d/doc/bmfcih565d.pdf>

IMARPE (2018). Tercera encuesta estructural de la pesquería artesanal en el litoral peruano. Resultados generales. Instituto del Mar del Perú INFORME ISSN 0378-7702 Volumen 45, Número 3, Julio - Setiembre 2018. Disponible en:
<https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3300>

Laplace (2021). Motor Diesel. Universidad de Sevilla. España. Disponible en:
http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Diesel

Lloret, A. (2011). Análisis y cálculo del sistema de refrigeración de agua dulce de un remolcador. Tesis para optar el título de Ingeniero técnico naval en propulsión y servicios del buque. Facultad Náutica de Barcelona. Disponible en:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19208/PFC%20Arnau%20Lloret.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López, D. (2021). Cámaras de combustión: para qué sirven y tipos. Blog actualidad motor. España. Disponible en:
<https://www.actualidadmotor.com/tipos-de-camaras-de-combustion/>

Luna, P. & Mier, J.(2019). Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánica Automotriz. Universidad Internacional de Ecuador. Disponible en:
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/881/1/T-UIDE-0746.pdf>

Mendoza, M. (2017). Efecto del número de arranques anuales en el incremento del costo de mantenimiento de una central térmica a gas de 25 MW. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2650>

Mesa, R, y Orosco, J. (2016). Conocimiento adquirido en la asignatura de motor de combustión interna y operación de motores auxiliares en buques mercantes en egresados de la escuela nacional de marina mercante “Almirante Miguel Grau” año

2015. Tesis para optar el título de oficial de marina mercante en la especialidad de máquinas. Escuela de Marina Mercante del Perú. Disponible en:

<http://repositorio.enamm.edu.pe/bitstream/ENAMM/68/1/TESIS%2059%20-%20MEZA-OROSCO.pdf>

Páez, M. (2020). Propulsión de barcos. Blog de Rice Propulsión. Chile. Disponible en:

http://www.ricepropulsion.com/TNLS/propulsion_de_barcos.htm

Payri, F. y Desantes, J. (2015). Motores de combustión interna. Editorial Reverte. España. ISBN 978-84-8363-705-0. Disponible en:

https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/130ad267-fe67-4ec7-8363-51b16ffe11a6/TOC_0809_04_01.pdf?guest=true

Plaza, D. (2020). ¿Qué es una biela? Función y partes. Blog mundo motor. España. Disponible en:

<https://www.motor.es/que-es/biela>

Plaza, D. (2020). ¿Qué es el cárter? Funcionamiento y partes. Blog mundo motor. España. Disponible en:

<https://www.motor.es/que-es/carter>

Prieto, A. (2018). Volante motor: Qué es, qué hace, tipos y funcionamiento. Blog de autonacion. España. Disponible en:

<https://www.autonacion.com/volante-motor-que-es-funcionamiento/>

Rayofugaz. (2019). Manual: Sistema Inyección de Motores Diesel – Componentes y Funcionamiento. paso a paso. Blog de rayofugaz. España. Disponible en:

<https://rayofugaz.com/2021/04/18/manual-sistema-inyeccion-de-motores-diesel-componentes-y-funcionamiento-paso-a-paso/>

Ridda, U. (2021). Análisis de modificación del uso del sistema de refrigeración de quilla en el motor KT Joyoboyo I. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Politécnica de Surabaya, Indonesia. Disponible en:
<http://repository.ppns.ac.id/3497/>

Rodríguez, G. (2009). Guía técnica de proyectos – Motores Diesel de combustión interna. Tesis para optar el título de Ingeniero Naval Mención Máquinas Marinas. Universidad Austral de Chile. Disponible en:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcir696g/doc/bmfcir696g.pdf>

Rowlin Cultures (2015). Formas y características. Pagina web de Remando Culturas. España. Disponible en:
<https://rowingcultures.wordpress.com/category/caracteristicas/>

Ruggiero, F. (2016). Spring Update Team 3 Marine Keel Cooler Optimization Tool. EML 4551C Senior Desig Cummins. FAMU/FSU College of Engineering Department of Mechanical Engineering. USA. Disponible en:
https://web1.eng.famu.fsu.edu/me/senior_design/2016/team03/docs/EML4552_Spring%20Update_Group3.pdf

