

# **ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE**

## **“ALMIRANTE MIGUEL GRAU”**

**Programa Académico de Marina Mercante**

**Especialidad de Máquinas**



**NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE EN LOS OFICIALES EGRESADOS DE LA ESPECIALIDAD DE MÁQUINAS DE LA ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE “ALMIRANTE MIGUEL GRAU”, PERÍODO 2016-2017**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE OFICIAL DE MARINA MERCANTE**

**PRESENTADA POR:**

**GARMA ESTRADA, LEYFER JOEL  
SOSA SALAZAR, ROY VLADIMIR**

**CALLAO, PERÚ**

**2022**

NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR  
FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES  
MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE  
GASES DE ESCAPE EN LOS OFICIALES EGRESADOS DE LA  
ESPECIALIDAD DE MÁQUINAS DE LA ESCUELA NACIONAL DE  
MARINA MERCANTE “ALMIRANTE MIGUEL GRAU”, PERÍODO  
2016-2017.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado; a mis padres, ya que ellos son la motivación que tengo para cada día querer superarme; a mi hermano, que siempre estuvo a mi lado apoyándome durante este proceso; a mi abuelo Francisco, que aunque no esté físicamente con nosotros, sé que desde el cielo guía todos mis pasos; a mis demás familiares y amigos, que de alguna manera estuvieron presentes y colaboraron para el logro de mis objetivos. Gracias a todos.

*Garma Estrada, Leyfer Joel*

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada a Dios, que gracias a él pude concluir mi carrera con honores, a mis padres y hermanos, que me dieron su apoyo incondicional y creyeron en mí en todo momento. Siendo un ejemplo de humildad, superación y esfuerzo, generando en mí deseos de progreso y ganas de triunfar en la vida.

*Sosa Salazar, Roy Vladimir*

## **AGRADECIMIENTO**

Le damos gracias a nuestra Alma Mater, la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau” por contribuir en nuestra formación académica y formar parte de nuestro carácter, a los docentes y asesores quienes nos dieron su tiempo y dedicación beneficiando de esa manera en nuestro desarrollo profesional.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
Portada .....	i
Título .....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos .....	v
ÍNDICE .....	vi
LISTA DE TABLAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

### **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	8
1.2.1. Problema general .....	8
1.2.2. Problemas específicos .....	8
1.3. Objetivos de la investigación .....	9
1.3.1. Objetivo general .....	9
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Justificación de la investigación .....	11
1.4.1. Justificación teórica.....	11
1.4.2. Justificación metodológica .....	12
1.4.3. Justificación práctica.....	12
1.5. Limitaciones de la investigación .....	13
1.6. Viabilidad de la investigación.....	13

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación.....	15
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1. Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape.....	21
2.2.1.1. Marco Legal.....	21
2.2.1.2. Generalidades.....	34
2.2.1.3. Factores que contribuyen a la corrosión por frío .....	46
2.2.1.4. Métodos de prevención de la corrosión por frío.....	52
2.2.1.5. Efectos producidos por la corrosión por frío.....	74
2.3. Marco conceptual .....	81

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

3.1. Formulación de la hipótesis.....	86
3.1.1. Hipótesis general... ..	86
3.1.2. Hipótesis específicas.....	87
3.1.3. Variable.....	89

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO**

4.1. Diseño de la investigación .....	91
4.2. Población y muestra... ..	96
4.2.1. Población .....	96
4.2.2. Muestra.....	97
4.3. Operacionalización de la variable .....	98
4.4. Técnicas para la recolección de datos... ..	98
4.4.1. Técnica... ..	98
4.4.2. Instrumento .....	99
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos... ..	103
4.6. Aspectos éticos... ..	103

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS**

5.1. Procedimiento estadístico para la comprobación de hipótesis... ..	105
5.2. Descripción de los resultados.....	106
5.2.1. Variable de interés.....	106
5.2.1.1. Dimensión 1.....	107
5.2.1.2. Dimensión 2.....	108
5.2.1.3. Dimensión 3.....	110
5.2.1.4. Dimensión 4.....	111
5.2.1.5. Dimensión 5.....	112

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1. Discusión.....	113
6.2. Conclusiones.....	117
6.3. Recomendaciones.....	119

## FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias bibliográficas.....	121
Referencias electrónicas.....	126

## ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	130
Anexo 2. Glosario de términos .....	133
Anexo 3. Operacionalización de la variable.....	135
Anexo 4. Cuestionario de la variable.....	136
Anexo 5. Validaciones a criterio de jueces expertos.....	141
Anexo 6. Documento de consentimiento informado.....	156
Anexo 7. Recomendaciones del CIMAC (31).....	157
Anexo 8. Recomendaciones del CIMAC (30).....	158
Anexo 9. Aporte Teórico.....	159

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Límites del porcentaje de azufre.....	27
Tabla 2: Baremación de la variable de interés.....	98
Tabla 3 Estadístico de fiabilidad “KR – 20” .....	102
Tabla 4: Tabla de valores de “KR – 20” .....	102
Tabla 5: Variable de interés.....	106
Tabla 6: Resultados obtenidos de la dimensión 1.....	107
Tabla 7: Resultados obtenidos de la dimensión 2.....	109
Tabla 8: Resultados obtenidos de la dimensión 3.....	110
Tabla 9: Resultados obtenidos de la dimensión 4.....	111
Tabla 10: Resultados obtenidos de la dimensión 5.....	112

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Parámetros del Tier.....	26
Figura 2:	Culata de una maquina principal de dos tiempos.....	36
Figura 3:	Pistón y anillos de pistón de una maquina principal de dos tiempos.....	37
Figura 4:	Prensaestopa de una maquina principal de dos tiempos.....	38
Figura 5:	Camisa del cilindro de una maquina principal de dos tiempos.....	39
Figura 6:	Colector de aire de barrido y Lumbreras de admisión de una maquina principal de dos tiempos.....	40
Figura 7:	Proceso de formación de ácido sulfúrico acuoso.....	41
Figura 8:	Curva de punto de rocío del ácido sulfurico.....	42
Figura 9:	Clasificación de los tipos de “scrubber” basado en su principio operacional.....	45
Figura 10:	Inyección directa de agua.....	50
Figura 11:	Recirculación de gases de escape.....	51
Figura 12:	Sistema de aceite de cilindros.....	54
Figura 13:	Diagrama de Bloque del Sistema Alpha Lubricator.....	57
Figura 14:	Diagrama del sistema de lubricación por pulsos Wartsila.....	62

Figura 15: Diagrama del Sistema Load Dependent Cylinder Liner.....	66
Figura 16: Válvulas y Puntos de muestreo.....	69
Figura 17: Correlación entre tipo y mecanismo de desgaste y diferentes métodos de medición de hierro.....	70
Figura 18: Gráfico de Prueba de Barrido.....	72
Figura 19: Resultados obtenidos de una prueba de barrido con BN 70.....	73
Figura 20: Tasa de pérdida de materiales por mecanismo de desgaste.....	75
Figura 21: Superficie de la camisa del cilindro con signos de ataque corrosivo.....	77
Figura 22: Porciones de aros de pistón con diferentes tipos de desgastes.....	78
Figura 23: Superficie de rodadura del aro del pistón con signos de ataque corrosivo extremo.....	80
Figura 24: Descripción de la variable interés.....	107
Figura 25: Descripción de la dimensión 1 .....	108
Figura 26: Descripción de la dimensión 2 .....	109
Figura 27: Descripción de la dimensión 3 .....	110
Figura 28: Descripción de la dimensión 4 .....	111
Figura 29: Descripción de la dimensión 5 .....	112

## RESUMEN

El presente estudio de investigación fijó como objetivo principal determinar el nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017. La tesis planteada optó por principios que subyacen en el enfoque o paradigma cuantitativo, nivel o alcance descriptivo, tipo básica, diseño no experimental y de corte transversal. La población estuvo constituida por todos los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, período 2016-2017. Se aplicó un muestreo no probabilístico intencional o dirigido, considerando a 30 unidades de análisis, respectivamente. Para efectuar la medición de la variable de estudio se diseñó un cuestionario de conocimiento teórico referente a la corrosión por frío en motores de dos tiempos. La validez de contenido referente al instrumento de investigación se logró a través del juicio de los especialistas marítimos y la validez de consistencia interna con la prueba estadística de confiabilidad “Kuder Richardson”, con el cual se obtuvo un valor de 0,869 demostrando que el instrumento posee un grado óptimo de confiabilidad. Se

ejecutaron técnicas estadísticas descriptivas para definir frecuencias y porcentajes en razón de la muestra de estudio. Los resultados definieron que el 50 % de los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, período 2016-2017, se sitúan en un nivel medio. En tal sentido se concluyó que el nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se sitúa en un nivel medio. Por tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Palabras clave:** Conocimiento teórico, corrosión por frío, oficiales egresados, máquinas, ENAMM.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research study was to determine the level of theoretical knowledge of cold corrosion in two-stroke engines of merchant ships that include an exhaust gas cleaning system in the officers graduated from the specialty of machines of the School. National Merchant Marine "Almirante Miguel Grau", period 2016-2017. The proposed thesis opted for principles that underlie the quantitative approach or paradigm, descriptive level or scope, basic type, non-experimental and cross-sectional design. The population was constituted by all the officers graduated from the specialty of machines of the ENAMM, period 2016-2017. An intentional or directed non-probabilistic sampling was applied, considering 30 analysis units, respectively. To carry out the measurement of the study variable, a theoretical knowledge questionnaire was designed regarding cold corrosion in two-stroke engines. The content validity regarding the research instrument was achieved through the judgment of the maritime specialists and the validity of internal consistency with the "Kuder Richardson" reliability statistical test, with which a value of 0.869 was obtained, demonstrating that the instrument has an optimum degree of reliability. Descriptive statistical techniques

were executed to define frequencies and percentages based on the study sample. The results defined that 50% of the officers graduated from the ENAMM machinery specialty, period 2016-2017, are at a medium level. In this sense, it was concluded that the level of theoretical knowledge of cold corrosion in two-stroke engines of merchant ships that include an exhaust gas cleaning system in the officers graduated from the specialty of machines of the National School of Merchant Marine “Almirante Miguel Grau”, period 2016-2017, is at a medium level. Therefore, the alternate hypothesis is accepted and the null hypothesis is rejected.

**Keywords:** Theoretical knowledge, cold corrosion, graduated officers, machines, ENAMM.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los motores marinos usados en los sistemas de propulsión, para el desplazamiento de los buques han ido evolucionando en muchos aspectos, tanto energéticamente para hacerlos más eficientes, como en su diseño, para así cumplir con las regulaciones del NO<sub>x</sub> (Óxido de nitrógeno) y las pautas del EEDI (Energy Efficiency Design Index).

En ese sentido, se lleva a cabo cambios al motor marino, haciendo que tengan carreras más largas, y generándose más presión en los cilindros; pero con temperaturas reducidas, para cumplir con la normativa mencionada anteriormente. Asimismo, una de las técnicas que las compañías están adoptando, es operar a “Vapor Lento”, el cual consiste en que el buque opere hasta un 10% de su carga completa. Por tanto, se cumple el objetivo de lograr un ahorro significativo de los costos operativos en lo que a combustible se refiere, no obstante se obtiene una reducción de temperatura en los componentes de la cámara de combustión.

Cabe señalar que los nuevos motores que salen al mercado; por ejemplo el tipo ME/ME-B/ME-C/RT-Flex/X, están diseñados para consumir menos combustible en comparación con los motores más antiguos. Si bien los diseñadores de motores han tenido éxito en lograr una reducción de consumo de combustible, las camisas de los cilindros de los motores modernos están más expuestas a un entorno corrosivo en comparación con los motores más antiguos.

En adición a los párrafos anteriores, en un contexto actual existen motores marinos de baja velocidad que funcionan con fueloil pesado (con adaptación de un sistema de limpieza de gases de escape), en los cuales se dan las condiciones para que se condense el agua del aire que ingresa a los cilindros del motor, que al combinarse con el azufre, que es un elemento que se encuentra naturalmente en el combustible, durante la combustión, hace que se forme el ácido sulfúrico, el cual es una mezcla corrosiva.

Asimismo, la corrosión fría es un fenómeno común que ocurre en muchos motores marinos de 2 tiempos. Esta se produce cuando los ácidos sulfúricos atacan las paredes del revestimiento de un motor y corroen la superficie del revestimiento, creando un desgaste excesivo del material. La mejor forma de identificar las causas es monitoreando constantemente la condición de los cilindros.

Uno de los métodos de control, son las modificaciones que existen con respecto al sistema de lubricación de cilindros, de los cuales los más usados son el sistema de lubricación "Alpha" (MAN B&W) y sistema de lubricación por pulsos (WARTSILA), cuyo objetivo principal es la inyección de aceite lubricante tomando en cuenta diversos factores (carga del motor, nivel de contenido de azufre y TBN del aceite de cilindros),

todo ello controlado electrónicamente. Asimismo, se encuentra el sistema LDCL (Load Dependent Cylinder Liner), cuya función es mantener la temperatura del agua de refrigeración en relación con la carga del motor, con el objetivo de que la temperatura en la camisa de cilindros no sea tan baja. Lo antes mencionado contribuye a que se pueda tener un control en la formación del ácido sulfúrico y a su vez el problema de corrosión por frío.

Para complementar dicho concepto, Hernández (2018) señala un punto relevante sobre el análisis de drenaje de lubricante de cilindro; con entrada a una nueva fuente de información para ayudar a determinar condiciones de rendimiento del motor, proporcionando al superintendente información adicional para tomar decisiones de mantenimiento del motor. Es importante tener en cuenta que el análisis de drenaje del lubricante del cilindro puede detectar un problema, como el desgaste del anillo y la camisa, antes de que sea detectado por los métodos convencionales de inspección. Además, al combinar el análisis de drenaje del lubricante de cilindros con la inspección física del estado del pistón a través de los puertos de barrido, se pueden tomar decisiones de mantenimiento más precisas.

En síntesis, el presente trabajo de investigación busca medir las propiedades de la variable en estudio, con el fin de aportar con información de mucho valor para el desarrollo profesional de la gente de mar de la especialidad de máquinas. Consecuentemente, la tesis establece los siguientes componentes:

Capítulo I: referente al planteamiento del problema, describiéndose la problemática a través de una realidad objetiva. Después se formula el problema general y los problemas específicos, de igual manera los objetivos, además de las

justificaciones, limitación y viabilidad del estudio.

Capítulo II: referente al marco teórico, se realizó una revisión de la literatura referente al eje de estudio, distribuyéndose en subcapítulos concernientes a los antecedentes nacionales e internacionales; aparte de las teorías para la variable de interés, conocimiento teórico de la corrosión por frío.

Capítulo III: referente a las hipótesis, se establecen las hipótesis específicas y la hipótesis general. Asimismo, se expone la variable, dimensiones y sus indicadores correspondientes.

Capítulo IV: se refiere a la metodología efectuada, se hizo uso del enfoque o paradigma cuantitativo, nivel descriptivo, tipo básica y diseño no experimental. Además, se construyó un instrumento de investigación, el cual fue autorizado por especialistas el sector marítimo y la confiabilidad a través de la prueba KR- 20 para determinar la consistencia interna.

Capítulo V: se especifican los resultados logrados en función a un análisis estadístico descriptivo para contrastar las hipótesis, para luego aceptar o rechazar las hipótesis.

Finalmente, se presentan las discusiones, conclusiones y las recomendaciones, a continuación de las referencias bibliográficas y cibernéticas, los anexos utilizados en el informe científico, como la matriz de consistencia, glosario de términos, operacionalización de la variable, etc.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la Realidad Problemática**

En las últimas décadas se han mostrado cambios significativos en la forma de operar los motores diésel marinos de dos tiempos. Comenzando con la crisis económica del 2008; la navegación lenta ha ido tomando importancia, reduciendo la carga promedio de los motores y haciendo las condiciones de carga más dispersas. El frecuente funcionamiento con cargas bajas del motor conduce a un fenómeno llamado corrosión en frío, es decir la corrosión de la superficie de la camisa del cilindro debido al ataque del ácido sulfúrico por la quema de combustibles que contienen azufre.

El origen del ácido sulfúrico es la quema de combustibles que contienen azufre en la cámara de combustión, donde una parte del azufre se convierte en

trióxido de azufre, que en contacto con el agua contenida en el aire de barrido forma ácido sulfúrico. Tal corrosión produce un desgaste pronunciado de la superficie de la camisa del cilindro, así como del recubrimiento de la superficie de los anillos del pistón.

EXXONMOBILE (2020) suscita un caso tipo, referente al descubrimiento de una severa corrosión en frío en el motor Wärtsilä RT Flex 82-T de un buque portacontenedores, el cual fue de gran preocupación. A pesar de usar un aceite para cilindros de BN 70 a una velocidad de alimentación elevada de 1,3 g/kWh, los bajos niveles residuales de BN provocaron que el revestimiento de cromo de los anillos del pistón se pelara. Esto causó un costoso desgaste perjudicial del revestimiento y raspaduras. El buque navegaba lentamente al 20-60 por ciento de su régimen continuo máximo y funcionaba con un fueloil pesado con contenido de azufre de entre el 2,3 y el 3,4 por ciento.

Asimismo, el régimen de funcionamiento denominado “vaporización lenta” se ha vuelto la opción más práctica para la reducción de emisiones perjudiciales para el medio ambiente (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub>), y tendrá mayor notoriedad a partir del 2023 para los buques existentes por el cumplimiento de la normativa EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index), que a su vez beneficia de manera económica a las empresas navieras en el ahorro de combustible.

Por otro lado, con el fin de cumplir con las reglamentaciones del Tier II y III de los límites de emisión de NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno) del anexo VI del convenio MARPOL y el índice de diseño de eficiencia energética (EEDI), la corrosión por frío cobra relevancia, siendo un problema de mayor envergadura, así como lo menciona Kjeld Aabo (2014), director de atención al cliente de MAN Diesel & Turbo, que la corrosión en frío excesiva es perjudicial para las camisas de los cilindros y exige una atención inmediata de los operadores del motor (Marine Propulsión, 2014, p.1).

De igual modo, Canter (2017) está de acuerdo en que la corrosión en frío se ve ampliamente en los motores diésel marinos e indica que un programa de monitoreo de condición es esencial para garantizar que cualquier problema operativo se pueda manejar de inmediato, ya que se encuentra corrosión en frío grave en al menos uno de cada 10 motores desde la aparición de los nuevos diseños en el 2010. Sin monitoreo el operador del barco no puede saber lo que está ocurriendo. Es necesario realizar pruebas cada vez que se reabastezca de combustible porque es posible que se produzcan cambios significativos en los niveles de azufre que pueden afectar el funcionamiento del motor y la aparición de corrosión en frío (p.22).

Siguiendo el orden de ideas, Diez (2008) acota que la corrosión es uno de los problemas que causan mayores pérdidas económicas ya que influyen indirectamente en el correcto funcionamiento de la maquina principal, y el desgaste que trae la corrosión por frío no es ajeno a esto, pues, si no se tiene en

cuenta la aplicación de los diferentes criterios de control o sistemas de prevención, provocaría un aumento en los gastos de mantenimiento de las partes dañadas.

EXXONMOBILE (2020) corrobora las líneas anteriores, en razón de que se encontró signos de corrosión en frío durante una inspección de rutina del motor, lo que provocó el reemplazo de todos los anillos de pistón y un aumento en las tasas de alimentación de aceite del cilindro para proteger contra daños futuros en el motor Wärtsilä 7RT-flex96C del buque portacontenedores JPO "Tucana".

Por ello se recalca que entre las principales partes del sistema de propulsión de un buque mercante se encuentra la máquina principal. Según el informe "Safety & Shipping Review" (2019) de Allianz Global Corporate & Specialty (AGCS); las fallas en las máquinas principales son la causa mayor de los incidentes registrados en la última década, al representar más de la tercera parte de los más de 26.000 registrados en total. Además, los daños en la máquina principal representan una de las principales causas por valor de indemnizaciones de seguro marítimo, ya que han causado daños valorados en más de 1.000 millones de dólares en los últimos cinco años.

Al respecto, Hernández (2018) publicó una tesis que describe problemas operativos concurrentes observados en los motores de dos tiempos de baja velocidad. La atención se centra en los problemas de la nueva generación de motores diésel lentos, especialmente en relación con la corrosión en frío, los progresos significativos para suprimir este fenómeno como la introducción de los

aceites para cilindros BN 100 y los sistemas modificados de refrigeración por agua de las camisas, que han contrarrestado con éxito la influencia de la corrosión por frío en las camisas de los cilindros en la última generación de motores. Estudios recientes infieren que se está trabajando para optimizar la temperatura de la pared de la camisa del cilindro mediante el diseño de la camisa del cilindro (p.64).

Respecto al progreso del aceite de cilindros, EXXONMOBILE (2020) declara que Nanjing Kingship Management mitigó la severa corrosión por frío en cuatro motores Wärtsilä 6RT-Flex48T al cambiar al aceite Mobilgard™ 5100. Luego del cambio, el monitoreo de condición de cilindros Mobil Serv<sup>SM</sup> mostró el potencial de reducir las tasas de alimentación de aceite de los cilindros en un 20 %, lo que generó un ahorro anual de \$42 000. Además, el operador de la embarcación también informó una mayor confiabilidad del motor como resultado de poner fin al desgaste anormal e intervalos de revisión extendidos, lo que ayudó a reducir los costos operativos generales, siendo Mobilgard 5100 un aceite para cilindros de BN 100 que ha demostrado ser un lubricante más rentable para motores que sufren de corrosión en frío que un aceite de BN inferior a una velocidad de alimentación alta.

Para complementar los argumentos planteados en los párrafos anteriores, se describe el aspecto empírico suscitado por los autores. Se observó que en el primer embarque con la empresa naviera Elcano S.A. en el buque “Castillo de Caldelas”, se tuvo la oportunidad de realizar el mantenimiento de 06 unidades de un motor MITSUI B&W 7G70ME-C9.2-GI, logrando presenciar una serie de

manchas de corrosión en los cilindros mientras se apoyaba al Jefe de Máquinas encargado de realizar la inspección y medición de cilindros; se procedió a tomar fotos para redactar un informe con el objetivo de que se tomen las medidas preventivas del caso. Posteriormente, el Jefe de Máquinas explicó que se trataba de pequeñas manchas que indicarían el comienzo de daños por corrosión por ácido sulfúrico, las cuales serían tratados teniendo un mejor control de la dosificación de aceite de cilindro, colocando los valores correctos para que el "Alpha Lubricator" pueda inyectar la cantidad necesaria para contrarrestar los ácidos producidos.