Ruiz, H. (2018). Diseño de una embarcación tipo catamarán polivalente para resolver el problema de contaminación por derrames de hidrocarburos y por residuos plásticos en el mar peruano. Tesis para optar el título de Ingeniero Naval. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Perú. Disponible en :
https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1434/1/TL_RuizRiosHanny.pdf

Ruiz, J. (2021). Modelo de simulación para la selección de la hélice marina de una embarcación pesquera artesanal. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial Universidad Nacional de Piura. Perú. Disponible en:
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2858/INDU-RUI-VIN-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Saralegui, G. & Pary, G. (2019). Apunte de cátedra – Parámetros de Semejanza en MCIA. Universidad del Plata. Argentina. Disponible en:

[file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/Sistema%20de%20distribuci%C3%B3n%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/Sistema%20de%20distribuci%C3%B3n%20(1).pdf)

Scacco, M. & Vargas, K. (2016). Estudio de la factibilidad para la fabricación local de refrigerante en los motores de combustión interna. Tesis para optar el título de Ingeniero Automotriz. Universidad Internacional del Ecuador. Disponible en:

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1589/1/T-UIDE-1232.pdf>

Sole Diesel (2022). Keel cooling o refrigeración por quilla. ¿Qué es y cuáles son sus ventajas? Blog de Sole Diesel. España. Disponible en:

<https://www.solediesel.com/es/keel-cooling-o-refrigeracion-por-quilla-que-es-y-ventajas>

Teddy driver (2007). kool keel diesel engine. Boatdesignet. Noruega. Disponible en:

<https://www.boatdesign.net/threads/kool-keel-diesel-engine.34858/page-3>

Utrilla, D. (2021). Sistema de refrigeración de un vehículo. Blog de espaciocoche. España. Disponible en:

<https://espaciocoche.com/sistema-de-refrigeracion-de-un-vehiculo/>

Vergara, E. (2015). Caracterización termo-hidrodinámica del intercambiador boxcooler tipo bayoneta aplicado en el sistema de propulsión y generación de las embarcaciones navales. Tesis de maestría en ingeniería mecánica. Universidad del Norte, Colombia. Disponible en.

<https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9022/124235.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yepes, V. (2013) El motor diésel de cuatro tiempos. Universidad Politécnica de Valencia. España. Disponible en:

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/06/23/el-motor-diesel-de-cuatro-tiempos/>

VII. ANEXOS

Índice de Anexos:

Anexo 1: Tabla Embarcaciones Artesanales según arte de pesca.

Anexo 2: Catalogo de TUBOS SIN COSTURA ASTM A53 - A106 - API 5L - Grado
B

Anexo 3: Catalogo de Motor Marino SM-103 Sole Diesel

Anexo 1 Tabla Embarcaciones Artesanales según arte de pesca


Arte de Pesca	Tonelaje de bodega	Número de embarcaciones	Tipo de Motor
Cortina	1-10 Ton	4492+52	Diesel
Trasmallo	5-10 Ton	446+126	Diesel
Cerco de consumo	5-32 Ton	1277+97	Diesel
Cerco anchovetero	8-32 Ton	121	Diesel
Arrastre	5-30 Ton.	145	Diesel
Pinta con anzuelo	0,5 – 5 Ton	971+89+89+64	Gasohol-Diesel
Pinta potera	5-32 Ton	2269+159+52	Diesel
Espinel fondo	2-5 Ton	121+92	Diesel
Espinel de superficie	3-32 Ton	789+200+143+57	Diesel
Buceo compresor	2-6 Ton	1979+110	Diesel-Gasohol
Trampa cangrejera	0,5-2 Ton	145+64	Diesel-Gasohol
Trampa de ovas para pez volador	3-8 Ton	920+69	Diesel

Fuente: Elaboración propia con base en INFORME IMARPE ISSN 0378-7702 Vol. 45 N°3

Anexo 2: Catalogo de TUBOS SIN COSTURA ASTM A53 - A106 - API 5L - Grado B

TUBOS SIN COSTURA ASTM A53

ASTM A53 - A106 - API 5L - Grado B



NORMA TÉCNICA
ASTM A53/A53M/A53/A53M

PRESENTACIÓN
En rollos de 6 metros, de extremos biselados con recubrimiento negro.

USO
Conducción de fluidos a alta presión, agua, gases, vapor, petróleo, aire presurizado y flúidos no corrosivos en la industria.

CARACTERÍSTICAS

Tubos de acero, de calidad estructural de sección circular, laminados en caliente.