Por lo antes mencionado, la Organización Marítima Internacional (OMI, 2020) enfatiza que en el capítulo 3 del convenio STCW (Standards of Training Certification and Watchkeeping) específicamente en la sección A-III/2, "Requisitos mínimos obligatorios para la certificación de los oficiales jefes de máquinas y segundo oficiales de máquinas en buques de maquinaria de propulsión principal de 3000 kw de potencia o más"; los oficiales deben tener la competencia referente al correcto funcionamiento de la máquina principal, máquinas auxiliares y de los sistemas de control correspondientes, lo que significa que deben tener conocimientos acerca de la detección e identificación de las diferentes causas del mal funcionamiento de cualquier maquinaria, así como la corrección de fallas, mantenimiento, etc. Para eso se requieren los conocimientos sobre el desgaste que se produce, por la corrosión en frío en la máquina principal, que podría causar a su vez grandes averías.

Por tanto, el presente estudio se enfoca en generar conocimientos tácitos poco estudiados, y esto se demuestra por la escasez de antecedentes nacionales respecto a la corrosión por frío en motores marinos de dos tiempos, haciendo énfasis en los buques que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape, ya que al ser un método secundario para el cumplimiento de la regla 14 se puede continuar usando un combustible con alto contenido de azufre y mantener la alta producción de ácido sulfúrico que conlleva a daños por corrosión en frío dentro de los motores de dos tiempos. Además, el proceso metodológico propone medir el grado de conocimiento en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de la escuela nacional de marina mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. *Objetivo general***

Determinar el nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar el nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.

Determinar el nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.

Determinar el nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.

Determinar el nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.

Determinar el nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación teórica**

Existen pocas teorías acerca de la corrosión por frío en motores marinos de dos tiempos; por ello la tesis cobra importancia teórica ya que se basa en el contenido de la directriz establecida por el CIMAC (International Council on Combustión Engines) acerca de la corrosión por frío en motores de dos tiempos. Esta teoría permite tener una noción de la formación del ácido sulfúrico en los cilindros de un motor de dos tiempos, los efectos de los nuevos diseños del motor en los últimos tiempos, la función del aceite lubricante en un motor marino de dos tiempos, el análisis de aceite de barrido y teorías diversas que tuvieron relevancia en la investigación.

Asimismo, para profundizar y acrecentar los conocimientos obtenidos en esta investigación acerca de la corrosión por frío en motores marinos de dos tiempos; en un sentido práctico y didáctico, se elaboró una guía informativa para los cadetes de la especialidad de máquinas, oficiales egresados y específicamente a los oficiales que están próximos a tener a cargo la máquina principal. Por todo esto, el estudio en conjunto visto desde una óptica teórica, se considera importante.

#### **1.4.2. Justificación metodológica**

Con el objetivo de cumplir los parámetros metodológicos que corresponden al método utilizado en la presente tesis, se hizo uso de la encuesta como técnica principal de investigación, en función a un cuestionario que efectúa la medición del nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape. El instrumento fue validado en el aspecto cuantitativo y cualitativo, a través de jueces expertos (especialistas) y una prueba estadística de consistencia interna (KR-20). Con el fin de ser replicado en otras investigaciones similares o que aborden la misma problemática bajo la rigurosidad que caracteriza una tesis.

#### **1.4.3. Justificación práctica**

Con los resultados obtenidos, se podría seguir investigando como un paso más hacia un servicio de control del rendimiento del motor más completo, recopilando datos de rendimiento del motor de buques en los cuales se embarcan los oficiales egresados de la especialidad de máquinas. La combinación de datos mensuales regulares sobre el rendimiento del motor, registros fotográficos del estado del pistón y la camisa, junto con los datos derivados del análisis de drenaje del lubricante del cilindro, permitiría brindar a los operadores de motores una interpretación más detallada y específica del estado del rendimiento del motor.

Además, con dicha información se pretende mejorar el conocimiento práctico del funcionamiento de los nuevos sistemas y criterios de control que contribuyen a la reducción de los efectos de la corrosión por frío en la máquina principal. Contribuyendo de esta manera en un beneficio monetario para los armadores y operadores. Por último, se creó una plataforma en la web referente a la guía informativa elaborada por los investigadores.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

No existen antecedentes nacionales respecto a la corrosión por frío y desgaste del cilindro del motor diésel marino de dos tiempos. Por tanto, se afirma que dicha línea de investigación aún se encuentra en una fase inicial de estudio (contexto nacional). Además, el horario laboral variado de los oficiales egresados de la especialidad de máquinas complicó en gran medida la suministración del instrumento de acopio de datos. Gran parte de ellos se encontraba en sus buques fuera del país, la señal y disponibilidad no ayudaron mucho. Algunos se encontraban en tierra realizando otras actividades, y presentaban cansancio, mal humor y otros factores que ralentizaron el proceso del análisis de datos.

### **1.6. Viabilidad de la investigación**

Esto fue posible gracias al fácil acceso a una fuente primaria de información que consiste en un conjunto de revistas marítimas científicas, libros académicos, extensiones web. Asimismo, los estudios internacionales se asemejan en gran

medida, de ahí se extrajo la mayor parte de las bases teóricas. En efecto, se adoptaron teorías, noticias actualizadas por la OMI, los cuales proporcionaron al estudio datos relevantes. Asimismo, se logró la autorización de consentimiento informado de parte de las unidades de análisis. El apoyo constante de parte de los asesores de la ENAMM, también contribuyeron en el proceso efectivo, claro y conciso que corresponde a la elaboración de una tesis.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Entre los antecedentes internacionales se encuentra Reina & Recalde (2020) con la tesis titulada: *Estudio de la formación de Ácido Sulfúrico y los fenómenos que ocurren en el aceite de un motor Diésel durante el proceso de combustión*. Se planteó como objetivo describir el comportamiento del azufre contenido en el combustible durante el proceso de combustión y analizar la incidencia que tiene en la vida útil del aceite de un motor KAMA KM186FAPK 10 HP. Respecto a la metodología; la investigación se basó en un estudio cuantitativo de diseño experimental, englobando aspectos analíticos y descriptivos. Para la obtención de los resultados se comprendió la duración del aceite de motor diésel, a través de pruebas y tras un registro delimitado por tiempo de trabajo en horas de acuerdo al alto contenido de azufre; por tanto, según los datos se afirma que el diésel rico en azufre reduce su TBN y viscosidad. Se concluyó que es sustancial

conocer que una disminución mayor al 50% es indicativo de que el aceite de motor ha perdido sus propiedades y consecuentemente podría presentarse desgaste prematuro en varios elementos internos del motor.

En un contexto similar; Toscano (2020) de la Universidad Internacional del Ecuador, con su estudio titulado: *Análisis comparativo, del comportamiento del TBN en los aceites de motores diésel, efectos y formación de ácido sulfúrico en el proceso de combustión, determinando la vida útil del aceite*. Se expuso como objetivo fundamental analizar el comportamiento del TBN (número básico) en los aceites de motor a diésel, frente a los efectos en la formación de ácido sulfúrico en el proceso de combustión, y así determinar y comprobar la vida útil de los aceites. La metodología indicó un diseño experimental, enfoque cuantitativo, nivel explicativo – comparativo, tipo aplicada. Los resultados indicaron que es importante saber que aceite es el más recomendable en cuanto al nivel de azufre en el combustible diésel, debido al contenido de propiedades adecuadas que interfieran directamente con la oxidación del aceite. Considerando dichas medidas, las conclusiones establecen que se debe satisfacer las necesidades del motor corrigiendo las especificaciones adecuadas para el uso de aceite dentro de un motor diésel; además, usa altos contenidos de azufre.

Asimismo, Hartvig (2019) con su estudio titulado: *Mecanismos de neutralización de dióxido de azufre y ácido sulfúrico en aceite lubricante para motores diésel marinos*. El objetivo investiga experimentalmente la reacción entre  $H_2SO_4$  y  $CaCO_3$  en aceite lubricante en un reactor de flujo mixto (MFR) variando la

relación molar Ca/S. La investigación tomó parámetros cuantitativos, con un diseño experimental puro, de tipo aplicada y nivel explicativo. Los resultados revelaron que el primer paso de la reacción fue la emulsificación del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el aceite lubricante, seguido de la reacción entre las gotas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solubilizadas y las micelas inversas de CaCO<sub>3</sub>. Para los tiempos de residencia investigados, se observó que la reacción entre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y CaCO<sub>3</sub> se redujo significativamente al alcanzar una relación molar Ca/S críticamente baja. Se encontró que cierto grado de agitación iniciaba y mantenía la reacción. Además, no se observó ningún efecto aparente de variar el tiempo de residencia. Diluyendo la entrada H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Por tanto se concluyó con información sobre cómo el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es neutralizado por las micelas inversas de CaCO<sub>3</sub> en la película de aceite lubricante y que el SO<sub>2</sub> no es una preocupación con respecto al consumo de CaCO<sub>3</sub>. Las herramientas desarrolladas se pueden utilizar en modelos de motores diésel marinos de dos tiempos completos, incluida la estimación de la tasa de condensación de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y la tasa de corrosión de la superficie de la camisa del cilindro por H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sin reaccionar en la emulsión de aceite lubricante, con el objetivo de determinar la lubricación óptima.

Hernández (2018) de la Universidad Politécnica de Cataluña, con su trabajo de investigación titulado: *Análisis de los sistemas de lubricación modernos de camisas de cilindros en motores marinos de baja velocidad*. El objetivo se centró en estudiar los sistemas de lubricación de los motores marinos lentos de dos tiempos diésel, especialmente los sistemas destinados a lubricar las camisas de los cilindros. El método utilizado gira en torno al paradigma cuantitativo, nivel

descriptivo, tipo básica y diseño no experimental. Los resultados evidenciaron que con el desarrollo de la electrónica de control más reciente, el sistema de lubricación por pulsos y el sistema de lubricación Alpha proporcionaron una lubricación programada con un consumo reducido de aceite lubricante para los cilindros. Al instalar estos modernos sistemas, la velocidad de alimentación se puede ajustar automáticamente con respecto a las condiciones de funcionamiento del motor, por lo que no se desperdiciará el aceite de los cilindros y las camisas de los cilindros estarán en buenas condiciones durante mucho tiempo. Se concluyó que desde el punto de vista de la operación a largo plazo del buque, el respeto al medio ambiente y la eficiencia óptima, los armadores pueden considerar equipar esos sistemas modernizados. Como los motores de los barcos modernos se construyen en combinación con la tecnología electrónica, los ingenieros marinos necesitan ser competentes en electrónica, además de conocimientos de ingeniería mecánica.

En los antecedentes nacionales se encuentra Guevara & Cayle (2021) con su estudio denominado: *Repercusiones en la lubricación de motores marinos por el uso del combustible con bajo contenido de azufre en buques mercantes*. La presente investigación tuvo como objetivo conocer cuáles son las repercusiones en la lubricación de motores marinos por el uso de combustible con bajo contenido de azufre en buques mercantes, 2021. Fue una investigación de enfoque cualitativo, tipo básica, nivel exploratorio y diseño fenomenológico. Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia considerando a 08 unidades de información (documentales) y un muestreo no probabilístico en cadena o por redes

considerando a 13 sujetos conformados por oficiales de máquinas de nivel gestión y superintendentes. Se utilizó como técnicas de recolección de datos la documentación y la entrevista, y como herramientas de recolección de datos fichas de investigación y guía de entrevista. Los resultados permitieron establecer teorizaciones sobre la lubricación en motores de dos tiempos; lubricación en motores de cuatro tiempos; y acciones para evitar daños en el motor relacionados al uso de combustible con bajo contenido de azufre y lubricación; todo ello integrado dentro de la categoría principal de análisis: Repercusiones en la lubricación de motores marinos por el uso de combustible con bajo contenido de azufre. Se concluyó estableciendo que las repercusiones en la lubricación de motores marinos por el uso de combustible con bajo contenido de azufre en buques mercantes están relacionadas principalmente con el número básico (BN), siendo los motores de dos tiempos los más afectados, por lo que se exige que fabricantes de lubricantes, manufacturadores de motores y operadores de buques respondan de manera equilibrada a las nuevas situaciones negativas que enfrenta la industria marítima.

Prada & Ulloa (2018), con su tesis titulada: *Operatividad del motor MAN B&W 5S42 MC y la relación con el tipo de aceite de cilindros en el buque M/V Dominica 2018*. El objetivo se plasmó en determinar la relación entre la operatividad del motor MAN B&W 5S42 MC y la relación con el tipo de aceite de cilindros en el buque M/V Dominica 2018. El método utilizado fue de tipo no experimental, enfoque cuantitativo, diseño descriptivo correlacional de corte transversal. Los resultados de las estadísticas descriptivas para la variable

operatividad de motor indicaron que el 62.5 % de los tripulantes están en un nivel medio, 25 % de nivel alto y 12.5 % del nivel bajo; demostrando que la mayoría tiene conocimientos intermedios. Para la variable tipo de aceites de cilindro, el 79.2 % se encontraron en el nivel medio mientras que el 20.8 % en el nivel bajo. Al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, se estableció que los datos no presentan una distribución normal ( $p$ -valor = 0.000); por lo tanto, se requirió usar la prueba no paramétrica de “Rho de Spearman”, reportándose una correlación positiva para la hipótesis general con  $p$ -valor = 0.036; al igual que la primera hipótesis con un  $p$ -valor = 0.032, estando ambos valores por debajo del nivel de significancia ( $<0.05$ ), por consiguiente se aceptan ambas hipótesis alternas. Caso contrario ocurre para la segunda hipótesis, con una correlación negativa (-0.158) y un  $p$ -valor = 0.461, mucho mayor que el nivel de significancia; por ende, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula. Se concluye que, se acepta la hipótesis general propuesta por el investigado que afirma: existe relación entre operatividad del motor MAN B&W 5S42 MC y la relación con el tipo de aceite de cilindros en el buque M/V Dominica 2018.

## **2.2. Bases teóricas**

### ***2.2.1. Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape***

**2.2.1.1. Marco Legal.** Según la OMI (2020) el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL) es el principal convenio internacional que cubre la prevención de la contaminación del medio ambiente marino por los buques por causas operacionales o accidentales.

Además; el convenio incluye normas destinadas a prevenir y minimizar la contaminación de los buques; tanto la accidental como la procedente de operaciones rutinarias, y actualmente incluye seis anexos técnicos. En la mayoría de los anexos se incluyen áreas especiales con controles estrictos sobre los vertidos operativos.

- Anexo I: Reglas para Prevenir la Contaminación por Hidrocarburos.
- Anexo II: Reglas para Prevenir la Contaminación por Sustancias Nocivas Líquidas Transportadas a Granel.
- Anexo III: Reglas para Prevenir la Contaminación por Sustancias Perjudiciales Transportadas por Mar en Bultos.
- Anexo IV: Reglas para Prevenir la Contaminación por las Aguas Sucias de los Buques.

- Anexo V: Reglas para Prevenir la Contaminación por las Basuras de los Buques.
- Anexo VI: Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica Ocasionada por los Buques.

**Anexo VI del Convenio MARPOL.** Adoptado en 1997, se restringen los principales contaminantes atmosféricos contenidos en los gases de escape de los buques, en particular las emisiones de óxido de azufre y óxido de nitrógeno, del mismo modo prohíbe las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono; las áreas de control de emisiones designadas establecen estándares más estrictos para SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas. Un capítulo adoptado en 2011 cubre medidas técnicas y operativas de eficiencia energética obligatorias destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los buques (OMI, 2020, p.1).

La Regla 13 refiere a los óxidos de nitrógeno, en él se describe que el “26 de septiembre de 1997 se aprobó junto a la modificación del MARPOL 73/78, el código técnico relativo al control de emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diésel marinos” (Ingeniero Marino, 2020, párr.4).

Adicionalmente, a partir del 19 de mayo de 2005 entró en vigor el Anexo VI del convenio MARPOL, titulado: “*Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques*”. “Esto involucra a todos los motores diésel marinos a los que la regla 13 de ese anexo cita, esto significa que todos los

motores diésel marinos deben ajustarse a los límites en emisiones fijados por el código” (Ingeniero Marino, 2020, párr.6).

En cuanto al “reconocimiento de certificación previa que garantice que el motor, conforme a su proyecto y equipo, se ajusta al límite aplicable de emisión de NO<sub>x</sub> indicado en el apartado de Óxidos de NO<sub>x</sub>” (Ingeniero Marino, 2020, p.8). Si los reconocimientos confirman que el motor se acopla a dicho límite, las administraciones expedirán un Certificado EIAPP (Engine International Air Pollution Prevention); “reconocimiento inicial de certificación que se realizará a bordo después de instalar el motor pero antes de que éste entre en servicio. Este reconocimiento podrá conducir a la expedición del Certificado IAPP” (International Air Pollution Prevention) (Ingeniero Marino, 2020, p.10); o a una modificación del Certificado IAPP válido del buque, para que conste la instalación de un nuevo motor.

En consecuencia el autor destaca que los “reconocimientos intermedios, anuales y de renovación, se llevarán a cabo como parte de los reconocimientos del buque prescritos” (Ingeniero Marino, 2020, p.13; a fin de garantizar que el motor sigue dando cumplimiento cabal a las prescripciones del código suscitado. El reconocimiento inicial de certificación del motor que se llevará a cabo en el buque cada vez que el motor sea objeto de un cambio importante, con el propósito de brindar garantías al motor, y este a su vez se ajuste al límite aplicable de emisiones de NO<sub>x</sub>. Como resultado se expedirá, si fuera el caso, un Certificado EIAPP y a la modificación del Certificado IAPP.

Respecto a la aplicación; la normativa se aplicará a:

1. Todos los motores diésel marino con una potencia de salida superior a 130 kW.
2. Todos los motores diésel marino con una potencia de salida superior a 130 kW que haya sido objeto de una transformación importante el 1 de enero de 2000 o posteriormente.

Continuando con los conceptos establecidos por la OMI (2020), se mencionan los grados de “control según la fecha de construcción del buque, término definido en la regla 2.19, así como, en la regla 2.2, y según un determinado nivel, cuyo valor límite máximo se determina a partir del régimen nominal del motor” (p.12). De igual manera se mencionan los niveles Tier; por ejemplo, “los controles de nivel III sólo se aplican a buques específicos mientras navegan en las zonas de control de emisiones (ECA) establecidas para limitar las emisiones de NO<sub>x</sub>; fuera de dichas zonas se aplican controles de nivel II” (p.14). Empero, todo motor diésel marino que se instale “en un buque construido a partir del 1 de enero de 2016 y que navegue en la zona ECA de Norteamérica y Mar del Caribe de los Estados Unidos deberá cumplir lo dispuesto en las normas de nivel III” (OMI, 2020, párr.3); acerca de las muestras de NO<sub>x</sub>. Basado en los fundamentos de Ingeniero Marino (2020) se presentan los siguientes parámetros:

- **Tier I (nivel 1)**

Se prohíbe el funcionamiento de todo motor diésel marino instalado en un “buque construido (salvo en las excepciones antes mencionadas) entre el 1 de enero de 2000 y el 1 de enero 2011, a menos que la cantidad de óxidos de nitrógeno emitidos por el motor se encuentren dentro de los límites” (p.32). [n] es el régimen nominal del motor(revoluciones por minuto del cigüeñal).

1. 17 g/kWh si “n” es inferior a 130 rpm.
2.  $45 \cdot n^{(-0.2)}$  si “n” es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2000 rpm.
3. 9,8 g/kWh si “n” es igual o superior a 2000 rpm.

- **Tier II (nivel 2)**

Se prohíbe el funcionamiento de todo “motor diésel marino instalado en un buque construido (salvo en las excepciones antes mencionadas) el 1 de enero 2011 o posteriormente, a menos que la cantidad de óxidos de nitrógeno emitidos por el motor se encuentren dentro de los límites” (p.47). [n] es el régimen nominal del motor(revoluciones por minuto del cigüeñal).

1. 14,4 g/kWh si “n” es inferior a 130 rpm.
2.  $44 \cdot n^{(-0.2)}$  si “n” es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2000 rpm.
3. 7,7 g/kWh si “n” es igual o superior a 2000 rpm.

- **Tier III (nivel 3)**

Se prohíbe el funcionamiento de todo “motor diésel marino instalado en un buque construido (salvo en las excepciones antes mencionadas) el 1 de enero 2016 o posteriormente, a menos que la cantidad de óxidos de nitrógeno emitidos por el motor se encuentren dentro de los límites” (p.48).

1. 3,4 g/kWh si  $\langle n \rangle$  es inferior a 130 rpm.
2.  $9 \cdot n^{(-0.2)}$  si “n” es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2000 rpm.
3. 2,0 g/kWh si “n” es igual o superior a 2000 rpm.

**Figura 1**

*Parámetros del Tier*

Nivel	Fecha de construcción del buque	Valor límite de emisión ponderada total del ciclo (g/kWh)		
		n = régimen nominal del motor (rpm)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 enero 2000	17.0	$45 \cdot n^{(-0.2)}$ por ejemplo, 720 rpm – 12.1	9.8
II	1 enero 2011	14.4	$44 \cdot n^{(-0.23)}$ por ejemplo, 720 rpm – 9.7	7.7
III	1 enero 2016*	3.4	$9 \cdot n^{(-0.2)}$ por ejemplo, 720 rpm – 2.4	2.0

Fuente: (Ingeniero Marino, 2020).

Regla 14: Óxidos de Azufre. Los controles de las emisiones de SO<sub>x</sub> y de materia particulada se aplican a los equipos y los dispositivos de combustión de

todo tipo de fueloil, “según la definición que figura en la regla 2.9, instalados a bordo y, por tanto, incluyen tanto a los motores principales como a los auxiliares, así como a elementos tales como calderas y generadores de gas inerte” (OMI, 2020, párr.7). Estos controles se dividen entre los que se aplican en las zonas de control de emisiones (ECA) y los controles que se aplican fuera de esas zonas y que se consiguen poner en práctica principalmente mediante la limitación del contenido máximo de azufre del fueloil cargado, transportado y posteriormente consumido a bordo. “Estos límites de contenido de azufre en el fueloil (expresados en % masa/masa, vale decir, en peso) están sujetos a una serie de cambios por etapas a través de los años, según lo dispuesto en las reglas 14.1 y 14.4” (OMI, 2020, párr.9).