TUBO SCH40				
Díametro Nominal	Díametro Exterior (pulg)	Díametro Exterior (mm)	Espesor de pared (mm)	Peso (Kg/m)
1/2"	0,840	21,34	2,77	1,20
3/4"	1,050	26,67	2,87	1,68
1"	1,315	33,40	3,28	2,30
1 1/4"	1,650	42,16	3,58	3,38
1 1/2"	1,900	48,26	3,68	4,05
2"	2,375	60,33	3,91	5,43
2 1/2"	2,875	73,03	5,16	8,62
3"	3,500	88,90	5,49	11,28
4"	4,500	114,30	6,02	16,00
6"	5,965	141,30	6,56	21,76
8"	8,625	168,28	7,11	28,23
10"	10,750	273,06	9,27	40,24
12"	12,750	323,85	10,30	49,71
14"	14"	356,60	11,13	54,56
16"	16"	406,40	12,70	65,31
18"	18"	457,20	14,27	75,88

TUBO SCH80				
Díametro Nominal	Díametro Exterior (pulg)	Díametro Exterior (mm)	Espesor de pared (mm)	Peso (Kg/m)
1/2"	0,840	21,34	3,73	1,68
3/4"	1,050	26,67	3,91	2,19
1"	1,315	33,40	4,56	3,05
1 1/4"	1,650	42,16	4,85	4,48
1 1/2"	1,900	48,26	5,08	5,40
2"	2,375	60,33	5,54	7,47
2 1/2"	2,875	73,03	7,01	11,40
3"	3,500	88,90	7,62	15,25
4"	4,500	114,30	8,58	20,29
6"	5,965	141,30	9,52	30,52
8"	8,625	218,08	12,70	44,57
10"	10,750	273,06	15,10	59,84
12"	12,750	323,85	17,40	79,81

TUBO ESTÁNDAR				
Díametro Nominal	Díametro Exterior (pulg)	Díametro Exterior (mm)	Espesor de pared (mm)	Peso (Kg/m)
12"	12,75	323,85	9,52	73,78
14"	14"	356,60	9,52	81,33
18"	18"	406,40	9,52	93,17

Tolerancia Dimensional:
 Peso: +/- 10% del valor nominal
 Diámetros -Diámetros menores a 1 1/2": +/- 1/64"
 -Diámetros mayores a 2": +/- 1% del valor nominal
 Espesor mínimo: -12,5% del espesor nominal
 Prueba hidrostática: 1000 psi

Propiedades Mecánicas	
Límite de Fluencia (mín.)	240 Kg/cm ² (240 Mpa)
Resistencia a la Tracción (mín.)	4200 kg/cm ² (415 Mpa)
Alargamiento mínimo en 50mm	20%

Composición Química	
Carbono (%)	0,300
Manganeso (%)	1,250
Fósforo (%)	0,050
Azufre (%)	0,045
Cobalto (%)	0,400
Níquel (%)	0,400
Cromo (%)	0,400
Molibdeno (%)	0,150
Vanadio (%)	0,080

Av. Ramón Prista Mz A, Lt 10-B, Huachipa - Lasgache - Lima
 994 189 533 / 999 248 204 | Central: +511-3710428

comercial@acerostramontana.com
 www.acerostramontana.com

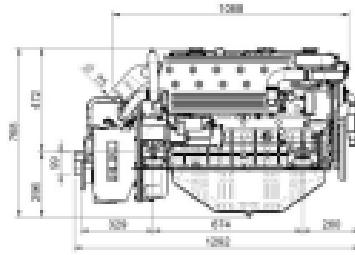
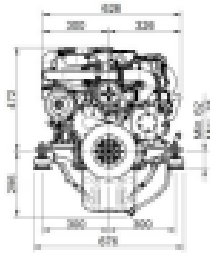
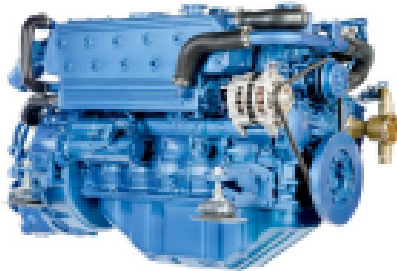
Fuente: <https://www.acerostramontana.com/wp-content/uploads/2020/06/TUBOS-SIN-COSTURA-ASTM-A53.pdf>