**Tabla 1**

*Límites del porcentaje de azufre*

Fuera de una zona ECA establecida para limitar las emisiones de SOx y de materia particulada	En una ECA establecida para limitar las emisiones de SOx y de materia particulada
4,50% masa/masa antes del 1 de enero de 2012	1,50% masa/masa antes del 1 de julio de 2010
3,50% masa/masa a partir del 1 de enero de 2012	1,00% masa/masa a partir del 1 de julio de 2010
0,50% masa/masa a partir del 1 de enero de 2020	0,10% masa/masa a partir del 1 de enero de 2015

*Fuente:* OMI (2020).

En consecuencia, en la regla 14 se establecen los valores límite y los medios para cumplirlos. El primer nivel de control se relaciona con el contenido real de azufre del fueloil transportado, el cual a nivel mundial a partir del 01 de enero del 2020 es 0.5% masa/masa. “Sin embargo, existen otros medios por los que se podrían alcanzar niveles equivalentes de control de emisiones de SO<sub>x</sub> y de materia particulada, tanto fuera como dentro de una zona ECA” (OMI, 2020, p.9).

Estos pueden dividirse en “métodos denominados primario (en el que se evita la formación del contaminante) o secundario (en el que se forma el contaminante, pero posteriormente se elimina en cierto grado antes de descargar a la atmósfera la corriente del gas de escape)” (OMI, 2020, p.10). Asimismo, “en la regla 4.1 se permite la aplicación de estos métodos, a reserva de ser autorizados por la Administración. A la hora de aprobar estos equivalentes la Administración de que se trate deberá tener en cuenta las directrices pertinentes” (OMI, 2020, p.11).

Respecto de los métodos de control secundarios, se han adoptado directrices; resolución MEPC.259 (68) sobre los sistemas de limpieza de los gases de escape, siendo que la corriente del gas de escape se somete a lavado con agua antes de su descarga a la atmósfera, y al usar tales mecanismos no habría ninguna restricción respecto del contenido de azufre del fueloil transportado distinta de la establecida por la certificación del sistema.

Referente a los depuradores, la OMI (2020) permite todos los tipos según las normas establecidas. Siempre y cuando alcancen el mismo nivel de reducción de emisiones. La regla 4 del Anexo VI del convenio MARPOL permite que las Administraciones (Estados del pabellón) aprueben “equivalentes”: cualquier accesorio, material, dispositivo o aparato que se instalará en un buque u otros procedimientos, combustibles alternativos o métodos de cumplimiento utilizados como alternativa a la exigida, y permite cumplir los mismos estándares de control de emisiones.

Para la reducción de las emisiones de óxido de azufre, los Estados del pabellón han aceptado y aprobado depuradores, también conocidos como “Sistemas de limpieza de gases de escape” (EGCS), que cumplen los requisitos para la reducción de óxido de azufre. Siendo este un recipiente que permite que el flujo de gases de escape desde los motores o calderas sea mezclado bien con el agua tanto agua dulce como agua salada. Por razones de espacio disponible y acceso, las unidades de limpieza de gases de escape suelen ser situadas arriba del todo en el buque o alrededor del área del guardacalor (Sin, 2014.p.33).

**EEDI.** El índice de diseño de eficiencia energética (EEDI) se hizo obligatorio para los buques nuevos y el Plan de Gestión de la Eficiencia Energética de los buques (SEEMP) para todos los buques en el MEPC 62 (julio de 2011) con la adopción de enmiendas al Anexo VI de MARPOL, resolución MEPC.203 (62), por las Partes en el Anexo VI de MARPOL. Este fue el primer tratado sobre cambio climático legalmente vinculante que se adoptó desde el Protocolo de Kioto.

“El EEDI para buques nuevos es la medida técnica más importante y tiene como objetivo promover el uso de equipos y motores más eficientes energéticamente (menos contaminantes)” (Human Environment and Transport, 2013, p.42). El nuevo diseño de los barcos debe cumplir con el nivel de referencia para su tipo de barco. El nivel se “ajustará gradualmente cada cinco años, por lo que se espera que el EEDI estimule la innovación continua y el desarrollo técnico de todos los componentes que influyen en la eficiencia del combustible de un buque desde su fase de diseño” (Human Environment and Transport, 2013, p.44).

Por tanto, se afirma que el EEDI es un mecanismo no prescriptivo basado en el rendimiento que deja a la industria la elección de las tecnologías a utilizar en un diseño de buque específico. Siempre que se alcance el nivel de eficiencia energética requerido, los diseñadores y constructores de barcos son libres de utilizar las soluciones más rentables para que el barco cumpla con las regulaciones.

Según Human Environment and Transport (2013) las tecnologías innovadoras de eficiencia energética se asignan a la categoría (A), (B) y (C), en función de sus características y efectos a la fórmula EEDI. Además, las tecnologías innovadoras de eficiencia energética de categoría (B) y (C) se clasifican en dos subcategorías (categoría (B-1) y (B-2), y (C-1) y (C-2), respectivamente.

**EEXI (Índice de Eficiencia Energética de Buques Existentes).** El 17 de junio de 2021, la OMI adoptó enmiendas al Anexo VI de MARPOL en MEPC 76, introduciendo las reglas 23 y 25, el índice de eficiencia de los buques existentes (EEXI), y la regla 28, el requisito de reducir la intensidad de carbono operacional a través del indicador de intensidad de carbono (CII) (Lloyd's Register, 2021).

Por otra parte, Verifavia-Shipping (s.f.) señala que el índice de eficiencia energética de los buques existentes (EEXI) forma parte del enfoque técnico adoptado por la OMI para mejorar la eficiencia operativa de los buques existentes. En la búsqueda de lograr los objetivos de reducción de GEI (gases de efecto invernadero) y eventualmente hacer que el transporte marítimo sea Carbono Neutral. En ese sentido la Organización Marítima Internacional (OMI) ha desarrollado esta nueva extensión del índice de diseño de EEDI para los barcos existentes que se construyeron antes de 2013 que considera solo los parámetros de diseño de los barcos y no los factores operativos.

En adición a los conceptos suscitados, NAPA Shipping Solutions (2021) agrega que el EEXI es hermano del EEDI, (Energy Efficiency Design Index), que rige desde 2013. Estos índices miden lo mismo en la práctica; sin embargo, el EEDI se aplica a los buques nuevos, mientras que el EEXI se aplica a los buques existentes. La regulación EEXI es una de las medidas más importantes de la OMI para promover tecnologías más respetuosas con el medio ambiente y reducir la huella de carbono de la industria naviera.

Los buques afectados por EEXI deben demostrar el cumplimiento mediante su próxima inspección (anual, intermedia o de renovación) del certificado internacional de prevención de la contaminación del aire (IAPPC), o la inspección inicial antes de que el buque entre en servicio para que se emita el certificado internacional de eficiencia energética (IEEC). La entrada en vigor será el 1 de noviembre de 2022 (NAPA Shipping Solutions, 2021).

Por consiguiente, la forma más fácil de reducir el índice de eficiencia energética es reducir la potencia del motor, ya que el consumo de combustible y las emisiones de los buques, respectivamente, aumentan a medida que aumenta la velocidad. Por lo tanto, la navegación lenta es una forma más eficiente en carbono para transportar mercancías. Otras soluciones para reducir el EEXI incluyen la modernización de tecnologías limpias, como baterías, sistemas de recuperación de calor residual, tecnología de lubricación por aire, propulsión asistida por viento o el uso de combustibles bajos o sin carbono.

Es importante mencionar los aspectos del cumplimiento, Marine & Offshore (2021) indican que los armadores y administradores de embarcaciones deben prepararse con anticipación para los requisitos de EEXI y CII, tomándose el tiempo necesario para evaluar y mejorar sus embarcaciones según sea necesario. Esto es crucial para garantizar que los buques estén listos para el 1 de enero de 2023, a fin de obtener los certificados adecuados que les permitan continuar navegando comerciando internacionalmente (p.2).

Para lograr el cumplimiento de EEXI, los buques pueden someterse a una evaluación preliminar, luego obtener la aprobación de los archivos técnicos preliminares y obtener una declaración de cumplimiento. La verificación del EEXI del buque se realizará después del 1 de enero de 2023, en el primer reconocimiento anual, intermedio o de renovación del buque para su Certificado Internacional de Eficiencia Energética (IEEC) (Verifavia-Shipping, s.f.).

En cuanto a su aplicación, CIMAC (International Council on Combustion Engines, 2022) señala que EEXI es un requisito obligatorio que se aplica a los buques de más de 400 TRB que operen en aguas internacionales que estén sujetos al esquema de inspección y certificación existente según la regla 19 del Anexo VI de MARPOL, como EEDI.

Por último, se debe emitir un expediente técnico EEXI para la mayoría de los tipos de buques, excepto para los buques que ya se construyeron de acuerdo con los requisitos de la Fase 2 o 3 del EEDI en el pasado. El Expediente Técnico EEXI incluye el cálculo del EEXI obtenido, el cual debe estar por debajo de un valor EEXI requerido. Este valor EEXI requerido se define para diferentes tipos de buques, con tasas de reducción relacionadas con la curva de referencia EEDI. Estas tasas de reducción están en el rango de las tasas de reducción de EEDI relacionadas con las Fases 2 y 3, lo que significa que el EEXI requerido está casi de acuerdo con los requisitos para las nuevas construcciones actuales (Maritime Cyprus, 2021).

### 2.2.1.2. Generalidades.

**Motor marino de 2 tiempos.** La energía mecánica es indispensable para poner “en funcionamiento las diferentes máquinas, esta energía se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La más utilizada es la energía térmica que se obtiene de la quema de los combustibles de naturaleza orgánica tales como los hidrocarburos” (Rafael & Hernández, 2014, p.53). Los dispositivos que convierten la energía térmica en trabajo incluyen motores de combustión interna, que consumen el 80 por ciento de la energía de hidrocarburos del mundo. “Los motores de combustión interna transforman la energía térmica del combustible en trabajo útil. Un motor de combustión interna tiene como propósito la producción de trabajo mecánico a partir de la energía química contenida en un combustible” (Rafael & Hernández, 2014, p.54). En los motores de combustión interna la energía es liberada por la quema u oxidación del combustible dentro del motor (Rafael & Hernández, 2014).

De igual modo, los motores de dos tiempos se definen como el grupo de motores alternativos de combustión interna que tienen una carrera de combustión en cada segunda carrera, o en otras palabras, cada cilindro tiene una carrera de potencia en cada revolución del cigüeñal. Los motores diésel de cruceta de dos tiempos también se denominan motores de baja velocidad o de gran diámetro. En general, los motores de baja velocidad se definen como motores que tienen una velocidad de rotación inferior a 300 rpm (CIMAC, 2017).

Asimismo, los motores de dos tiempos se utilizan comúnmente como motor de propulsión principal en barcos y, a veces, se utilizan para plantas de generación de energía en tierra. El principal beneficio de utilizar un motor de cruceta de dos tiempos en los barcos es que una hélice de alta eficiencia se puede acoplar directamente al motor sin la necesidad de un sistema de transmisión. Esto permite un diseño compacto y económico y el motor puede arrancarse hacia adelante o hacia atrás para permitir las maniobras de la embarcación.

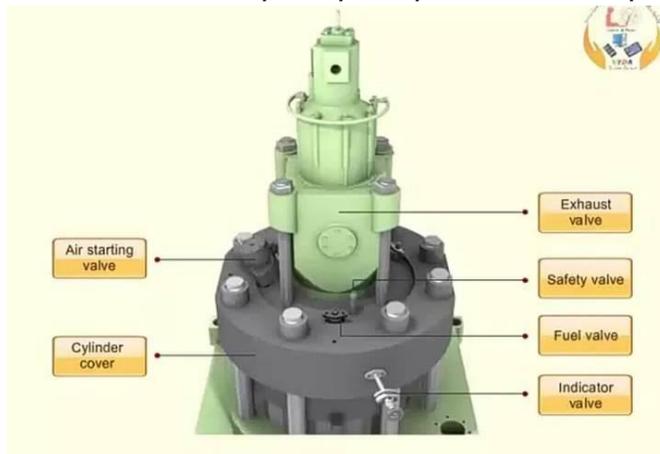
A continuación se describen algunas partes esenciales del motor marino, tomando como referencia el “Machinery Operating Manual Castillo de Caldelas”, (2016).

Culata: Tiene un orificio central para la válvula de escape, el cual es de vital importancia para la eliminación de los gases de escape; dichas válvulas de escape están montadas con espaciadores y se unen por medio de cuatro pernos con tuercas tubulares a cada cilindro del motor. Además, la cubierta tiene otros orificios, para las válvulas de arranque, los cuales por medio de aire a alta presión logran romper la inercia de las piezas del motor para así darle el arranque, ya sea hacia adelante o hacia atrás. La válvula de seguridad, la cual se activará cuando haya una sobrepresión dentro de la cámara de combustión, los inyectores, que se encargan de atomizar el combustible a quemar para producir la combustión y las purgas, usadas para liberar los gases dentro del motor, hacer diagramas de monitoreo, detectar fugas de agua de refrigeración, etc.

Una camisa de enfriamiento está ubicada en la parte inferior de la culata, por la cual se forma un espacio de agua de enfriamiento y otro alrededor del asiento de la válvula de escape, cuando se instala la válvula de escape. Estos dos espacios se comunican a través de una gran cantidad de orificios oblicuos/radiales en la superficie.

## Figura 2

*Culata de una máquina principal de dos tiempos*



*Fuente:* <https://theindianmariners.com/mountings-on-main-engine-cylinder-head/>

Pistón: El pistón consta de dos partes principales; corona de pistón y la Falda de pistón. La corona del pistón se aprieta al extremo superior del vástago del pistón y la falda del pistón se aprieta a la cabeza del pistón. La cabeza del pistón está provista de 4 ranuras cromadas; el nº 1 es un anillo de alivio de presión controlado (CPR), los segmentos de pistón nº 2, 3 y 4 tienen cortes oblicuos (nº 3 a la derecha y el nº 2 y 4 a la izquierda) en todo su perímetro, y con unas más pequeñas para el montaje de herramientas de elevación. Su función consta de

presurizar el aire que ingresa de las lumbreras de admisión para así llegar al punto muerto superior y reaccionar con el combustible para que se produzca la llamada combustión.

### Figura 3

*Pistón y anillos de pistón de una máquina principal de dos tiempos*



Fuente: <https://www.shutterstock.com/es/video/clip-1024109000-piston-near-diesel-engine-ship>

Stuffing Box o Prensaestopa: Esta ubicado en el vástago del pistón, entre el espacio de aire de barrido y el cárter. Está diseñado para evitar que el aceite lubricante del cárter pase hacia el espacio de aire de barrido y que los gases producidos por la combustión pasen al lado del cárter. La carcasa de la prensaestopa consta de dos partes que se atornillan entre sí.

El aceite que se raspa del vástago del pistón se devuelve al cárter a través de orificios en la carcasa de la prensa estopa y un tubo que se encuentra en la ranura superior del anillo rascador se comunica con un embudo de control en el

exterior del motor. Este embudo proporciona un medio para comprobar que los anillos de sellado y raspadores funcionen correctamente o para hacer pruebas de barrido y análisis de TBN y hierro.

#### **Figura 4**

*Prensaestopa de una máquina principal de dos tiempos*



*Fuente: <https://marineinbox.com/marine-exams/stuffing-box/>*

La camisa del cilindro: Está equipada con una camisa de refrigeración, el agua de refrigeración se suministra en la parte inferior de la camisa. En los revestimientos de tipo simple, el agua continúa directamente a la parte superior de la camisa de enfriamiento, mientras que, en el revestimiento de tipo enfriado por orificio, el agua pasa primero a través de los orificios de enfriamiento. Desde la parte superior de la camisa de refrigeración, el agua fluye a través de las conexiones de agua a la camisa de refrigeración en la parte inferior de la culata. Las fugas de agua de refrigeración se evitan mediante anillos de goma de silicona. Sirve como guía del pistón y esta lubricada por un sistema de aceite de cilindros, para mantener lubricada la tribología (Pistón, camisa y anillos).

## Figura 5

*Camisa del cilindro de una máquina principal de dos tiempos*



Fuente: [http://www.shippingonline.cn/ship\\_supply/spare\\_parts\\_list.asp?page=29&bid=1&sid=&bn=diesel%20engine&sn =](http://www.shippingonline.cn/ship_supply/spare_parts_list.asp?page=29&bid=1&sid=&bn=diesel%20engine&sn=)

Colector de aire de barrido y Lumbreras de admisión: El colector de aire de barrido es un contenedor de gran volumen que está ubicado a la altura de los cilindros; el aire después de pasar por el turbocompresor tiene que pasar por el enfriador, el colector de agua nebulizada y las válvulas de seguridad, para así ingresar a las lumbreras de admisión, el cual está ubicada en la parte baja de la camisa, está provista de una serie de puertos de aire de barrido, que quedan al descubierto por el pistón cuando está en su punto muerto inferior. Los puertos de aire de barrido están perforados en un ángulo oblicuo al eje de la camisa del cilindro para dar al aire de barrido un movimiento giratorio en el cilindro.

## Figura 6

*Colector de aire de barrido y Lumbreras de admisión de una máquina principal de dos tiempos*



Fuente: <https://www.facebook.com/1496805960571649/posts/scavenge-port-inspectioncarrying-out-an-inspection-in-the-scavenge-space-of-a-la/2611006785818222/>

**Corrosión por Frío.** El azufre es un elemento que se encuentra naturalmente en el petróleo crudo. Su nivel está indicado por el contenido de azufre que se encuentra en la corriente de combustible residual obtenida durante el proceso de refinación del crudo. El azufre en el combustible actúa como un aditivo EP (extrema presión) natural, proporcionando una lubricidad inherente al combustible que pasa por los inyectores y las bombas (Marine Insight, 2019).

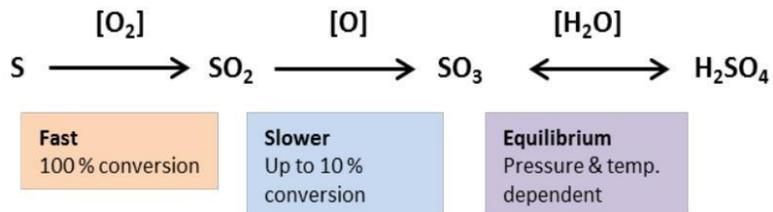
Según CIMAC (2017) durante la combustión, todo el azufre en el combustible se oxida al dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Esta reacción es rápida, por lo tanto, se puede suponer que todo el azufre se convierte en  $\text{SO}_2$ . Una pequeña

cantidad de  $\text{SO}_2$  se oxida aún más, formándose trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ). Dependiendo del diseño del motor, las condiciones de ajuste y operación (carga, azufre de combustible, condiciones ambientales, etc.) hasta el 10% de  $\text{SO}_2$  se oxidan a  $\text{SO}_3$  durante la combustión.

Asimismo, el aire de barrido que ingresa por la cámara de barrido a cada cilindro de la máquina principal se condensa, ya que dentro de los cilindros se generan condiciones debajo del punto de rocío, formándose partículas de agua, que con la mezcla de gas formada ( $\text{SO}_3$ ) durante la combustión, da como resultado una fase líquida, que consiste en ácido sulfúrico acuoso.

### Figura 7

*Proceso de formación de ácido sulfúrico acuoso*



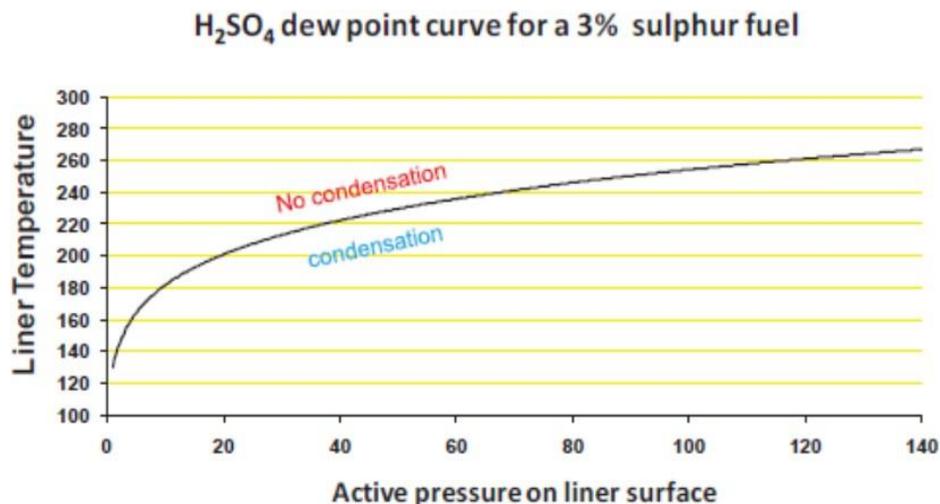
*Fuente:* CIMAC (2017).

Dado que la pared del cilindro siempre tiene la temperatura más baja, se produce una condensación de ácido sulfúrico acuoso en la superficie del revestimiento. Durante el proceso de eliminación, la condensación en la interfaz de aire/escape también puede ser posible. Las temperaturas más bajas del revestimiento están asociadas con el vapor lento y el diseño modificado del motor,

mientras las presiones más altas se asocian con las mejoras de eficiencia del motor, ambos factores aumentan la probabilidad de inicio de la corrosión en frío.

**Figura 8**

*Curva de punto de rocío del ácido sulfúrico*



*Fuente:* Gulf Marine (s.f.).

**Sistema de Limpieza de Gases de Escape.** El contenido actual de azufre en el combustible, que entro en vigor desde el 1 de enero del 2020, es de 0.50% m/m fuera de las áreas de control, haciéndose obligatorio por una enmienda del anexo VI del convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL). Además, se continúa la misma cantidad estricta dentro de las áreas específicas de control de emisiones designadas (OMI, 2020, párr.4).

En razón del presente estudio, se hace mención buques que usen un combustible con alto contenido de azufre, la OMI (2020) indica que las

regulaciones del convenio MARPOL limitan el contenido de azufre en el fueloil. Esto significa que los barcos deben usar fueloil que es inherente lo suficientemente bajo en azufre, o instalar un método “alternativo” de escape apropiado, para cumplir con los requisitos de la OMI.

El uso de combustibles bajos en azufre (0.5% m/m) resultará en una menor contaminación, pero si se quiere seguir usando combustible con alto contenido de azufre (3,50 % S) como primera contramedida, será aceptable cuando se utilizan equipos de limpieza de gases de escape (es decir, depuradores), siempre que los niveles de emisiones de chimenea ( $\text{SO}_x$ ) sean equivalentes o inferiores a los producidos por los combustibles estipulados por los límites globales y de ECA (Alfa Laval, 2018).

En cuanto a los depuradores o sistemas de limpieza de gases de escape (EGCS), Marine Insight (2020) señala que se utilizan para eliminar partículas y componentes nocivos, como óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) de los gases de escape generados como resultado de los procesos de combustión en motores marinos. Estos sistemas de depuración se han desarrollado y empleado para tratar los gases de escape de motores, motores auxiliares y calderas, en tierra y a bordo de embarcaciones marinas, para garantizar que los productos químicos tóxicos no dañen la vida humana ni el medio ambiente.

Bajo ese orden de ideas, se describe el principio operativo del sistema depurador; el cual señala que las corrientes de gases de escape pasan al interior

del depurador donde está presente un material de depuración alcalino para neutralizar la naturaleza ácida de los gases de escape y eliminar cualquier materia particulada del escape. Asimismo, el material de lavado usado se recoge luego con agua de lavado que puede almacenarse o eliminarse inmediatamente como efluente. El escape limpio sale del sistema y pasa a la atmósfera. El material de depuración se elige de manera que impurezas específicas como  $\text{SO}_x$  o  $\text{NO}_x$  puedan eliminarse mediante reacciones químicas adecuadas.

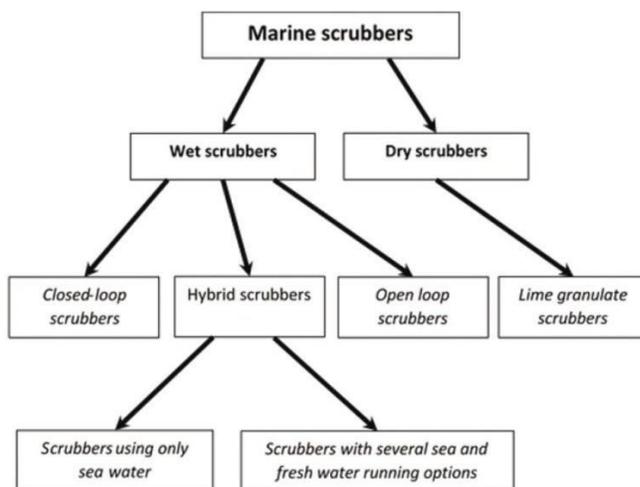
Sin embargo, para la desulfuración, los depuradores marinos utilizan cal o soda cáustica de manera que después del tratamiento se producen sales a base de azufre, que pueden descargarse fácilmente ya que no representan una amenaza para el medio ambiente. Los depuradores pueden utilizar agua de mar, agua dulce con adsorbentes de calcio/sodio añadidos o gránulos de cal hidratada como medio de depuración debido a su naturaleza alcalina.

Por consiguiente, para aumentar el tiempo de contacto entre el material de depuración y el gas, en el interior de los depuradores se utilizan lechos compactos formados por reactivos de eliminación de gases contaminantes (como la piedra caliza). Estos lechos empacados ralentizan el flujo vertical de agua dentro de los lavadores e intensifican el enfriamiento de los gases de escape y el proceso de neutralización del agua ácida. Los depuradores están diseñados para maximizar la absorción de los gases que pasan a través de ellos.

Clasificación de los depuradores marinos: En función de su funcionamiento, los depuradores marinos se pueden clasificar en depuradores húmedos y secos. Los depuradores secos emplean cal sólida como material de depuración alcalino que elimina el dióxido de azufre de los gases de escape. Los depuradores húmedos utilizan agua que se rocía en los gases de escape con el mismo propósito. Los depuradores húmedos se clasifican además en depuradores de circuito cerrado o de circuito abierto. En los depuradores de circuito cerrado, se puede utilizar agua dulce o agua de mar como líquido de depuración. Cuando se utiliza agua dulce en lavadores de circuito cerrado, la calidad del agua que rodea al barco no tiene ningún efecto sobre el rendimiento y las emisiones de efluentes del lavador. Los depuradores de circuito abierto consumen agua de mar en el proceso de depuración.

**Figura 9**

*Clasificación de los tipos de “scrubber” basado en su principio operacional*



*Fuente:* <https://www.marineinsight.com/tech/understanding-hot-cold-corrosion-marine-engines/>

Por último, los lavadores híbridos pueden utilizar los modos de funcionamiento cerrado y abierto al mismo tiempo o cambiando entre los dos. Los depuradores híbridos de agua de mar pueden funcionar tanto en modo cerrado como abierto con agua de mar utilizada como medio de depuración.

### **2.2.1.3. Factores que contribuyen a la corrosión por frío.**

**Vapor Lento.** La navegación a vapor lento ha sido adoptada por la comunidad naviera mundial desde 2007 con un enfoque cada vez mayor. Los motores de la flota mundial se construyeron para funcionar constantemente a plena carga, lo que normalmente no es el patrón operativo óptimo en la actualidad. Esto constituye un desafío para los operadores con el fin de maximizar su desempeño y competitividad bajo estas nuevas condiciones de mercado (MAN Prime, 2012).

Asimismo, Xchange (2019) propone que la navegación lenta se da cuando hay una reducción deliberada en la velocidad de crucero de una embarcación marítima. Esta desaceleración intencional de una embarcación se realiza principalmente para reducir el consumo de combustible y la contaminación por emisiones ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$ ), adaptándose de esa manera para el cumplimiento de las normativas actuales, así como con la normativa EEXI Y CII que se pondrá en vigor el 2023.

Según NAPA (2021); es la forma más fácil de su cumplimiento; ya que el consumo de combustible y las emisiones de los buques, respectivamente, aumentan a medida que aumenta la velocidad. La potencia de propulsión; las emisiones de CO<sub>2</sub>, es aproximadamente proporcional al cubo de la velocidad. Esto significa que reducir la velocidad en un 20 % puede reducir el CO<sub>2</sub> emitido en un 50 %. La navegación lenta, por lo tanto, es una forma más eficiente en carbono para transportar mercancías.

Cuando un barco navega lento, reduce su velocidad entre 12 y 19 nudos. Esto a veces puede significar la mitad de la velocidad normal de 20 a 24 nudos. Sin embargo, trabajar de esta manera trae consigo una serie de consecuencias, las cuales requieren una serie de investigaciones. Una de estas se da en los motores principales de los barcos (Xchange, 2019).

Se destaca que optimizar un motor para un mejor SFOC (Specific Fuel Oil Consumption) con una carga más baja significa esencialmente aumentar la presión de encendido. Esto se obtiene aumentando la presión del aire de barrido y, por lo tanto, la presión de compresión, al mismo tiempo que se avanza en la sincronización de la inyección de combustible. Las presiones, por supuesto, tienen que estar dentro de la ventana permitida con vistas a la carga mecánica del motor.

Con cargas más bajas, también las temperaturas de las paredes de las camisas de los cilindros son algo más bajas. El régimen de mayor presión, junto con la menor temperatura del revestimiento, mejora la condensación. La atmósfera

en el cilindro contiene  $\text{SO}_x$  del azufre en el combustible, se disuelve en el agua de condensación en la pared de la camisa del cilindro, convirtiéndolo en ácido sulfúrico, lo que da como resultado la corrosión, conocida como corrosión en frío de la camisa del cilindro y los anillos del pistón (Maersk Fluid Technology, s.f.).

El efecto se vuelve cada vez más dañino a medida que la superficie de los anillos del pistón pierde integridad y, como resultado, se emiten partículas que provocan una abrasión severa de los anillos y las camisas. Como consecuencia, la probabilidad de desgaste por adherencia (scraping) aumenta considerablemente, entre otras.

Por lo tanto, una de las recomendaciones al operar a baja carga es utilizar un aceite de cilindro de alta alcalinidad (BN) en combinación con una velocidad de alimentación adecuada para una operación de baja carga. Se recomiendan inspecciones frecuentes del espacio de barrido, anillos de pistón (roturas, incrustaciones y falta de elasticidad), camisas y pistón (en caso de exceso o falta de lubricación y rozaduras) y análisis de aceite de drenaje de barrido para garantizar un funcionamiento satisfactorio del motor con bajas tasas de corrosión y desgaste.

No obstante, de acuerdo a las investigaciones las averías por corrosión en frío no ocurren durante la navegación lenta en sí, sino cuando el motor vuelve a funcionar en el rango normal. Por ello, para evitar averías cuando el motor principal se vuelve a poner en modo de funcionamiento normal, se deben llevar a

cabo ciertas precauciones y rutinas con diligencia durante la navegación lenta tales como:

- Mantener el agua de enfriamiento de chaqueta a una temperatura óptima, la cual en la actualidad se puede controlar con el LDCL, evitando así la corrosión en frío.
- Revisar la tasa de alimentación, la cual en esta circunstancia es más baja, por lo que un aceite de cilindro más adecuado con un BN (número base) más alto puede proteger contra problemas de corrosión.
- Tener cuidado que la temperatura de escape después del cilindro caiga por debajo de los 250 °C. Esta cifra es particularmente importante ya que la temperatura descenderá aún más después de la extracción de calor en la caldera de escape, causando corrosión por frío.
- Evite la condensación de agua en los enfriadores de aire y mantenga la temperatura del aire de barrido entre 40 y 45 °C.

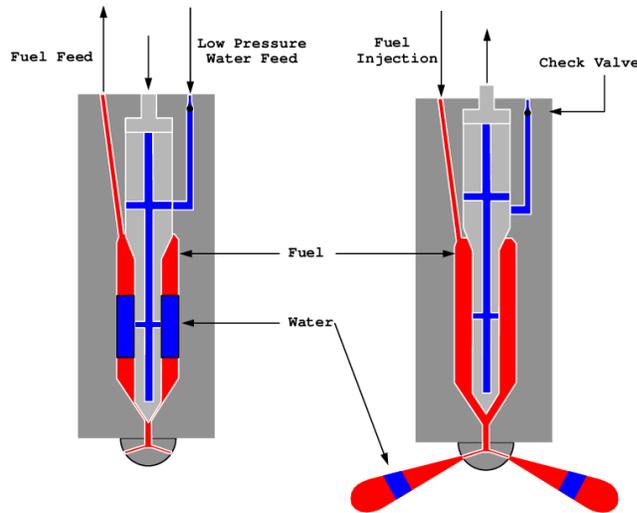
**Modificaciones Nuevas.** Respecto a las nuevas tecnologías que se han desarrollado para el cumplimiento de la regulación de emisiones de NO<sub>x</sub>, y para alcanzar las condiciones de navegación más eficientes energéticamente (Directrices EEDI). Se menciona que dichos factores contribuyen de manera directa o indirectamente al riesgo de aumentar la corrosión ácida.

La introducción de agua (por inyección directa de agua o mediante el uso de una emulsión de combustible y agua) es una forma de disminuir las emisiones

de  $\text{NO}_x$ . Sin embargo, la introducción de agua puede reducir la temperatura de la cámara de combustión y así aumentar el riesgo de condensación de ácido.

**Figura 10**

*Inyección directa de agua*

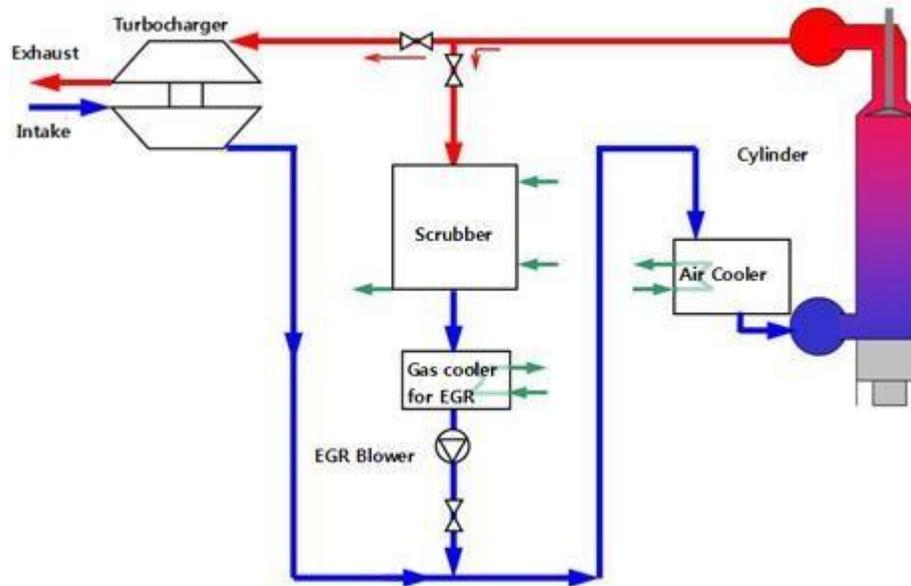


Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Operation-of-a-typical-Fuel-Water-Injection-system\\_fig3\\_253627465](https://www.researchgate.net/figure/Operation-of-a-typical-Fuel-Water-Injection-system_fig3_253627465)

El sistema EGR (recirculación de gases de escape), otra forma de disminuir las emisiones de  $\text{NO}_x$ , incorpora componentes ácidos a la mezcla de aire y también afecta la temperatura en la cámara de combustión. La temperatura máxima de combustión disminuye, así como la temperatura del revestimiento, por lo que nuevamente aumenta el riesgo de condensación ácida.

**Figura 11**

*Recirculación de gases de escape*



Fuente: [https://global.kawasaki.com/en/corp/newsroom/news/detail/20120517\\_2e.html](https://global.kawasaki.com/en/corp/newsroom/news/detail/20120517_2e.html)

Por otra parte, para alcanzar la mejor eficiencia energética y para adaptarse a las prácticas de vapor lento, los fabricantes de motores están diseñando motores modernos de tamaño reducido, con una carrera súper larga. En general, la presión del cilindro y la presión máxima se han incrementado a carga parcial, lo que exige una optimización de la temperatura de la superficie del revestimiento del cilindro. El estrés térmico y las restricciones de presión son más graves, lo que puede conducir a un mayor riesgo de corrosión en frío.

Estas modificaciones pueden incluir:

- Corte del turbocompresor.

- Anillos de boquilla de turbocompresor variables instalados.
- Válvula de derivación de gases de escape instalada.
- Cambios en la puesta a punto del motor.

#### **2.2.1.4. Métodos de Prevención de la Corrosión por Frío.**

**Sistema de Lubricación de Cilindros.** Según Man Diesel & Turbo (2014) el aceite de cilindros es esencial para el motor de dos tiempos. Los aceites para cilindros de hoy en día se fabrican con una química compleja y, por lo tanto, se debe evaluar la tasa de alimentación individual para cada marca de aceite, clase de viscosidad y nivel de BN. En ocasiones, se mezcla un aceite de cilindro para lograr el nivel necesario de detergencia y dispersancia para mantener limpios los anillos y la corona del pistón, y el número de base (BN) necesario para neutralizar los ácidos formados durante la combustión. El aceite del cilindro no solo sirve para lubricar las piezas móviles, sino que también está diseñado para controlar el grado de corrosión en la superficie del revestimiento.

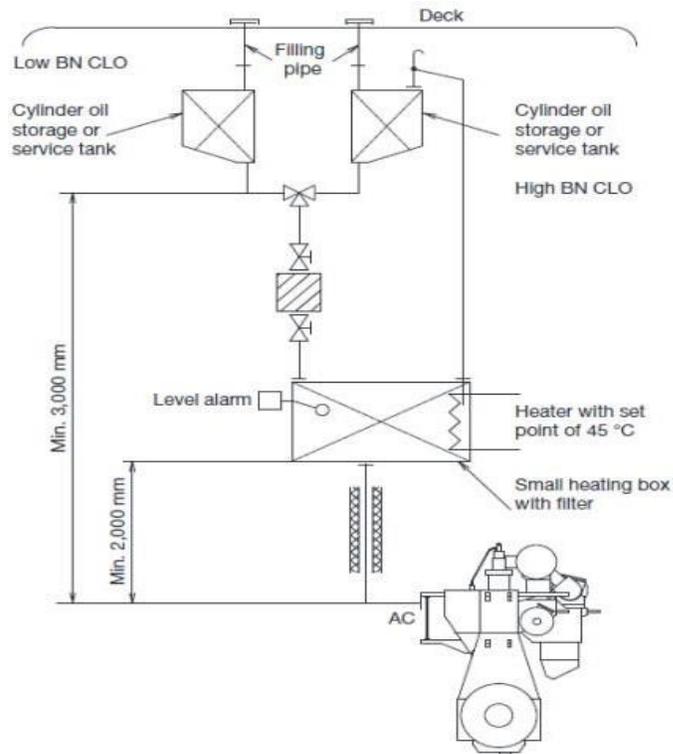
Además, según Jensen Lubricators (2020) la lubricación de los cilindros en función de la carga se realiza mediante un sistema de lubricación de cilindros separado. La lubricación del cilindro es necesaria para lubricar los anillos del pistón y reducir la fricción entre los anillos y la camisa, para proporcionar un sello entre los anillos y la camisa y para reducir el desgaste corrosivo al neutralizar la acidez de los productos de la combustión.

Por tanto, se afirma que el funcionamiento adecuado de las lubricaciones del cilindro es definitivamente fundamental para el idóneo movimiento de trabajo del pistón y los anillos, en razón del cumplimiento de la tarea de lubricar la superficie deslizante de los anillos sobre la camisa y vigilar el desgaste contiguo con la pulcritud en las zonas de combustión, al mismo tiempo da cumplimiento con las funciones de dar estanqueidad a los gases dentro del cilindro.

Respecto a la descripción; el “Sistema de Lubricación de Cilindros” manifiesta uno o más tanques de provisión de aceite, obedeciendo a la autonomía de la nave mercante, desde esa área es llevado al tanque diario, el sistema de carga de dicho tanque podría ser por gravedad, bombas con sistemas de operación manual o automático, teniendo en cuenta que los motores no deben operar sin lubricación de cilindros, por tanto se debe certificar que los tanques diarios tengan aceite parados días. Este tanque diario es fabricado en función al consumo del motor, conjuntamente se debe tener en cuenta los filtros obligatorios para el sistema. Cabe señalar que el aceite de lubricación de cilindros desciende por gravedad desde un tanque alto hacia las bombas lubricadoras de cilindro, manteniendo una temperatura de 45°C en la unidad de lubricación. Además, la lubricación de cilindro se realiza a pérdida total, es decir el aceite es inyectado dentro del cilindro y el movimiento reciproco del pistón lo distribuye sobre la superficie de la camisa, después de realizar su tarea se quema.

**Figura 12**

*Sistema de aceite de cilindros*



*Fuente: CIMAC (2017)*

De la Figura 11; “el aceite es suministrado hacia puntos situados radialmente alrededor de la camisa del cilindro, exactamente debajo de los anillos de compresión cuando el pistón este en posición del punto muerto superior” (CIMAC, 2017, p.24). Generalmente la cantidad de puntos de entrada en la camisa pueden ser entre 4 a 12 agujeros y mediante un lubricador de cilindros. Ciertos diseños de motores requieren la “inserción del lubricador a través de los espacios de la chaqueta para enfriar, otros mediante una serie de conductos perforados, que permiten la entrada a través del cuello de la camisa, evitando así pasar por los espacios para el agua” (CIMAC, 2017, p.25). El aceite para el cilindro entra por

unos agujeros en “la camisa que por lo general se abren a una ranura de aceite o a una serie de ranuras para el aceite. Estas ranuras toman una forma sinusoidal, permitiendo una buena distribución y lubricación entre la camisa y los anillos” (CIMAC, 2017, p.26).

Cabe señalar que en la industria naviera, dos gigantes, MAN Diesel y Wartsila, han introducido una tecnología notable para los motores marinos modernos controlados electrónicamente. Conocidos como sistemas de lubricación Alpha y Pulse, esta nueva tecnología es única en su tipo.

Referente al sistema “Alpha Lubricator”; se basa en un lubricador que inyecta un volumen específico de aceite en cada cilindro por revolución. El aceite alimentado a los inyectores se presuriza por medio de lubricadores Alpha en cada cilindro, equipados con pequeñas bombas multipistón; esta dosificación puede variar según sea necesario y entra a tallar el “Alpha ACC”, el cual se basa en un algoritmo que controla la tasa de alimentación de aceite del cilindro o la dosificación de aceite proporcional al contenido de azufre en el combustible.

#### Componentes del Sistema del Alpha Lubricator:

1. Estación de bombeo y paneles de arranque: La estación de bombeo consta de dos bombas que funcionan individualmente, un serpentín de calentamiento, filtros y un tanque de succión.
2. Unidades de lubricación: Cada cilindro tiene su propia unidad de lubricación, y cada uno de ellos consta de dos lubricadores para motores de

diámetro 98-70 mm y un lubricador para motores de diámetro mediano o pequeño. Cada unidad lubricadora está equipada con un acumulador con nitrógeno pre-presionado a 25-30 bar en el lado de entrada y un acumulador en el lado de salida (para cada lubricador), pre-presionado a 1,5 bar. Dependiendo del tipo de motor y diseño, cada lubricador puede tener 3, 4, 5 o 6 pistones de lubricación, una captación de retroalimentación y una válvula solenoide.

3. Unidad de control del lubricador Alpha (ALCU): Está compuesto por tres componentes electrónicos principales que están comprendidos en una caja de acero y el denominado ALCU. Estos tres componentes son: la Unidad de Control principal (MCU), la Unidad de control de respaldo (BCU) y la Unidad de placa de conmutación (SBU).

4. Transmisor de carga: El transmisor de carga está conectado a la cremallera de combustible, por lo que transmite continuamente el % del índice de combustible a la MCU, que calcula la carga del motor a partir de esta información y los rpm detectadas.

5. Unidad de control de cilindros (CCU): Todo el sistema es controlado por este, el cual calcula la frecuencia de inyección en función de la señal de velocidad del motor proporcionada por la señal del tacómetro y el índice de combustible.