Anexo 3: Catalogo de Motor Marino SM-103 Sole Diesel

MOTOR MARINO

SM-103

6 cilindros en línea 103 CV (75,8 kW) 2500 RPM

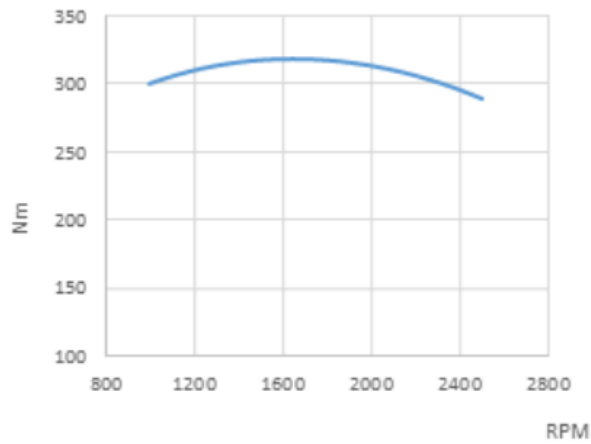


Motor SM-103 (en 7000 2.00-1)

Características generales	
Fabricante motor base	Mitsubishi
Tipo	Diesel, 4 tiempos
N° de cilindros	6, en línea
Sistema de admisión	Aspiración natural
Diámetro x Carrera	84 mm x 120 mm (3,7 in x 4,72 in)
Cilindrada total	4996 cc
Relación de compresión	22:1
Potencia intermitente (1500040/1)	103 CV (75,8 kW)
Potencia continua	93,8 CV (68,2 kW)
RPM	2500
Sistema de inyección	Mecánica e indirecta
Motor de arranque	12 V (2 kW)
Alternador	95 A (12 V)
Máximo ángulo en funcionamiento	15°
Sentido de rotación (visto del lado del volante)	Antihorario
Sistema de refrigeración	Intercambiador de calor por agua marina y circuito cerrado de líquido refrigerante
Peso en seco sin líquido	408 kg (899,5 lb)
Diámetro int. manguera de agua salada	32 mm (1,26 in)
Diámetro int. manguera aspiración gasoil	8 mm (0,31 in)
Diámetro int. manguera retorno gasoil	-
Diámetro int. manguera de escape	75 mm (2,95 in)
Certificaciones	RRR
Cumplimiento de emisiones	NON EMISSION

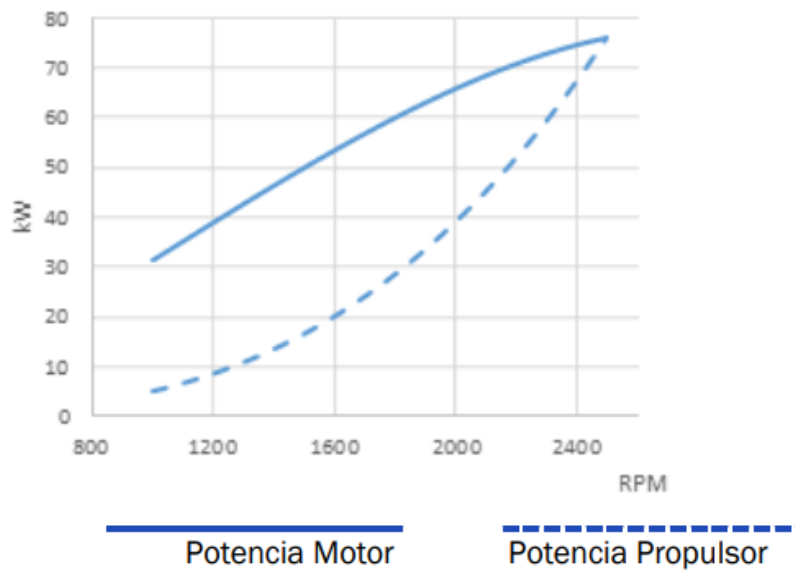
Curvas de rendimiento

Par en el cigüeñal



1 kW \cong 1,36 CV 1 kW \cong 1,36 HP (metric) 1 kW \cong 1,36 CH

Potencia. Según ISO 3046/1



Fuente : https://www.solediesel.com/datos_publicos/Fichas/FA0936ES000001.pdf



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Carlos Enrique Flores Salazar, Bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado			
Programa:						
De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un trabajo inédito , intitulado:						
EFECTO DE LA INSTALACION DE UN KEEL COOLER EN EL DESEMPEÑO DE UN MOTOR MARINO PARA UNA EMBARCACION PESQUERA ARTESANAL						
presentado en ...94... folios, para la obtención del Grado académico:						()
Título profesional:	(X)	Investigación anual:			()	
<ul style="list-style-type: none">➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo. <input type="checkbox"/>➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.➤ Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.						
Chimbote, mayo del 2023						
Firma:						
Nombres y Apellidos: Bach. Carlos Enrique Flores Salazar						
DNI: 70003899						



ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Robert Fabian Guevara Chinchayan

asesor / presidente de la Unidad de Investigación de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	
Departamento Académico	Energía, Física y Mecánica					
Escuela de Postgrado	Maestría			Doctorado		

Programa académico:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

EFFECTO DE LA INSTALACION DE UN KEEL COOLER EN EL DESEMPEÑO DE UN MOTOR MARINO PARA UNA EMBARCACION PESQUERA ARTESANAL

Del estudiante / docente: Carlos Enrique Flores Salazar

De la escuela / departamento académico: Ingeniería en Energía

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 22. % el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, mayo del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor/presidente UIF: Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan

DNI: 32788460

REVISION 9

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	cybertesis.uach.cl Fuente de Internet	2%
3	www.autonocion.com Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	Castillo Mellado Mario Alberto, Penalver Kumul Ignacio Alfonso. "Diseno de practicas de motores de combustion interno para el laboratorio de termofluidos", TESIUNAM, 1982 Publicación	1%
6	repositorio.uasf.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	idoc.pub Fuente de Internet	1%

www.solediesel.com

8	Fuente de Internet	1 %
9	docslide.us Fuente de Internet	1 %
10	www.actualidadmotor.com Fuente de Internet	1 %
11	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
12	eduardomartinezconalep183.wordpress.com Fuente de Internet	1 %
13	qdoc.tips Fuente de Internet	1 %
14	www.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
15	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.wikiteka.com Fuente de Internet	<1 %
19	Durán González Gabriel Antonio. "Estudio de un condensador de vapor de capacidad de 3.2	<1 %

mwt acoplado a un ciclo "pwg" (pressure water generation), el cual genera 300 kwe", TESIUNAM, 2013
Publicación

20	repositorio.upct.es Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.escuelamilitar.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	encvirtual.es Fuente de Internet	<1 %
23	Ortiz Soto Luis Miguel. "Diseño e instalación de plantas de emergencia en centro comercial para asegurar la continuidad del servicio eléctrico", TESIUNAM, 2013 Publicación	<1 %
24	espaciocoche.com Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.enamm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	emipuseno.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
27	view.genial.ly Fuente de Internet	<1 %
28	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

29	sites.google.com Fuente de Internet	<1 %
30	Russell Tejada Bairon Uriel. "Análisis de factibilidad del sistema de enfriamiento de una planta cbei de 10kw, con base a un aerocondensador o condensación con agua de mar", TESIUNAM, 2016 Publicación	<1 %
31	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
33	www.academiabigbang.com Fuente de Internet	<1 %
34	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
35	www.edibon.com Fuente de Internet	<1 %
36	hamilton.mforos.com Fuente de Internet	<1 %
37	steemit.com Fuente de Internet	<1 %
38	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

39	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
40	www.crever.urv.es Fuente de Internet	<1 %
41	www.uttr.ru Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	Espinoza Villalpando Alfredo, Rojas Arredondo Víctor Hugo. "Sistema híbrido de hidrógeno para motores de combustión interna a partir de una celda electrolítica", TESIUNAM, 2013 Publicación	<1 %
44	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
45	Perez López Carlos. "Comparacion tecnica y economica entre un condensador enfriado por aire y un condensador enfriado por agua (tipo superficie)", TESIUNAM, 1993 Publicación	<1 %
46	folvemare.campuseina.com Fuente de Internet	<1 %
47	elaguademarmedicinanatural.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
48	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %

		<1 %
49	repositorio.uide.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
50	www.clubseateca.com Fuente de Internet	<1 %
51	catalonica.bnc.cat Fuente de Internet	<1 %
52	vdocuments.es Fuente de Internet	<1 %
53	Guerrero Goicoechea Pablo Hector, Velez Struck Francisco Javier, Guillot Garcia Guillermo. "Control de emisiones en motores encendidos por chispa", TESIUNAM, 1991 Publicación	<1 %
54	Monroy Ramirez Mauricio. "Análisis y procedimientos para una inspección completa y reparación de un motor de combustión interna, diesel Mercedes-Benz OM366 la", TESIUNAM, 2003 Publicación	<1 %
55	dokumen.tips Fuente de Internet	<1 %
56	ejemplos.net Fuente de Internet	<1 %

		<1 %
49	repositorio.uide.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
50	www.clubseateca.com Fuente de Internet	<1 %
51	catalonica.bnc.cat Fuente de Internet	<1 %
52	vdocuments.es Fuente de Internet	<1 %
53	Guerrero Goicoechea Pablo Hector, Velez Struck Francisco Javier, Guillot Garcia Guillermo. "Control de emisiones en motores encendidos por chispa", TESIUNAM, 1991 Publicación	<1 %
54	Monroy Ramirez Mauricio. "Análisis y procedimientos para una inspección completa y reparación de un motor de combustión interna, diesel Mercedes Benz OM366 LA", TESIUNAM, 2003 Publicación	<1 %
55	dokumen.tips Fuente de Internet	<1 %
56	ejemplos.net Fuente de Internet	<1 %

57	Arellano Bustamante Jorge Daniel. "Diseño y construcción de un mezclador para gases en un motor de combustión interna", TESIUNAM, 2015 Publicación	<1 %
58	Ortega Torres Bernardo. "Manual del proyecto mini baja UNAM", TESIUNAM, 2003 Publicación	<1 %
59	ut.edu.co Fuente de Internet	<1 %
60	www.ukinspain.com Fuente de Internet	<1 %
61	digital.library.unt.edu Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	Arellano Barrera Thalia. "Evaluación tecnológica e ingeniería básica para una planta de producción de kerosina a partir de residuos plásticos y aceites gastados", TESIUNAM, 2012 Publicación	<1 %
64	Moreno Navarrete Marcos. "Identificación y diagnostico de los MCIA mediante protocolos CAN - OBD II", TESIUNAM, 2016 Publicación	<1 %

65	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
66	docslide.net Fuente de Internet	<1 %
67	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
68	iquimicas.com Fuente de Internet	<1 %
69	patentscope.wipo.int Fuente de Internet	<1 %
70	www.tib.eu Fuente de Internet	<1 %
71	1library.co Fuente de Internet	<1 %
72	Alba Andreina García Carrero. "Experimental study of the fuel effect on diffusion combustion and soot formation under diesel engine-like conditions", Universitat Politècnica de València, 2021 Publicación	<1 %
73	Vargas Vázquez Eduardo. "Mantenimiento preventivo y/o correctivo de plantas de emergencia y/o renta", TESIUNAM Publicación	<1 %
74	anvur.it Fuente de Internet	

		< 1 %
75	aprenderly.com Fuente de Internet	< 1 %
76	doku.pub Fuente de Internet	< 1 %
77	maniobra-cinematica.webnode.com Fuente de Internet	< 1 %
78	onlymanuals.com Fuente de Internet	< 1 %
79	prezi.com Fuente de Internet	< 1 %
80	sebastianmoscote10.blogspot.com Fuente de Internet	< 1 %
81	tr-ex.me Fuente de Internet	< 1 %
82	www.aqualex.org Fuente de Internet	< 1 %
83	www.fim.utp.ac.pa Fuente de Internet	< 1 %
84	www.manfut.org Fuente de Internet	< 1 %
85	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	< 1 %

86	www.sapiensman.com Fuente de Internet	<1 %
87	www.shell.com.do Fuente de Internet	<1 %
88	Fernandez Zarco José Juan. "Lubricantes en sistemas hidraulicos", TESIUNAM, 2006 Publicación	<1 %
89	data.sedema.cdmx.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
90	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
91	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
92	gaceta.diputados.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
93	inba.info Fuente de Internet	<1 %
94	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
95	silo.tips Fuente de Internet	<1 %
96	www.coches-actu.com Fuente de Internet	<1 %
97	www.kas.de	

	Fuente de Internet	<1 %
98	www.proz.com Fuente de Internet	<1 %
99	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
100	Diego Blanco Cavero. "Assessment and optimization of the indicated cycle with a 0D thermodynamic model", Universitat Politecnica de Valencia, 2018 Publicación	<1 %
101	archive.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