6. Sistema de disparo (codificador de eje): El codificador del eje está conectado al extremo delantero del cigüeñal y las señales se transmiten a los paneles de la computadora a través de una caja de terminales. Para los motores en los que el rango del eje extremo delantero no se puede instalar

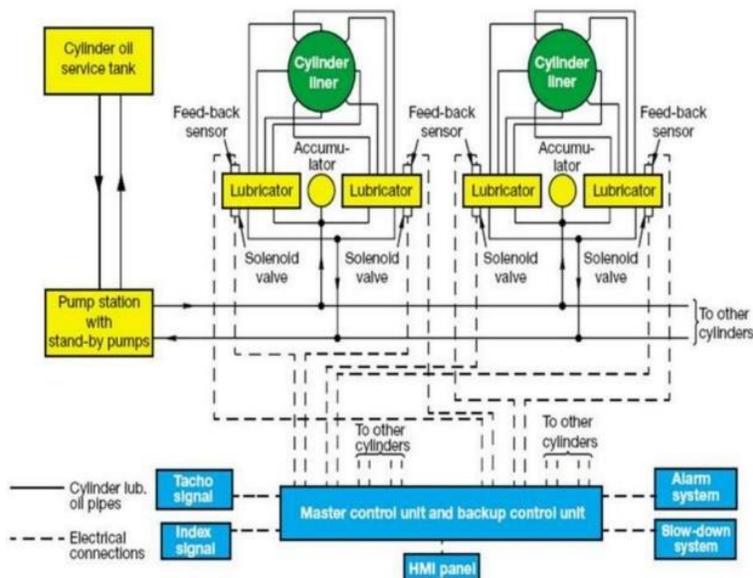
el codificador de ángulo, se instalan un anillo disparador y captadores de tacógrafo en la rueda giratoria.

7. Sistema de activación de respaldo: El sistema de activación de respaldo comprende dos captadores de tacógrafo en una caja en la rueda giratoria, transmitiendo así los rpm del motor a la BCU. Las pastillas de respaldo también están conectadas a la MCU con fines de vigilancia.

8. Panel de interfaz hombre-máquina (HMI): En el panel HMI, es posible el ajuste de la lubricación de cilindros individuales, se muestran varios valores y alarmas, botones de control para la estación de bombeo están disponibles, y es posible la ejecución manual de la pre lubricación. Como estándar, el panel HMI está montado en el control del motor.

**Figura 13**

*Diagrama de Bloque del Sistema Alpha Lubricator*



Fuente: <https://www.infomarine.gr/what-is-how-to-do-it/686915-cylinder-lubrication-system-with-alpha-lubricators.htm>

Principio de funcionamiento: El aceite lubricante de los cilindros alimenta al motor a una presión de 40 a 50 bar por medio de una estación de bombeo generalmente montada en el motor o, a veces, ubicada en la sala de máquinas. El aceite alimentado a los inyectores ha sido presurizado por uno o dos Lubricadores Alpha ubicados en cada cilindro y equipados con pequeñas bombas de pistones múltiples.

La MCU controla la inyección y la presión hidráulica del aceite, sincronizándose en cada revolución, activando una electroválvula situada en el lubricador correspondiente y una parte del aceite de retorno alimenta al cilindro del émbolo a través de una ranura para el siguiente ciclo de lubricación. El movimiento del pistón hidráulico es monitoreado por un sensor de retroalimentación en cada lubricador, un sensor de proximidad, que confirma el funcionamiento de engrase y observa el tiempo de engrase para ajustarlo automáticamente. Para así indicar que se ha realizado la inyección. Durante el funcionamiento normal del sistema, está controlado por la MCU. Si se detecta una falla crítica en la MCU, la BCU toma automáticamente el control (solo si el interruptor de control está en la posición “auto”) y en caso de mal funcionamiento de la electroválvula o del transductor, la dosificación de aceite aumentará automáticamente hasta el volumen máximo. Si la presión del aceite cae, la computadora iniciará la bomba de reserva, parará la bomba defectuosa y activará la alarma (Hernández, 2018).

La sincronización se basa en dos señales del codificador de ángulo, un marcador de cilindro de punto muerto superior (TDC) y un disparador en la

posición del cigüeñal. El sistema de lubricación alfa normalmente está sincronizado para inyectar el aceite de cilindros en el paquete de anillos del pistón inmediatamente antes de que el primer anillo pase por la púa de lubricación durante la carrera de compresión, dentro de un período corto hasta que pasa el cuarto anillo, el aceite se alimenta al cilindro en el mayor volumen posible de lo ajustado.

La lubricación de los cilindros se basa en el suministro constante de aceite por inyección. La velocidad de alimentación específica se controla mediante la variación de la frecuencia de inyección. Esta frecuencia se calcula a partir del índice y la velocidad, y suele ser proporcional a la potencia media efectiva (MEP) del motor. Sin embargo, es posible un modo de potencia o modo RPM (Hernández, 2018).

Las características de seguridad de este sistema son las siguientes:

- En este sistema, si un lubricador falla (motores de 980-700 mm de diámetro), la dosificación de aceite del otro lubricador se duplicará automáticamente y se activará una alarma, mientras que para los motores de 600-260 mm de diámetro, se producirá una alarma y una desaceleración.
- Un sensor inductivo en cada lubricador monitorea el movimiento del pistón del lubricador y se envía una señal al sistema de computadora de control que tiene un respaldo por seguridad.

De igual manera se encuentra el Sistema de Lubricación por Pulsos. Para CIMAC (2017) el sistema de lubricación por pulsos es un sistema de lubricación temporizado. Distribuye el aceite lubricante del cilindro en pulsos presurizados con precisión en el paquete de anillos de pistón, donde se distribuye uniformemente alrededor de la circunferencia del revestimiento con la ayuda de ranuras de lubricación. Un sistema de lubricación por pulsos es un sistema de lubricación de aceite de cilindro controlado electrónicamente para motores Wartsila, en el que se inyecta una cantidad medida de aceite de cilindro en la camisa, según la carga del motor. Esto asegura que se suministre la cantidad precisa de aceite del cilindro dentro de la camisa en el tiempo establecido para esa carga de motor en particular. Según la teoría de Hernández (2018) en su estudio Análisis de sistemas de lubricación de camisas de cilindros en motores marinos modernos de baja velocidad, se expone lo siguiente:

Componentes del Sistema Módulo de Lubricación por Pulsos: Existe un módulo de lubricación para cada cilindro y está formado por una bomba dosificadora, una electroválvula electrónica de control, un sensor de presión y un acumulador de tipo diafragma. El módulo de lubricación cronometra y alimenta una cantidad predefinida y dosificada de aceite lubricante para cilindros a alta velocidad a los lubricadores. Lo hace con una sincronización precisa que establece el sistema de control del motor.

1. Lubricador: El aceite se distribuye radialmente por el lubricador a medida que el pulso de aceite se alimenta exactamente en el paquete de

anillos del pistón y luego se distribuye por igual en la superficie de las líneas del cilindro.

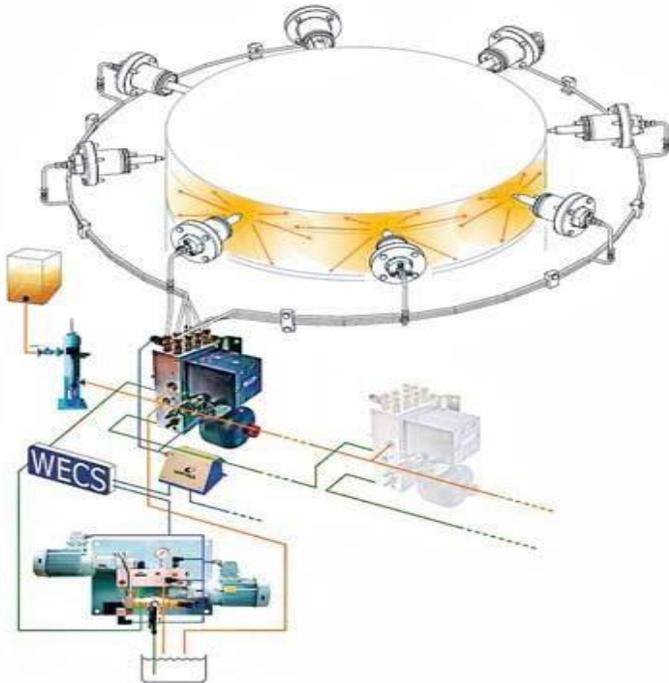
2. Suministro de Servo-Oil (motores RTA): Exclusivamente para los motores RTA, se proporciona una unidad de suministro de aceite servo independiente. Esta unidad incluye dos bombas de engranajes, una de ellas está trabajando alimentando el módulo de lubricación con aceite de servo tomado del sistema de aceite de lubricación del motor principal, mientras que la segunda está en espera. La unidad de suministro de aceite del servo también incluye una válvula de seguridad y limitación de presión, un manómetro, un sensor de presión y una válvula de cierre.

3. Unidad Reductora de Presión (Motores RT-flex): En el caso de los motores RT-flex, el aceite del servo se extrae del sistema de aceite del motor a través de una válvula que reduce la presión del aceite de 200 bar a 50 bar. Algunos transmisores de presión monitorean la presión reducida y están conectados al sistema de alarma.

4. Sensores de Angulo de Cigüeñal: Para poder controlar y cronometrar la inyección de aceite (y combustible), los sistemas de control deben conocer el ángulo del cigüeñal de las unidades individuales. Para ello, se montan dos sensores de ángulo del cigüeñal en el extremo libre del motor. Estos sensores tienen una precisión de hasta 0,1°. La computadora compensa automáticamente los giros en el cigüeñal al relacionar la posición del cigüeñal con la presión del cilindro.

**Figura 14**

*Diagrama del sistema de lubricación por pulsos Wartsila*



*Fuente: Wartsila (2017).*

Funcionamiento del Sistema: El sistema de control del motor Wärtsilä (WECS) gestiona el control y la supervisión del sistema de lubricación por pulsos (PLS). El pistón de la bomba es accionado por el servo de aceite, que está presurizado a 50 bar. Haciendo que la válvula solenoide en el módulo de lubricación cambie a la posición abierta, el aceite del servo fluye hacia el lado impulsor del pistón central del módulo de lubricación (CIMAC, 2017).

Cuando se activa, alimenta el aceite lubricante del cilindro a los conductos de medición haciendo que el pistón de la bomba suministre una cantidad fija y

predefinida de aceite lubricante. Para luego ser descargado a los lubricadores a alta presión.

El aceite del cilindro se suministra con precisión en posiciones definidas del pistón en movimiento. Esta posición es constantemente controlada y monitoreada por el sistema de control a partir de la interpretación de la señal dada por el sensor de ángulo del cigüeñal (Hernández, 2018).

Cuando termina el ciclo de trabajo de lubricación, la válvula direccional en el módulo de lubricación impulsa el aceite del servo hacia el lado de retorno del pistón central que luego lo devolverá a su posición inicial. Las cámaras de medición se llenan nuevamente con aceite lubricante para estar listas para el próximo ciclo, asegurándose que el aceite esté siempre presente en la cámara en cantidad medida según lo decida el WECS después de calcular la carga y el contenido de azufre del combustible (CIMAC, 2017).

Las púas del PLS están montadas en el tercio superior de la camisa del cilindro, pero gracias a la bomba PLS la inyección de aceite lubricante es independiente de la presión en el cilindro. Este tiempo de inyección está en el rango de 8-10 ms, posibilitando la inyección temporizada.

Este PLS también se puede adaptar a los motores RTA controlados mecánicamente y RT-flex de Wärtsilä existentes controlados electrónicamente. En

tales casos, el sistema de lubricación se conoce como RPLS (Retrofit Pulse Lubricating System).

**LDCL (Load Dependent Cylinder Liner).** Durante una carga baja del motor, la temperatura en el cilindro se vuelve relativamente baja y esto hace que el azufre del fueloil se condense en la pared de la camisa del cilindro, lo que provocará corrosión. El propósito del sistema de agua de enfriamiento LDCL es obtener una temperatura variable que generalmente consiste en aumentar la temperatura del agua de enfriamiento de las camisas para limitar los problemas de corrosión en frío en las camisas de los cilindros causados por el azufre en el aceite combustible. El aumento de temperatura se consigue recirculando parte del agua de refrigeración (MITSUI-MAN B&W, s.f.).

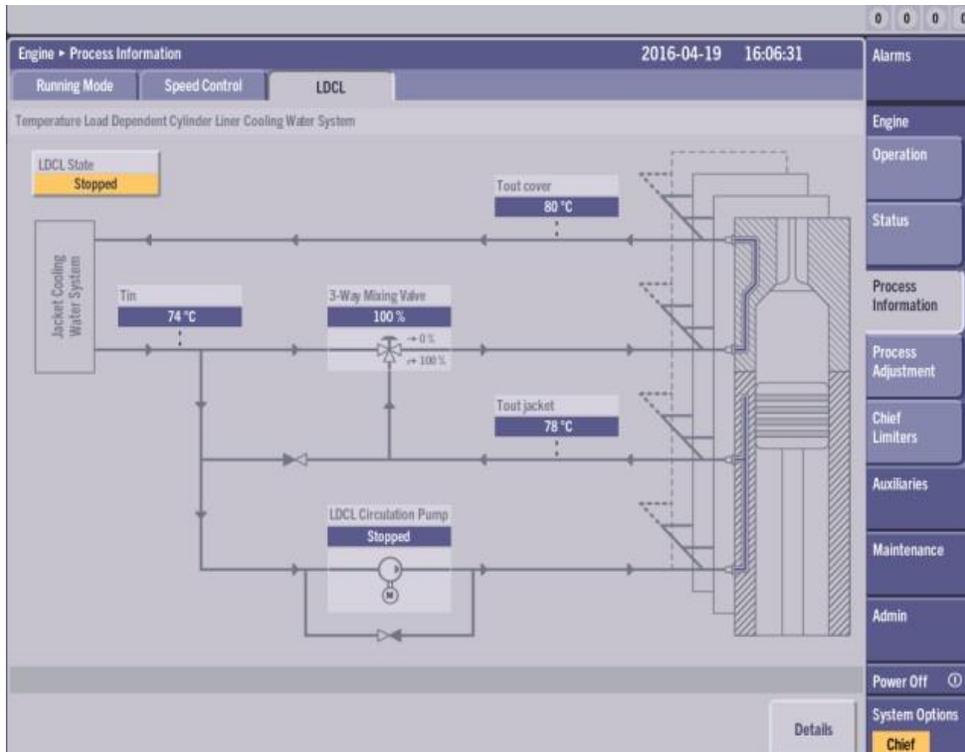
El sistema de agua de refrigeración LDCL se diferencia del sistema de agua de refrigeración de las camisas convencional por tener un circuito de circulación de agua de refrigeración sobre las camisas de los cilindros. Para asegurar un alto flujo a través de las camisas de los cilindros, la circulación del agua de refrigeración en la camisa es impulsada por una bomba de circulación instalada en el motor (bomba de circulación LDCL). Esta bomba de circulación LDCL está operativa durante el espectro de carga, es decir, 2% – 100%. La bomba de circulación LDCL está controlada por el ECS (Engine Control System) y se opera en el MOP (Main Operating Panel).

Si el estado de LDCL está en modo automático, la bomba de circulación de LDCL se inicia y se detiene automáticamente. El agua en el circuito de circulación se calienta absorbiendo energía de la camisa del cilindro. La temperatura del agua en el circuito está controlada por una válvula mezcladora de 3 vías que controla la cantidad de agua recirculada (que se calienta) y la cantidad de agua que se reemplaza por agua más fría. De esta forma el controlador ajusta la temperatura del agua hasta que alcanza el punto de consigna, la cual es generalmente de 130 °C del agua de refrigeración de las camisas de los cilindros y de 80-90 °C en la tapa y la válvula de escape (MITSUI-MAN B&W, s.f.).

Una unidad de control de agua de refrigeración (CWCU) mide las temperaturas de entrada y salida, las presiones de entrada y salida de la bomba de circulación LDCL y recibe la carga real del motor del ECS. En función de la temperatura de salida del agua de refrigeración de las camisas y la carga del motor y (además en algunos motores) la velocidad del motor y la señal de bajo contenido de azufre, la válvula mezcladora de 3 vías se mueve a una posición en la que la temperatura del agua de refrigeración en circulación coincide con la entrada y la salida de las temperaturas definidas por los parámetros del sistema. Además, la CWCU ordenará una temperatura de entrada del sistema de agua de refrigeración de las camisas, que se define nuevamente por los parámetros del sistema.

**Figura 15**

*Diagrama del Sistema Load Dependent Cylinder Liner*



Fuente: MITSUI-MAN B&W ME (ME-C) (s.f.).

**Criterios de control.** Siguiendo el orden lógico teórico, Hernández (2018) enfatiza el análisis del aceite lubricante como el método de control mejor establecido. La información que puede proporcionar el aceite lubricante usado puede dar advertencias muy tempranas sobre la salud del equipo en contacto con él. Estas pruebas no se realizan para estudiar la reutilización del aceite, se realizan para estudiar el estado del equipo con el que está en contacto el aceite.

Asimismo, el autor analiza el aceite por goteo a bordo y en tierra para motores marinos de dos tiempos. El aceite de goteo, a veces llamado aceite raspado, es aceite de cilindro usado recolectado del espacio de barrido de las camisas de cilindros de los motores marinos de dos tiempos. Analizadas regularmente, las muestras de aceite por goteo pueden rastrear la condición del cilindro e identificar tendencias que pueden requerir una acción correctiva por parte del operador del motor. Según Chevron (2020) los dos parámetros clave en el aceite de goteo son:

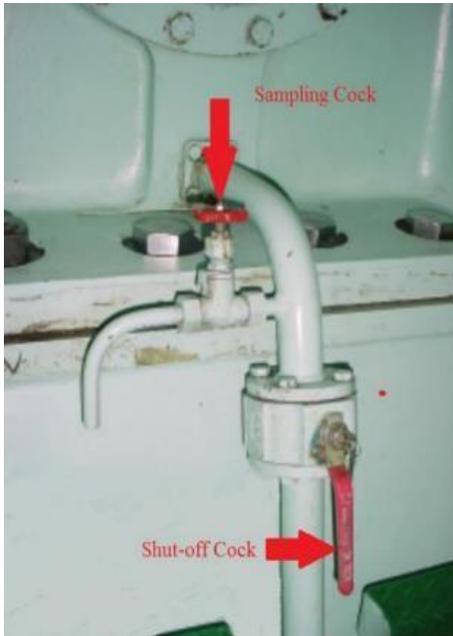
- Alcalinidad residual (o BN residual): La combustión de combustibles que contienen azufre forma ácidos que, sin tratar, pueden provocar un desgaste corrosivo excesivo. La reserva de alcalinidad del aceite del cilindro, representada por el número base (BN), contrarresta este efecto. Una alcalinidad restante demasiado baja sugiere que es posible que inicialmente no haya habido suficiente alcalinidad para abordar la formación de ácido de manera efectiva.
- Contenido de hierro: La presencia de hierro en el aceite de goteo indica el nivel de desgaste que tiene lugar en el cilindro y si el desgaste es aceptable o podría provocar problemas en la condición del cilindro. Tanto la cantidad como el tipo de hierro en el aceite de goteo deben analizarse para comprender completamente el estado del cilindro. Partículas pequeñas (solubles y no magnéticas): incluyen óxidos y sales de hierro y se asocian más a menudo con el desgaste corrosivo.

Respecto al análisis de drenaje de lubricante de cilindro, Tribocare (s.f.) acotó sobre una nueva fuente de información para ayudar a determinar las condiciones de rendimiento del motor, brindando al superintendente información adicional para tomar decisiones de mantenimiento del motor. Es importante tener en cuenta que el análisis de drenaje del lubricante del cilindro puede detectar un problema, como el desgaste del anillo y la camisa, la contaminación del lubricante del cilindro con agua. Además, al combinar el análisis del drenaje del lubricante del cilindro con la inspección física del estado del pistón a través de los puertos de barrido, se pueden tomar decisiones de mantenimiento más precisas.

Respecto al Muestreo, Hernández (2018) define que como en la mayoría de los procedimientos de muestreo de aceite, se recomienda realizar el muestreo con el motor en marcha o si se ha apagado recientemente (máximo de 10 a 15 minutos), según el procedimiento de muestreo. Se procede a cerrar la válvula que va al tk de aceite de barrido sucio, y se abre el grifo de muestreo para así soplar cualquier aceite o lodo que se encuentre en esa línea, se mantienen las dos válvulas cerradas por al menos una hora o más para así verificar el rendimiento del motor, luego se procede a sacar la muestra en botellas de muestreo limpias para cada cilindro. Para finalizar agitando la muestra para que sea homogénea, dejando las válvulas como estaban en su posición inicial. Durante la recolección y el etiquetado de las muestras de aceite de drenaje de cilindros (CDO), tener mucho cuidado para asegurarse de que cada botella de muestra de CDO esté marcada con el número de cilindro correcto. En el caso del aceite del cilindro, será necesario recolectar nuevo aceite fresco en cada muestreo.

**Figura 16**

*Válvulas y Puntos de muestreo*



*Fuente: Chevron (2020).*

Respecto al Análisis a Bordo; en base al eje de estudio se describe el test kit para la corrosión por frío que existe a bordo para poder diagnosticar la corrosión por frío ya que es más eficiente que una prueba normal de aceite de barrido usado, porque proporciona una medida precisa del valor de partes por millón (PPM) de  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$  que están compuestos en el aceite de barrido usado.

En lugar de simplemente dar una cifra del hierro total (incluidos los compuestos metálicos), que proporcionan otras pruebas, conocer las PPM específicas del hierro corroído permite tomar decisiones informadas sobre los ajustes en las tasas de alimentación y el número base (BN) del aceite utilizado. En otras palabras, la cantidad de hierro presente en el aceite de drenaje del cilindro

proporciona una indicación directa de la tasa de desgaste de los componentes del cilindro. La verificación periódica de la concentración de hierro brinda información valiosa sobre el estado de las piezas del motor, es decir, ayuda a determinar el nivel de desgaste causado por la abrasión mecánica (partículas de hierro) o la corrosión ácida (sales de hierro) en una etapa temprana (Directriz CIMAC, 2017).

**Figura 17**

*Correlación entre tipo y mecanismo de desgaste y diferentes métodos de medición de hierro*

TIPOS DE DESGASTE	MECANISMO DE DESGASTE	METODOS DE MEDICION		
		HIERRO TOTAL	HIERRO MAGNETICO	PRODUCTOS CORROSIVOS DE HIERRO
DESGASTE NORMAL FINOS CATALITICOS MICRO DAÑOS ROZAMIENTO	DESGASTE ABRASIVO O ADHESIVO	+	+	-
CORROSION POR FRIO	DESGASTE CORROSIVO		-	+

*Fuente:* CIMAC (2017).

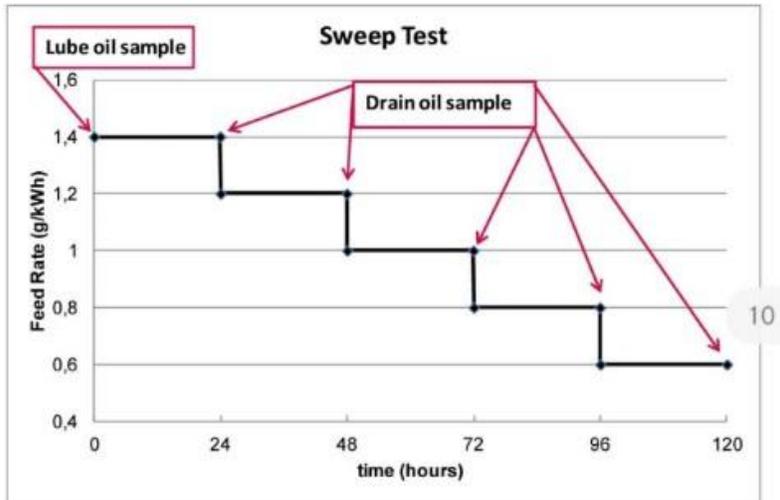
Respecto al Análisis en Tierra; la adición de análisis en tierra permite una evaluación profunda de las muestras de aceite por goteo, y los informes contienen comentarios procesables generados por expertos técnicos. Además del BN residual y el contenido de hierro total, se miden parámetros adicionales con precisión de laboratorio. El laboratorio no solo distingue entre pequeñas partículas de hierro no magnéticas y desechos magnéticos ferrosos más grandes, sino que también evalúa otros metales de desgaste como el cobre, el cromo y el aluminio.

Se necesita un análisis de laboratorio en tierra para distinguir entre el exceso de corrosión y el desgaste abrasivo/adhesivo, independientemente de si el equipo a bordo del operador mide hierro magnético, óxidos de hierro y sales de hierro (“soluble”) o el contenido total de hierro.

En cuanto a las Pruebas de Barrido, Gulf Marine (2020) señala que el monitoreo continuo de las muestras de aceite de drenaje es una buena manera de optimizar el consumo de la tasa de alimentación de aceite del cilindro y proteger el motor contra el desgaste excesivo. La forma más rápida de evaluar el comportamiento corrosivo y abrasivo de un motor y optimizar la velocidad de alimentación es realizar una prueba de esfuerzo, conocida como prueba de barrido. La prueba de barrido dura 5 días completos y debe realizarse durante un viaje más largo en el que la carga del motor permanezca lo más constante posible. La tasa de alimentación del aceite del cilindro se fija durante 24 horas y las muestras de aceite de drenaje se toman al final del período de 24 horas para el análisis de raspado (SDA).

**Figura 18**

*Gráfico de Prueba de Barrido*



Fuente: <https://marineinbox.com/marine-exams/sweep-test/>

La prueba de barrido determina la tasa óptima de alimentación de aceite del cilindro en relación con el contenido de azufre en el combustible. Este factor de velocidad de alimentación; específico del motor y de la operación se puede utilizar para volver a calcular la velocidad de alimentación óptima al cambiar a combustibles con diferente contenido de azufre.

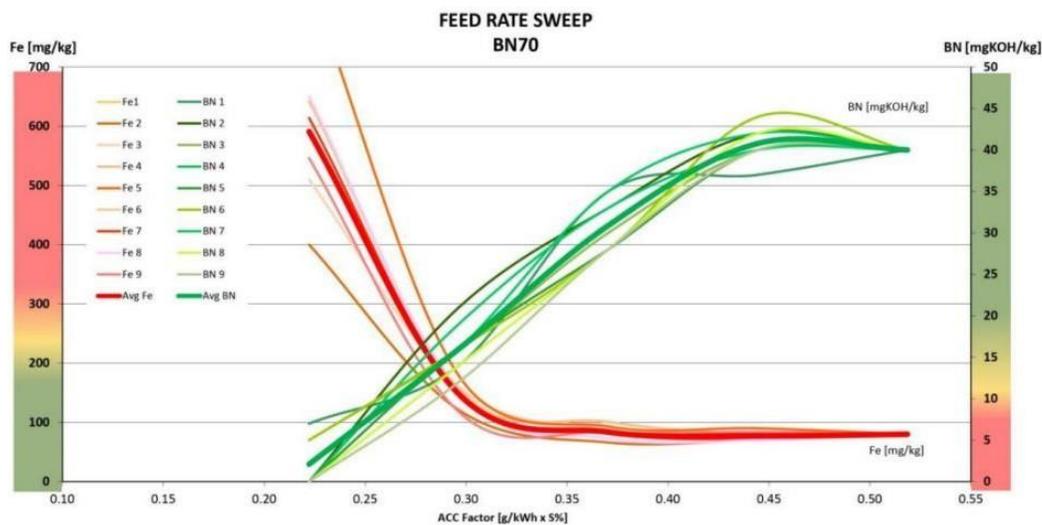
Asimismo, a velocidades de alimentación altas, el análisis de aceite por goteo muestra un BN residual alto; el aceite tiene un exceso de alcalinidad para neutralizar los ácidos que se forman en el motor durante la combustión. Además de usar una cantidad excesiva de aceite para cilindros, la sobrealimentación de alcalinidad puede conducir a la formación de depósitos en la parte superior del pistón y en las superficies de los segmentos. La tasa de alimentación óptima

mostrará suficiente BN remanente para indicar que había suficiente alcalinidad originalmente para neutralizar los ácidos, pero no tanto como para causar estos depósitos.

A medida que se reduce la velocidad de alimentación, se consume más reserva de alcalinidad y el BN residual disminuye hasta llegar a un punto en el que el aceite del cilindro no protege adecuadamente la camisa contra la corrosión. En esta etapa, ocurrirá corrosión y aumentará el contenido de hierro en la muestra de aceite de goteo. Un bajo nivel de corrosión es aceptable y la tasa de alimentación ideal se encuentra dentro de este rango. Por lo tanto, el factor de velocidad de alimentación óptimo se encuentra en la curva entre demasiado BN residual y demasiado contenido de hierro en el aceite de goteo.

**Figura 19**

*Resultados obtenidos de una prueba de barrido con BN 70*



Fuente: Chevron (2020).

### 2.2.1.5. Efectos producidos por la corrosión por frío.

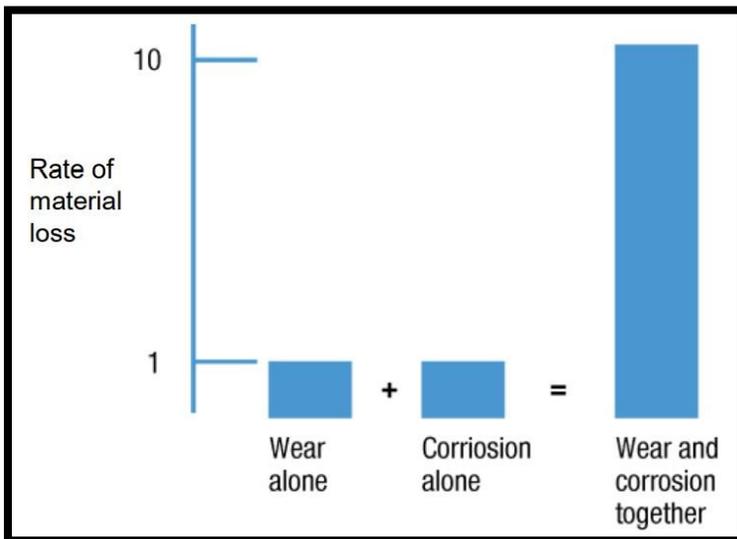
**Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros.** Se empieza explicando los diferentes mecanismos de desgaste, ya que estos ayudan a una mejor comprensión de lo que es el desgaste corrosivo como tal. En cuanto a los Mecanismos de desgaste, CIMAC (2017) asevera que el desgaste puede ser provocado por varios fenómenos y puede tener un impacto devastador en el funcionamiento del motor. La comprensión adecuada de las posibles causas fundamentales del desgaste es esencial para comprender y eliminar el desgaste innecesario. A continuación se caracterizan los diferentes tipos de desgaste que se pueden producir en los motores de dos tiempos.

- **Desgaste adhesivo:** Este fenómeno es causado por el contacto de fricción entre asperezas en superficies opuestas con una carga lo suficientemente alta como para que se produzca una deformación plástica o una soldadura de fase sólida en el contacto.
- **Desgaste Abrasivo:** El desgaste abrasivo se produce cuando un material más duro se frota contra un material más blando, lo que provoca la pérdida de material. El desgaste abrasivo puede ser el resultado del desgaste adhesivo, donde se arrancan piezas de las superficies que pueden actuar como partículas abrasivas.
- **Desgaste corrosivo:** El desgaste corrosivo se define como la degradación de los materiales en la que intervienen tanto mecanismos de

corrosión como de desgaste. El desgaste corrosivo ocurre cuando hay una combinación de una situación de desgaste (abrasivo o adhesivo) y un ambiente corrosivo. La tasa de pérdida de material puede ser muy alta; mucho mayor que la suma de la contribución individual de desgaste y corrosión.

**Figura 20**

*Tasa de pérdida de materiales por mecanismo de desgaste*



*Fuente: Chevron (2020).*

El desgaste corrosivo es causado generalmente por ácido sulfúrico que surge del contenido de azufre del combustible, atacando las partes mecánicas en el espacio de combustión. La corrosión excesiva liberará partículas de hierro más grandes, también conocidas como residuos magnéticos ferrosos, desgastando rápidamente las camisas de cilindros. La corrosión ácida es, con mucho, la causa

más influyente del desgaste que se observa en las camisas de los cilindros (Lubemarine, 2022).

Además, la corrosión por frío conduce a la disolución de la superficie produciendo óxidos de hierro que se solubilizan en el lubricante. Pero el fenómeno más crítico es la debilidad mecánica resultante y la degradación de la superficie por la eliminación de partículas de hierro. Tan pronto como ocurre el llamado desgaste corrosivo, se puede esperar una falla fuerte y los revestimientos (camisa de cilindros) se pueden perder muy rápidamente.

Desgaste máximo de la camisa: El desgaste máximo permisible de las camisas de los cilindros está en el intervalo de 0,4% a 0,8% del diámetro nominal, dependiendo del rendimiento real del cilindro y del anillo del pistón. Cuando el intervalo entre las revisiones necesarias del pistón se vuelve demasiado corto, por ejemplo debido a la ovalidad de la camisa, es hora de renovar la camisa.

Cuando hay cierto grado de corrosión, esto se refleja típicamente en manchas blancas o negras que se forman en la superficie del revestimiento. Estas manchas no se consideran necesariamente dañinas; sin embargo, se necesita precaución cuando se opera durante mucho tiempo en estas condiciones.

## Figura 21

*Superficie de la camisa del cilindro con signos de ataque corrosivo*



*Fuente: CIMAC (2016).*

Conde (s.f.) explica que el efecto se vuelve cada vez más dañino a medida que la superficie de los anillos del pistón pierde integridad y, como resultado, se emiten partículas que provocan una abrasión severa de los anillos y las camisas. Como consecuencia, la probabilidad de desgaste por adherencia (Scuffing) aumenta considerablemente.

Scuffing de camisas de cilindros o excesivo desgaste de aros de pistón y camisas. Este fenómeno puede ser reconocido por la presencia de estrías ásperas uniformemente distribuidas a lo largo de las superficies que lo sufren. En situaciones críticas, el scuffing llega a producir la micro soldadura del material ocasionando arrastre de material. El desgaste adhesivo (Scuffing) representa una severa agresión a la que se ven expuestos aros de pistón y camisas de cilindro de

motores diésel lentos de dos tiempos. Al afectar simultáneamente, a estos dos elementos básicos de la cámara de combustión, repercute negativamente tanto en la continuidad del servicio del motor, como en los costes asociados a la restitución de las condiciones nominales de trabajo.

## Figura 22

*Porciones de aros de pistón con diferentes tipos de desgastes*



*Fuente: Conde (s.f.).*

***Pegado de los anillos de pistón.*** Ocasionado por depósitos gruesos y duros de carbón, en donde los anillos del pistón no pueden moverse libremente en sus ranuras, observándose áreas oscuras en la parte superior de la pared del cilindro. Esto indica una falta de sellado, es decir, escape de gas de combustión entre los anillos del pistón y la camisa del cilindro. El escape provocará la ruptura de la película de aceite, lo que a su vez aumentará el desgaste de las camisas de

los cilindros. Asimismo los anillos de pistón pegados a menudo darán lugar a anillos de pistón rotos (CIMAC, 2016).

No obstante, la formación de depósitos entre las superficies de los segmentos suele deberse a un sellado inadecuado entre el pistón y la camisa, lo que hace que el lubricante se quemé. Sin embargo, este fenómeno también puede ser causado por una falta de detergencia del aceite del cilindro. La aparición de dichos depósitos no significa necesariamente que la calidad del aceite sea insuficiente, también puede indicar una tasa de alimentación de aceite demasiado baja o que se aplica un aceite de cilindro BN demasiado bajo, también puede deberse a que el aceite no llega al área que necesita protección.

Cuando ocurre la corrosión, esto generalmente se nota en los bordes de la superficie de los anillos, donde la mezcla de ácido sulfúrico y aceite del cilindro se acumula durante el movimiento del pistón. Este fenómeno puede ser causado por una tasa de alimentación de aceite demasiado baja, un aceite de cilindro BN demasiado bajo o cuando el aceite no puede llegar al área que necesita protección. Los depósitos excesivos detrás de los aros del pistón pueden provocar que los aros se peguen. Esto puede ser muy perjudicial ya que los depósitos pueden empujar el anillo contra el revestimiento con una fuerza excesiva y posiblemente provocar raspaduras.

La formación excesiva de depósitos en las superficies del pistón, especialmente en la parte superior, puede en ciertas situaciones pulir la superficie

del revestimiento, lo que eventualmente puede alterar la formación de la película de aceite y provocar el desgaste de los anillos del pistón (CIMAC, 2016).

### **Figura 23**

*Superficie de rodadura del aro del pistón con signos de ataque corrosivo extremo*



*Fuente: CIMAC (2016).*

### 2.3. Marco Conceptual

Conocimiento teórico: Según la Real Academia Española (2014) conocimiento “es la acción y efecto de conocer, asimismo el entendimiento, inteligencia, razón natural, noción y saber elemental de algo” (párr.5). Además, Landeau (2007) señala: “El conocimiento es un conjunto de información que posee el ser humano, tanto sobre el escenario que lo rodea, como de sí mismo, valiéndose de los sentidos y de la reflexión para obtenerlo” (p.1). Cabe destacar lo que sostiene Arias (2006), existen “dos maneras de entender el conocimiento; una de ellas es, como un proceso en el cual el sujeto (cada persona) percibe la realidad durante el acto de conocer; y también como el resultado del proceso ya mencionado” (párr.12).

Certificado EIAPP (Engine International Air Pollution Prevention): Es el Certificado de prevención de la contaminación del aire. Es un certificado emitido para un motor diesel marino. El Certificado EIAPP acompañará al motor durante toda su vida y estará disponible a bordo del buque en todo momento. Es requerido por el Código Técnico de Control de Emisión de Óxidos de Nitrógeno de Motores Diesel Marinos, obligatorio por el Anexo VI de MARPOL.

Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>): El oxígeno se consume durante la combustión, y la cantidad de oxígeno restante depende de la proporción de aire a combustible cuando el motor está funcionando. En un motor, el óxido nítrico, No (la cinética química dominante en comparación con el NO<sub>2</sub>) se forma principalmente en

regiones de baja temperatura y altas cantidades de O<sub>2</sub>. La cantidad de NO<sub>x</sub> depende de la temperatura de la llama o de la combustión y de la cantidad de nitrógeno orgánico (si lo hay) del combustible. Cuanto mayor sea la temperatura de combustión (p. ej., presión máxima alta, relación de compresión alta, tasa de suministro de combustible alta, etc.), mayor será la cantidad de NO<sub>x</sub> formada. En general, los motores diésel de baja velocidad producen más NO<sub>x</sub> que los motores diésel de alta velocidad.

Plan de Gestión de la eficiencia energética de los buques (SEEMP): El Plan de gestión de la eficiencia energética del buque (SEEMP) es una medida operativa que establece un mecanismo que permite mejorar la eficiencia energética de un buque de una manera rentable. El SEEMP también proporciona un método para que las compañías navieras puedan llevar un seguimiento, a lo largo del tiempo, de la eficiencia de los buques y de la flota por medio de, por ejemplo, el EEOI, como instrumento voluntario de seguimiento.

Indicador de intensidad de carbono (CII): El proyecto de enmiendas se aplicará a los buques de arqueo bruto igual o superior a 5.000 (buques que hayan cumplido con los requisitos del sistema de recopilación de datos de consumo de combustible de los buques) para determinar sus indicadores operativos anuales de intensidad de carbono (IIC). El CII establece factores de reducción de emisiones anuales para garantizar que los barcos operen con una intensidad de carbono creciente dentro de un nivel de clasificación dado. Será necesario registrar y verificar el IIC operativo anual obtenido para el IIC operativo anual prescrito. Esto

permitirá la determinación de clasificaciones operativas de intensidad de carbono. Las calificaciones se darán en una escala de A, B, C, D o E, indicando un nivel de desempeño más alto, más alto, medio, más bajo o mucho más bajo. El nivel de desempeño se registrará en el Plan de Gestión de Eficiencia Energética del Buque (SEEMP).

Certificado Internacional De Eficiencia Energética (IEEC): El Certificado internacional de eficiencia energética será válido durante toda la vida útil del buque. Un reconocimiento inicial antes de que un buque nuevo entre en servicio. No se expedirá Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica ni el Certificado internacional de eficiencia energética a ningún buque con derecho a enarbolar el pabellón de un Estado que no sea Parte.

Cigüeña: Pieza del motor del automóvil y otras máquinas que consiste en un eje con varios codos, en cada uno de los cuales se ajusta una biela, y está destinada a transformar el movimiento rectilíneo de los pistones en rotativo, o viceversa.

Sistema De Transmisión: El sistema de transmisión es el conjunto de piezas encargadas de convertir la energía térmica producida por el motor en la energía mecánica que las ruedas necesitan para moverse. En otras palabras, es el sistema que transmite la potencia producida por la combustión a las ruedas para generar el movimiento.

Cárter: Es un elemento de suma importancia dentro del funcionamiento del motor ya que es el responsable de almacenar el aceite que permite mantener todas las partes móviles del motor lubricadas para evitar el desgaste prematuro de éstos y mejorar su funcionamiento.

TBN (Total Base Number): El número de base total es una medida de basicidad que se expresa en términos de la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio por gramo de muestra de aceite. El TBN es una medida importante en los productos petrolíferos y el valor varía según su aplicación.

Carga de un motor: La carga, con el régimen, es la variable principal del funcionamiento del motor. Es la cantidad de mezcla que hay en la cámara antes de la combustión, y equivale a la solicitud de potencia que hace el conductor o un sistema automático de control.

Turbocompresor: Un turbocompresor o también llamado turbo es un sistema de sobrealimentación que usa una turbina centrífuga para accionar mediante un eje coaxial con ella, una rueda compresora para comprimir gases.

Estrés térmico: El estrés térmico es la sensación de malestar que se experimenta cuando la permanencia en un ambiente determinado exige esfuerzos desmesurados a los mecanismos de que dispone el organismo para mantener la temperatura interna, mientras se efectúa el intercambio de agua y demás sustancias del cuerpo.

MEP (Potencia media efectiva): MEP es una medida muy útil de la capacidad de un motor para realizar trabajos que es independiente del desplazamiento del motor. Un parámetro utilizado por los ingenieros para describir el rendimiento de los motores de pistón alternativo se conoce como presión efectiva media, o MEP.

Bombas Multipistón: Una bomba de pistón es una bomba hidráulica que genera el movimiento en el mismo mediante el movimiento de un pistón. Las bombas de pistones son del tipo bombas volumétricas, y se emplean para el movimiento de fluidos a alta presión o fluidos de elevadas viscosidades o densidades.

Punto de rocío: Es la temperatura a la que una fase de vapor comienza a condensarse en una fase líquida. Cuando la temperatura cae por debajo del punto de rocío, la fase de vapor se condensa, ya sea en forma de aerosoles o como una película en una superficie.

## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 3.1. Formulación de la hipótesis

#### 3.1.1. *Hipótesis general*

**Hi** El nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.

**Ho** El nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La

Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.

### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- Hipótesis específica 1

**H<sub>1</sub>** El nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.

**H<sub>0</sub>** El nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.

- Hipótesis específica 2

**H<sub>2</sub>** El nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.

**H<sub>0</sub>** El nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina

Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.

- Hipótesis específica 3

**H<sub>3</sub>** El nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.

**H<sub>0</sub>** El nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.

- Hipótesis específica 4

**H<sub>4</sub>** El nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.

**H<sub>0</sub>** El nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La

Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.

- Hipótesis específica 5

**H<sub>5</sub>** El nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.

**H<sub>0</sub>** El nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.

### **3.1.3. Variable**

Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape

Dimensiones:

- Marco legal

- Generalidades
- Factores que contribuyen a la corrosión por frío
- Métodos de prevención de la corrosión por frío
- Efectos producidos por la corrosión por frío

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1. Diseño de la Investigación**

Es “indudable que en una sociedad como la actual, intensiva en conocimiento en sus diferentes campos del saber, lo propio es reconocer la ignorancia y aprovechar el conocimiento, para potenciar la capacidad” (Bernal, 2010, p.39); y así “comprender y resolver de manera acertada, honesta, responsable, comprometida y creativa los diversos inciertos y complejos problemas que como personas y sociedad se enfrenta a diario” (Bernal, 2010, p.40). Así, a niveles académicos de conocimientos científicos se debería incentivar el discernimiento de la realidad (externa y propia), las ideas críticas y la realidad.

Al respecto, Ruiz (2010, como se citó en Silvestre y Huamán, 2019) describe que “el éxito de un país no se debe al buen manejo de las políticas

macroeconómicas, a la disponibilidad de recursos físicos, a la toma de decisiones empresariales adecuadas o al aprovechamiento de oportunidades del mercado nacional e internacional” (p.72); sino enfatiza a la “excelencia en la formación de sus habitantes en los diferentes campos del saber y en el conocimiento sistemático de la realidad propia y externa con el compromiso de contribuir con el propio desarrollo y el del conjunto de la sociedad” (p.75).

Por consiguiente, la ciencia es un conjunto de conocimientos sistematizados, racionales, objetivos, verificables o demostrables, provisionales, que son obtenidos metódicamente y se encuentran en pleno desarrollo, referidos a la realidad natural, social y del pensamiento (Ñaupas et al., 2018).

De acuerdo con el enfoque cuantitativo, Kogan (2009) afirma en su trabajo de investigación “aprender a investigar”; la investigación cuantitativa busca generar conocimiento, a partir de herramientas como las encuestas. En ellas, los investigadores consideran las variables de estudio de forma descontextualizada. Por ejemplo, se puede preguntar ¿En el último mes se practicó algún deporte? El investigador esperará una respuesta afirmativa o negativa pero no estará interesado en comprender el contexto que envuelve dicha variable. Es decir, no indaga sobre los sentimientos que acompañan el haber realizado o no la actividad deportiva, ni se busca explicación sobre las circunstancias que lo han llevado a ello, ni sobre el ambiente donde usualmente realiza dichos ejercicios (Silvestre & Huamán, 2019).

Paralelamente, el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística descriptiva e inferencial, en tratamiento estadístico y la prueba de hipótesis, la formulación de hipótesis estadísticas, el diseño formalizado de los tipos de investigación, de muestreo, etc.

Respecto al tipo de investigación, es conocida como pura, teórica o fundamental, y busca poner a prueba una teoría con escasa o ninguna intención de aplicar sus resultados a problemas prácticos. Esto significa que no está diseñada para resolver problemas prácticos. El científico se preocupa por el desarrollo del conocimiento científico y no se le exige que explique las implicaciones prácticas de su estudio. Se preocupa por recoger información de la realidad para enriquecer el conocimiento teórico y científico, orientado al descubrimiento de principios y leyes (Valderrama, 2013).

En virtud de lo anterior, el autor refiere que la ciencia básica no está atravesada por intereses prácticos ni por una ideología particular, y que su único fin es la búsqueda de la verdad. De donde se concluye que la ciencia pura no tiene responsabilidades éticas respecto de las consecuencias que resultan de las aplicaciones de lo que descubre o produce como saber.

En efecto, las ciencias básicas permiten adquirir un conocimiento de métodos o caminos diversos para lograr un razonamiento lógico más eficaz, si

bien algunas ciencias dan el contexto para aplicar el método, siempre se presenta el lugar activo del estudiante y la invitación constante a cuestionar, arriesgarse a cometer errores, y a buscar nuevos caminos y construir un método propio de resolución del problema (Pino, 2018).

En cuanto al nivel descriptivo, es una investigación de segundo nivel, inicial, cuyo objetivo principal es recopilar datos e informaciones sobre las características, propiedades, aspectos o dimensiones, clasificación de los objetos, personas, agentes e instituciones, de los procesos naturales o sociales. La investigación descriptiva, comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación de los sujetos del estudio. Un estudio descriptivo determina e informa los modos de ser de los objetos (Ñaupas et al., 2018).

Por añadidura, Hernández et al. (2018, como se citó en Valderrama, 2013) revela: los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetivos o cualquier otro fenómeno que se somete a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta, sobre los conceptos o las variables a las que se refiere; su objetivo no es indicar como se relacionan estas (p. 80).

En cuanto al diseño no experimental, el cual es utilizado en la investigación; se considera un estudio que se realiza sin manipular deliberadamente las

variables. Es decir, se trata de estudios donde no se hace variar en forma intencional las variables independientes, para ver su efecto sobre otras variables. El investigador, lo que hace en la investigación no experimental, es observar fenómenos tal como se dan en su contexto, para luego analizarlos (Hernández et al., 2014).

En este diseño, la población muestral es observada en su ambiente natural y en su realidad. La tarea sustancial del investigador es la de observar los problemas para luego analizarlos en su ambiente natural y, así, describirlos o medir los niveles de correlación explicando las causas y efectos; en otros casos, prediciendo algún problema k podría suceder en el futuro (Valderrama, 2013).

Para fines de la tesis, se empleó el diseño no experimental debido a la nula manipulación de la variable de interés; y corte transversal, ya que la medición y agrupación de datos se ejecutó en un solo tiempo.

Con referencia al método hipotético deductivo, se concibe como el inicio de una investigación a partir de los problemas y las hipótesis, y no a partir de la observación como lo entiende la concepción inductivista ingenua de la ciencia. Para contrastar una hipótesis con los hechos se deben deducir de las mismas consecuencias observacionales o implicaciones contrastadoras que deberían producirse de ser correcta la hipótesis. Una implicación contrastadora es una predicción observable que en tanto la implicación deducida de la hipótesis debe necesariamente cumplirse de ser verdadera la hipótesis. Tales implicaciones son

la base sobre la cual, mediante la observación o la experimentación, se contrasta (poner a prueba) a la hipótesis con los hechos. Las condiciones creadas por la implicación contrastadora deben poder reproducirse para poner a prueba la hipótesis cuantas veces se considere necesario (Vieytes, 2004).

## **4.2. Población y muestra**

Respecto a las unidades elementales, se considera así a la unidad acerca de la cual se solicita información. Esta unidad es la que suministra la base del análisis. También se las define como las unidades que representan las partes más pequeñas de los elementos capaces de presentar una característica particular.

### **4.2.1. Población**

Constituye el conjunto de observaciones (unidad de estudio) que forman parte de la investigación (Quezada, 2019). Es el conjunto de elementos llamados unidades de análisis (personas, objetos, organizaciones, sucesos comunidades, situaciones eventos, etc.), recibe el nombre de universo o población, y se representa con la letra mayúscula (N). En todo caso, el universo o población se refiere a todas las unidades naturales y sociales, que pertenecen a un ámbito espacial, donde se realiza la investigación (Silvestre & Huamán, 2019).

En ese sentido, la población fue agrupada por todos los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.

#### **4.2.2. Muestra**

Consiste en un grupo reducido de elementos elegidos al azar de la población, en el cual se evalúan características particulares con el propósito de inferir tales características a toda la población (Quezada, 2019).

Debido a la pequeña proporción de la población, la técnica de muestreo es de tipo no probabilística dirigida, por criterio o intencional; ya que todos los integrantes de la muestra son oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017. Tal y como lo señala Grajales Guerra (2008); la muestra representativa es el subconjunto de la población o universo, seleccionado por métodos diversos, a fin de que el grupo seleccionado represente de manera apropiada a toda la población (muestra representativa), y al procedimiento donde se realiza la selección del subgrupo se llama muestreo.

Análogamente, la muestra estuvo conformada por 30 oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017; quienes actualmente se encuentran en el ejercicio de sus labores a bordo, y un grupo menor en tierra.

### 4.3. Operacionalización de la Variable

Anexo 3.

**Tabla 2**

*Baremación de la variable de interés*

Niveles	Rangos	D - 1	D - 2	D - 3	D - 4	D - 5
BAJO	0-9	0-2	1	1-2	0-4	1
MEDIO	10-19	3-4	2	3-4	5-9	2
ALTO	20-30	5-6	3	5	10-13	3

### 4.4. Técnicas para la Recolección de Datos

Las técnicas de la investigación vienen a ser un conjunto de procedimientos que el investigador utiliza para lograr determinadas metas o resolver un problema específico. En otras palabras, la técnica es algo subjetivo, que el investigador tiene como concepto dentro de él (Silvestre & Huamán, 2019).

#### 4.4.1. Técnica

La técnica es el conocimiento capaz de articular sistemática e intencionalmente información y actividades, que favorecen la elaboración de conocimientos correspondientes a determinada dimensión del mundo. Para ser más claro, las técnicas son competencias operativas que existen

fundamentalmente dentro del investigador, mientras que los instrumentos son objetos externos usados por el investigador en su desempeño investigativo (Chiroque Chunga, s.f., como se citó en Quezada, 2019).

#### **4.4.2. Instrumento**

Es cualquier recurso del que vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. Un instrumento de medición debe cubrir dos requisitos: confiabilidad y validez (Quezada, 2019).

Por añadidura; es un recurso material que utiliza el investigador como medio para registrar la información o datos sobre las variables del estudio, con lo cual podrá responder a la pregunta de investigación. Estos instrumentos de medición deben ser confiables y válidos, que garanticen la calidad de los datos. La calidad de los datos recabados dará valor e importancia al análisis de los datos y las conclusiones (Grajales Guerra, 2008, como se citó en Quezada, 2019).

**Instrumento de medición para la variable de interés Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape:**

Se utilizó un cuestionario tipo dicotómico (30 ítems) con alternativas de respuestas 1) a; 2) b; 3) c. Para medir el nivel de discernimiento en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017. La formulación de las preguntas se

relaciona con los indicadores y estos, consecuentemente, con las dimensiones de la variable en estudio (Anexo 4).

#### **FICHA TÉCNICA DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**

Nombre	Cuestionario de la variable de estudio:  Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape
Autores	Garma Estrada, Leyfer Joel  Sosa Salazar, Roy Vladimir
Año	2022
Objetivo	Determinar el nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.
Administración	Individual
Muestreo	30 oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-

	2017. El muestreo empleado fue de tipo no probabilística dirigida, por criterio o intencional.
Nivel de confianza	Nivel de confianza del 95% y error +/- 5% para el análisis global de las dimensiones e indicadores respectivamente (Estadística).
Dimensiones	Número de dimensiones: Dimensión 1: 3 indicadores Dimensión 2: 3 indicadores Dimensión 3: 2 indicadores Dimensión 4: 3 indicadores Dimensión 5: 2 indicadores Total = 13 indicadores
Material	Medios electrónicos.

Por otro lado, la confiabilidad y la validez son las cualidades básicas que deben tener todas las pruebas o herramientas de recolección de información. Si el instrumento cumple con estos requisitos, los resultados alcanzados en la investigación están garantizados, por lo que las conclusiones son creíbles.

La validez está relacionada con la racionalidad, o más exactamente, con el enlace entre el modelo teórico establecido en la investigación y la realidad empírica. El instrumento que mide el nivel de conocimiento teórico se conforma por 30 preguntas cerradas. Referente a la validez interna, fue homologado por 5

especialistas en el tema investigativo (Anexo 5). Referente a la fiabilidad, para aplicar la prueba de confiabilidad, se emplearon los corolarios de la prueba piloto aplicada a 5 elementos de análisis con características similares de la muestra, mediante el estadístico de consistencia interna “KR – 20” (Kuder Richardson) para reactivos dicotómicos lo cual indicó un valor de 0.869 en concordancia con los corolarios del análisis de consistencia interna que pertenece a la variable de estudio; y según los niveles establecidos en la tabla de valores (KR – 20), se estableció que el instrumento de investigación es de elevada consistencia interna.

**Tabla 3**

*Estadístico de fiabilidad “KR – 20”*

<b>Estadístico de fiabilidad</b>	
KR – 20	N de elementos
,869	30

**Tabla 4**

*Tabla de valores de “KR – 20”*

Coeficiente	Relación
0.00 a +/- 0.20	Despreciable
0.20 a 0.40	Baja o ligera
0.40 a 0.60	Moderada
0.60 a 0.80	Marcada
0.80 a 1.00	Muy Alta

#### **4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos**

Dentro de los métodos y técnicas que tienen un papel de puente integrador, de eslabón de contacto entre la investigación cuantitativa y la investigación cualitativa se encuentra el análisis de contenido. En las ciencias sociales es necesario valorar, interpretar y explicar información de carácter subjetivo en el sentido amplio de la palabra, la técnica de análisis de contenido permite precisar la orientación y los contenidos relevantes expresados en una determinada información (Arias, 2012).

Para efectos del presente estudio científico, se elaboró una base de datos en el programa Excel (versión 18), diferenciando los valores entre dimensiones y variable. Luego se procedió a insertar dichos valores al programa “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS, versión 27) para iniciar el procesamiento de datos. Haciendo uso principalmente de la estadística descriptiva lo cual es conveniente para el nivel de investigación planteado. A través de gráficos y tablas de frecuencias se proyectaron los resultados finales del estudio.

#### **4.6. Aspectos Éticos**

Se puede ver que tanto los científicos que realizan investigaciones como las personas que las utilizan deben ser éticos. Un investigador que a menudo trabaja con personas o animales debe tener una base bien establecida de valores éticos para evitar procedimientos o daños graves a los seres vivos. Para ello, existe el

Código de Ética Profesional, que es un contrato social entre colectivos profesionales cuyo objeto es instigar, fomentar y fomentar el comportamiento ético y prevenir las malas conductas profesionales. Hay muchos términos importantes y aplicables sobre la ética de la investigación, uno de ellos es el plagio, que es un tema que no puede quedar en blanco y negro porque tiene sus peculiaridades, es un tema real que no desaparece, de hecho cada vez crece más. Según el Collins English Dictionary, el plagio es el acto de plagio, la apropiación de ideas, pasajes, fragmentos o extractos de los escritos académicos de otros autores. El plagio consiste en robar ideas mediante la copia indiscriminada de ideas que no respetan o citan a los autores a los que pertenecen, así como ideas que no son debidamente citadas o respaldadas por quienes las pensaron (Salazar, Icaza & Alejo, 2018).

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS**

### **5.1. Procedimiento Estadístico para la Comprobación de Hipótesis**

Para Valderrama (2013) luego de haber obtenido los datos, el siguiente paso es realizar el análisis de los mismos para dar respuesta a la pregunta inicial y, si corresponde, poder aceptar o rechazar las hipótesis en estudio. Para el análisis cuantitativo, se recomienda analizar las preguntas contestadas, las no contestadas y las viciadas; estas últimas deben ser depuradas, pues el objetivo, en esta parte, es encontrar anomalías de datos recolectados.

Para fines de la presente pesquisa se hizo uso de la estadística descriptiva, para conocer de modo gráfico los variados niveles de conocimiento, brindada por los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, quienes

conformaron la muestra (bajo, medio, alto) con gráficos de barra relacionados a frecuencias y porcentajes.

## 5.2. Descripción de los resultados

### 5.2.1. Variable de Interés:

En cuanto a la variable nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape, los datos logrados en la Tabla 5, permiten visualizar los porcentajes y frecuencias del cual un 33,3 % se sitúa en la escala “BAJO”; un 50 % se sitúa en la escala “MEDIO”; un 16,7 % se sitúa en la escala “ALTO”. Los resultados señalan que el mayor porcentaje de los reactivos se sitúa en la escala “MEDIO”.

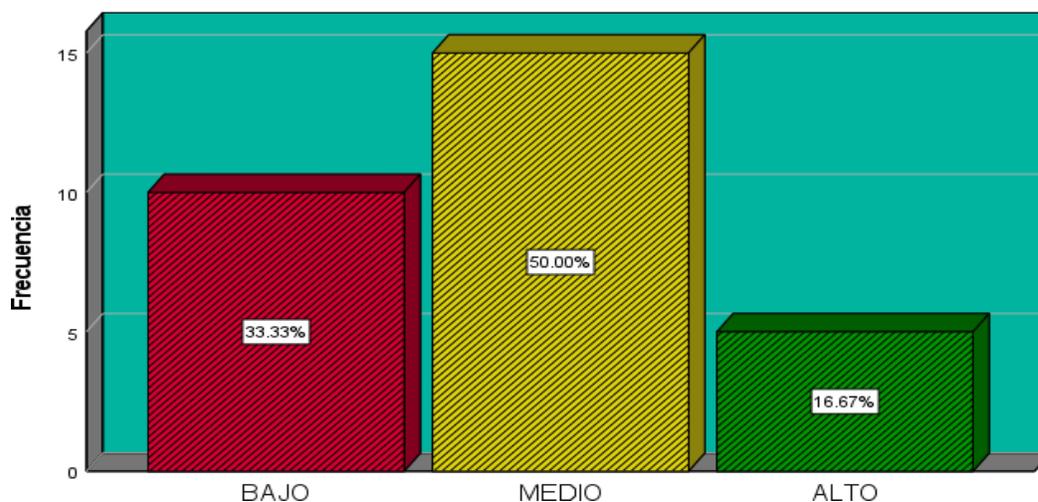
**Tabla 5**

*Variable de interés*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	BAJO	10	33.3	33.3	33.3
	MEDIO	15	50.0	50.0	83.3
	ALTO	5	16.7	16.7	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

**Figura 24**

*Descripción de la variable interés*



**5.2.1.1. Dimensión 1: Marco legal.** En cuanto a la dimensión 1 Marco legal, los datos logrados en la Tabla 6, permiten visualizar los porcentajes y frecuencias del cual un 36,7 % se sitúa en la escala “BAJO”; un 43,3 % se sitúa en la escala “MEDIO”; un 20 % se sitúa en la escala “ALTO”. Los resultados señalan que el mayor porcentaje de los reactivos se sitúa en la escala “MEDIO”.

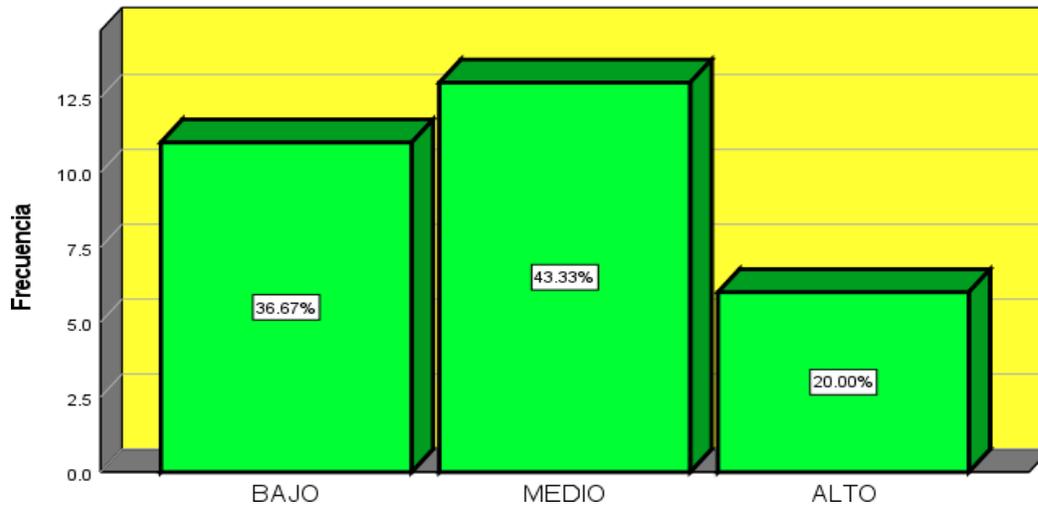
**Tabla 6**

*Resultados obtenidos de la dimensión 1*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	BAJO	11	36.7	36.7	36.7
	MEDIO	13	43.3	43.3	80.0
	ALTO	6	20.0	20.0	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

**Figura 25**

*Descripción de la dimensión 1*



**5.2.1.2. Dimensión 2: Generalidades.** En cuanto a la dimensión 2 Generalidades, los datos logrados en la Tabla 7, permiten visualizar los porcentajes y frecuencias del cual un 26,7 % se sitúa en la escala “BAJO”; un 60 % se sitúa en la escala “MEDIO”; un 13,3 % se sitúa en la escala “ALTO”. Los resultados señalan que el mayor porcentaje de los reactivos se sitúa en la escala “MEDIO”.

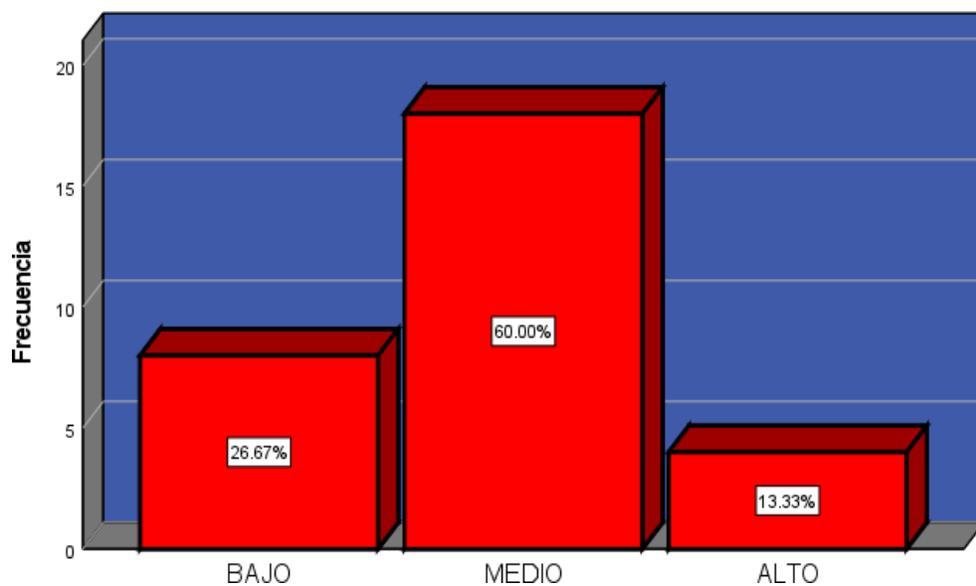
**Tabla 7**

*Resultados obtenidos de la dimensión 2*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	BAJO	8	26.7	26.7	26.7
	MEDIO	18	60.0	60.0	86.7
	ALTO	4	13.3	13.3	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

**Figura 26**

*Descripción de la dimensión 2*



### 5.2.1.3. Dimensión 3: Factores que contribuyen a la corrosión por frío.

En cuanto a la dimensión 3 Factores que contribuyen a la corrosión por frío, los datos logrados en la Tabla 8, permiten visualizar los porcentajes y frecuencias del cual un 30 % se sitúa en la escala “BAJO”; un 43,3 % se sitúa en la escala MEDIO”; un 26,7 % se sitúa en la escala “ALTO”. Los resultados señalan que el mayor porcentaje de los reactivos se sitúa en la escala “MEDIO”.

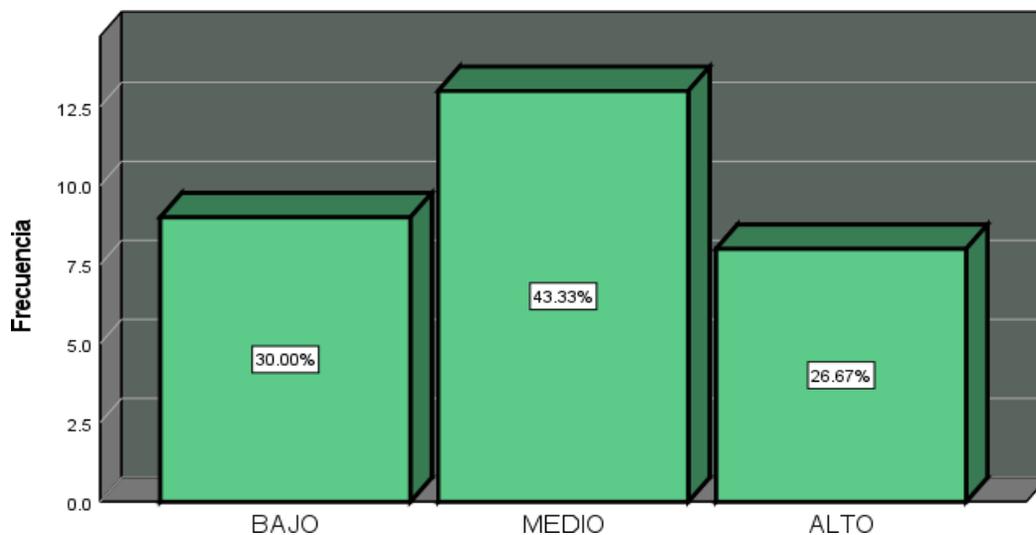
**Tabla 8**

*Resultados obtenidos de la dimensión 3*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	BAJO	9	30.0	30.0	30.0
	MEDIO	13	43.3	43.3	73.3
	ALTO	8	26.7	26.7	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

**Figura 27**

*Descripción de la dimensión 3*



#### 5.2.1.4. Dimensión 4: Métodos de prevención de la corrosión por frío.

En cuanto a la dimensión 4 Métodos de prevención, los datos logrados en la Tabla 9, permiten visualizar los porcentajes y frecuencias del cual un 36,7 % se sitúa en la escala “BAJO”; un 53,3 % se sitúa en la escala “MEDIO”; un 10 % se sitúa en la escala “ALTO”. Los resultados señalan que el mayor porcentaje de los reactivos se sitúa en la escala “MEDIO”.

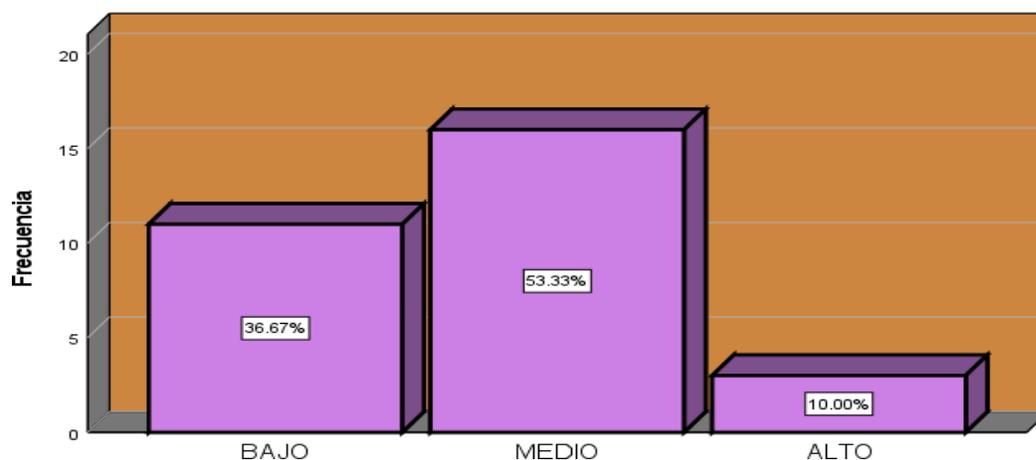
**Tabla 9**

*Resultados obtenidos de la dimensión 4*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	BAJO	11	36.7	36.7	36.7
	MEDIO	16	53.3	53.3	90.0
	ALTO	3	10.0	10.0	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

**Figura 28**

*Descripción de la dimensión 4*



**5.2.1.5. Dimensión 5: Efectos producidos por la corrosión por frío.** En cuanto a la dimensión 5 Efectos producidos por la corrosión por frío, los datos logrados en la Tabla 10, permiten visualizar los porcentajes y frecuencias del cual un 33,3 % se sitúa en la escala “BAJO”; un 43,3 % se sitúa en la escala “MEDIO”; un 23,3 % se sitúa en la escala “ALTO. Los resultados señalan que el mayor porcentaje de los reactivos se sitúa en la escala “MEDIO”.

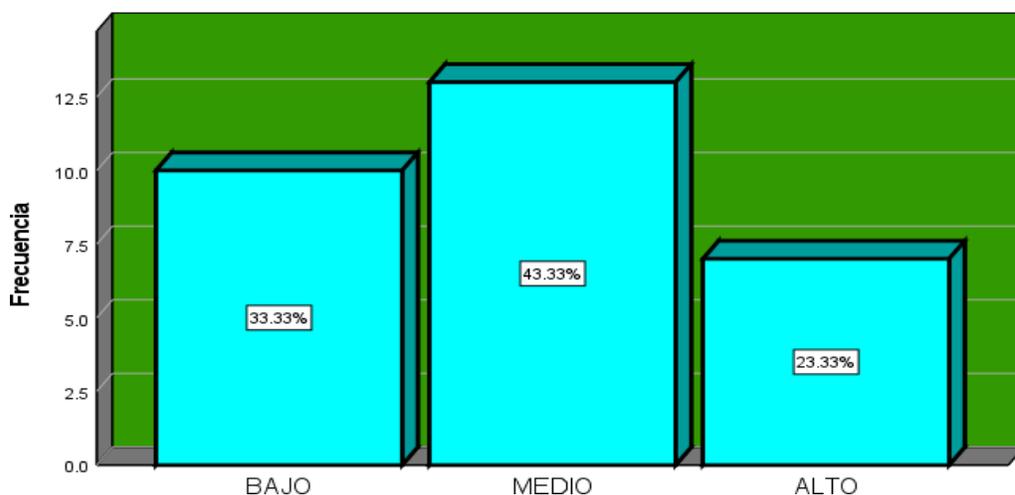
**Tabla 10**

*Resultados obtenidos de la dimensión 5*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	BAJO	10	33.3	33.3	33.3
	MEDIO	13	43.3	43.3	76.7
	ALTO	7	23.3	23.3	100.0
	Total	30	100.0	100.0	

**Figura 29**

*Descripción de la dimensión 5*



## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Discusión**

La tesis planteada encuentra argumentos similares en el estudio de Reina & Recalde (2020), los autores aportaron con saberes sustanciales enfocados en establecer que a través de pruebas y tras un registro delimitado por tiempo de trabajo en horas de acuerdo al alto contenido de azufre; se obtuvieron los datos donde se afirma que el diésel rico en azufre reduce su TBN y viscosidad. Respecto a la estructura metodológica, no guardan similitudes debido al enfoque cuantitativo, nivel explicativo, diseño experimental y tipo aplicada.

Respecto al estudio de Toscano (2020), los resultados condicen con los hallazgos teóricos planteados por el autor, el cual señala que es de vital

importancia saber que aceite es el más recomendable en cuanto al nivel de azufre en el combustible diésel, debido al contenido de propiedades adecuadas que interfieran directamente con la oxidación del aceite. Por otro lado, el autor desarrolló su estudio desde una perspectiva cuantitativa, diseño experimental, nivel explicativo – comparativo, tipo aplicada. Lo cual no se acerca en términos metodológicos a la presente tesis.

Respecto a la investigación de Hartvig (2019), guarda similitud con el presente informe de investigación, en función a los resultados que revelaron que el trabajo aporta información sobre cómo el  $H_2SO_4$  es neutralizado por las micelas inversas de  $CaCO_3$  en la película de aceite lubricante y que el  $SO_2$  no es una preocupación con respecto al consumo de  $CaCO_3$ . Las herramientas desarrolladas se pueden utilizar en modelos de motores diésel marinos de dos tiempos completos, incluida la estimación de la tasa de condensación de  $H_2SO_4$  y la tasa de corrosión de la superficie de la camisa del cilindro por  $H_2SO_4$  sin reaccionar en la emulsión de aceite lubricante, con el objetivo de determinar la lubricación óptima. Respecto al método de investigación, no se consideran semejantes, ya que basó su análisis bajo un diseño experimental puro, de tipo aplicada y nivel explicativo.

Con la investigación presentada por Hernández (2018), se destacan semejanzas metodológicas, ya que basó su análisis desde un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, corte transeccional, tipo básica y diseño no experimental. De igual manera con los resultados, donde revelan que con el

desarrollo de la electrónica de control más reciente, el sistema de lubricación por pulsos y el sistema de lubricación Alpha proporcionaron una lubricación programada con un consumo reducido de aceite lubricante para los cilindros. Al instalar estos modernos sistemas, la velocidad de alimentación se puede ajustar automáticamente con respecto a las condiciones de funcionamiento del motor, por lo que no se desperdiciará el aceite de los cilindros y las camisas de los cilindros estarán en buenas condiciones durante mucho tiempo.

Guevara & Cayle (2021) utilizaron una metodología basada en el enfoque cualitativo, tipo básica, nivel exploratorio y diseño fenomenológico. Por tal motivo, no se consideran estudios homólogos desde una perspectiva metodológica. Sin embargo, se respaldan sus resultados los cuales permitieron establecer teorizaciones sobre la lubricación en motores de dos tiempos; lubricación en motores de cuatro tiempos; y acciones para evitar daños en el motor relacionados al uso de combustible con bajo contenido de azufre y lubricación; todo ello integrado dentro de la categoría principal de análisis: Repercusiones en la lubricación de motores marinos por el uso de combustible con bajo contenido de azufre.

Respecto al trabajo realizado por Prada & Ulloa (2018), se coincide parcialmente con los resultados, en razón de que los autores afirman que las estadísticas descriptivas para la variable operatividad de motor indicaron que el 62.5 % de los tripulantes están en un nivel medio, 25 % de nivel alto y 12.5 % del nivel bajo; demostrando que la mayoría tiene conocimientos intermedios. Para la

variable tipo de aceites de cilindro, el 79.2 % se encontraron en el nivel medio mientras que el 20.8 % en el nivel bajo. Respecto a la metodología empleada, existen concordancias respecto al diseño no experimental, enfoque cuantitativo, diseño descriptivo correlacional de corte transversal.

## 6.2. Conclusiones

**Primera.** El nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel “medio” con un 50 %, por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Segunda.** El nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel “medio” con un 43.3 %, por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Tercera.** El nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel “medio” con un 60 %, por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Cuarta.** El nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-

2017, se ubica en un nivel “medio” con un 43.3 %, por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Quinta.** El nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel “medio” con un 53.3 %, por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Sexta.** El nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel “medio” con un 43,3 %, por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

### 6.3. Recomendaciones

**Primera.** Para los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, identificar la normativa EEXI basada en el Anexo VI del convenio MARPOL, en razón de que su aplicación (2023) está próxima a establecerse. Cabe destacar que cuando se adopte la normativa EEXI, esta contribuirá a la problemática observada referente a la corrosión por frío.

**Segunda.** Analizar el funcionamiento de los motores marinos de 2 tiempos para lograr un entendimiento integral de su relación con el sistema de limpieza de gases de escape. La concientización sobre el uso del Scrubber y el combustible con alto contenido de azufre ayudará a identificar los diferentes tipos de desgaste por la corrosión por frío.

**Tercera.** Identificar los factores que contribuyen a la corrosión por frío desde una perspectiva teórica, con el fin de entender el funcionamiento del motor a vapor lento y captar de manera objetiva las modificaciones nuevas. Así como continuar la presente línea de investigación basada en factores que deterioran el estado de los componentes de la cámara de combustión.

**Cuarta.** Concientizar a los oficiales egresados de la especialidad de máquinas respecto a los métodos de prevención; así como tener en cuenta las investigaciones en curso y destacar datos relevantes respecto a los sistemas

modernos de lubricación de cilindros Alpha Lubricator y el sistema de lubricación por pulsos.

**Quinta.** También se exhorta leer y poner en práctica la guía didáctica elaborada con el fin de generar un entendimiento didáctico y más práctico a los oficiales egresados de la especialidad de máquinas y cadetes de los respectivos buques mercantes. En efecto, las empresas navieras peruanas podrían hacer uso del aporte a través de capacitaciones, charlas y procesos de inducción para los nuevos oficiales junior de la especialidad de máquinas.

**Sexta.** Promover plataformas didácticas tecnológicas, que ayuden a discernir entre el conocimiento empírico y los datos técnicos que conlleva el presente estudio basado en la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Referencias bibliográficas

- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica* (6<sup>ta</sup> ed.). Editorial Episteme.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3<sup>ra</sup> ed.). PEARSON.
- Canter, N. (2017). *Marine diesel cylinder engine oils: Lubrication challenges impacted by operating conditions and regulations*. TECH BEAT.
- Chevron. (2020). *Chevron expertise solves cold corrosion issues*. Marine lubricants information customer benefit study.
- Chevron. (2020). *On board & on shore drip oil analysis for two-stroke marine engines*. Marine lubricants information bulletin 18.
- Christensen, O. (2010). *Cylinder lubrication of two-stroke crosshead marine diesel engines*. WÄRTSILÄ TECHNICAL JOURNAL.
- CIMAC. (2016). *Interaction between ship operation and cylinder lubrication of marine two-stroke diesel engines*. CIMAC CONGRESS.
- CIMAC. (2017). *Directriz CIMAC Corrosión fría en motores marinos de dos tiempos*. INTERNATIONAL COUNCIL ON COMBUSTION ENGINES.
- García, A. (2018). *Estudio sobre la reducción de emisiones NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Cantabria.
- Gulf Marine. (2020). *Sweep Test Procedure for MAN B&W Two – Stroke Diesel Engines*. Gulf Oil Marine Ltd.

- GulfSea SDA Insights. (2020). *Scavenge Port Inspection Guidelines*. Gulf Oil Marine Ltd.
- Hernández, L. (2018). *Analysis of cylinder liners lubrication systems in modern slow speed marine engines*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación* (1<sup>era</sup> ed.). Editorial Mc Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6<sup>ta</sup> ed.). Editorial McGraw Hill.
- Jensen, M. V., Karvounis, N., Pang, K. M., Ong, J. C., Schramm, J., & Walther, J. H. (2019). *Numerical Investigation of the Effect of Conjugate Heat Transfer on Sulfuric Acid Condensation in a Large Two-Stroke Marine Diesel Engine*. Paper presented at 14th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics.
- Kantharia, R. (2012). *The Guide to Slow Steaming on Ships*. Published by Marine Insight.
- Karvounis, N., Mun, K., Mayer, S. y Honoré, J. (2018). Numerical simulation of condensation of sulfuric acid and water in a large two-stroke marine diesel engine. *Applied Energy*, 211 (2018) 1009–1020.
- MAN B&W Two-stroke Engines. (2014). *Operation on Low-Sulphur Fuels*. 707X10 Edition 50C.
- MAN Diesel & Turbo. (2003). *Alpha Lubricator System*. 707X10 Edition 40C.
- MAN Diesel & Turbo. (2013). *Cylinder Liner Cold Corrosion Control*. Market Update Note

- MAN Diesel & Turbo. (2013). *Diesel Service Alpha Adaptive Cylinder Oil Control (Alpha ACC)*. Market Update Note
- MAN Diesel & Turbo. (2013). *Load Dependent Cylinder Liner (LDCL) Cooling Water System on G/S80/S90, Mk. 9 Engines*. LEL/SUK/PLB/DUN.
- MAN Diesel & Turbo. (2014). *MAN advises on combating liner cold corrosion*. Royal Belgian Institute of Marine Engineers.
- MAN Diesel & Turbo. (2014). *Service Experience MAN B&W Two-stroke Engines*. Market Update Note
- MAN Diesel & Turbo. (s.f.). *Experiencia de servicio. Motores de dos tiempos MAN B&W*. Engineering the Future.
- MAN Energy Solutions. (2019). *Cooling water inlet temperatura at scavenge air cooler*. Market Update Note.
- MEPC.308(73). (2018). *2018 GUIDELINES ON THE METHOD OF CALCULATION OF THE ATTAINED ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX (EEDI) FOR NEW SHIPS*. CPI Group..
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J. y Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación* (5<sup>ta</sup> ed.). Ediciones de la U.
- OMI. (2016). *IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation*. Module 3 – From Management to Operation.
- Quezada, N. (2019). *Metodología de la investigación* (1<sup>era</sup> ed.). Empresa editora Macro EIRL.
- Reina, C. & Recalde, C. (2020). *Estudio de la formación de Ácido Sulfúrico y los fenómenos que ocurren en el aceite de un motor Diésel durante el proceso*

- de combustión*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Internacional del Ecuador.
- Salazar, M. B., Icaza, M. F. & Alejo, O. A. (2018). La importancia de la ética en la investigación. *Universidad y Sociedad*, 10(1), 305-311.
- Silvestre, I. y Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria de investigación* (1<sup>era</sup> ed.). Editorial San Marcos.
- Tonistastre, J. (s.f.). *Estudio Técnico Económico del “Slow Steaming” como Medida de Reducción Inmediata de las Emisiones Contaminantes de un Buque Mercante*. Core DMN - Trabajo de Final de Carrera.
- Toscano, C. (2020). *Análisis comparativo, del comportamiento del tbn en los aceites de motores diésel, efectos y formación de ácido sulfúrico en el proceso de combustión, determinando la vida útil del aceite*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Internacional del Ecuador.
- TRIBOCARE. (2018). *2-STROKE MARINE ENGINES OPTIMIZATION. CYLINDER OIL DRAIN ANALYSIS SWEEP TEST /QUICK TEST ENGINE SCREENING*.
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica* (2<sup>da</sup> Ed.). Editorial San Marcos.
- Valderrama, S. (2019). *El desarrollo de la tesis descriptiva-comparativa, correlacional y cuasiexperimental* (1<sup>ra</sup> ed.). Editorial San Marcos.
- Vara, A., (2015). *7 Pasos para elaborar una TESIS* (1<sup>ra</sup> ed.). Macro EIRL.
- Veigel, R. (s.f.). *CASE WALLEM: Blending on Board reduces lubrication costs for bulk carriers*. Energy Environment Economy.

Vieytes, R. (2004). *Metodología de la Investigación en organizaciones, mercado y sociedad*. Editorial de las Ciencias.

Wiesmann, A. (2010). *Slow steaming – a viable long-term option?* WÄRTSILÄ TECHNICAL JOURNAL.

## Referencias electrónicas

AMARINE-BLOG. (S.F.). *COLD/HOT CORROSION IN MAIN ENGINE.*

<https://amarineblog.com/2017/06/20/coldhot-corrosion-in-main-engine/>

CIMAC. (2021). *CIMAC Recommendation No. 31.*

<https://www.cimac.com/publications/recommendations410/cimac-recommendation-no.-31.html>

Core. (2013). *Estudio técnico económico del “Slow Steaming” como medida de reducción inmediata de las emisiones contaminantes de un buque mercante.*

[https://core.ac.uk/display/41809030?utm\\_source=pdf&utm\\_medium=banner&utm\\_campaign=pdf-decoration-v1](https://core.ac.uk/display/41809030?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1)

CORROSIONPEDIA. (2019). *Cold Corrosion.*

<https://www.corrosionpedia.com/definition/1557/cold-corrosion#:~:text=Cold%20corrosion%20is%20an%20abnormal,combustion%20process%20of%20the%20engine.>

ExxonMobil. (2020). *Marine engine cold corrosión.*

<https://www.exxonmobil.com/en/marine/technicalresource/marine-resources/engine-cold-corrosion>

Human Environment and Transport Inspectorate. (2013). *MEPC.1/Circ.815 - Guidance on treatment of innovative energy efficiency technologies.*

[https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC\\_1642\\_14/1/](https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC_1642_14/1/)

Infomarine on-line. (2021). *Understanding Cylinder lubrication system with Alpha lubricators.*

<https://www.cadenadesuministro.es/noticias/espana-se-adhiere-al-convenio-internacional-sobre-reciclaje-de-buques/>

Lloyd's Register. (2020). *EEXI - ENERGY EFFICIENCY EXISTING SHIP INDEX.*

<https://www.lr.org/en/eexi-energy-efficiency-existing-ship-index/>

Lubmarine. (s.f.). *¿What is cold corrosion and why is it so dangerous?*

<https://lubmarine.totalenergies.com/faq/technical/what-cold-corrosion-and-why-it-so-dangerous>

Maersk Fluid Technology. (s.f.). *SEA-Mate® Blending-on-Board Case Study: Cold Corrosion Prevention.*

[https://www.marinefluid.dk/images/sampledata/PDFfiler/Nye/43218-MaerskFluid-Cold-Corrosion-Prevention-case-study-2.pdf](https://www.marinefluid.dk/images/sampleddata/PDFfiler/Nye/43218-MaerskFluid-Cold-Corrosion-Prevention-case-study-2.pdf)

MARINE & OFFSHORE. (2021). *EEXI AND CII: DUAL REGULATIONS REDUCING SHIP'S CARBON IMPACT.* <https://marine-offshore.bureauveritas.com/insight/eexi-and-cii-dual-regulations-reducing-ships-carbon-impact>

<https://marine-offshore.bureauveritas.com/insight/eexi-and-cii-dual-regulations-reducing-ships-carbon-impact>

MARINE HACK. (s.f.). *HOT VS COLD CORROSION.*

<https://marinehack.blogspot.com/2016/09/hot-vs-cold-corrosion.html>

Marine Insight. (2019). *Ship's Main Engine Lubrication System Explained.*

<https://www.marineinsight.com/tech/ships-main-engine-lubrication-system-explained/#:~:text=Cylinder%20Lubrication%20system&text=Cylinder%20lubrication%20is%20required%20in,of%20the%20products%20of%20combustion.>

Marine Insight. (2019). *Understanding Hot And Cold Corrosion In Marine Engines.*

<https://www.marineinsight.com/tech/understanding-hot-cold-corrosion-marine-engines/>

- Maritime Cyprus. (2021). *Maritime compliance: EEXI – Energy Efficiency Existing Ship Index*. <https://maritimecyprus.com/2021/02/03/maritime-compliance-eexi-energy-efficiency-existing-ship-index/>
- NAPA. (2021). *The basics of EEXI – from 2023, all existing ships must meet new energy efficiency standards*. <https://www.napa.fi/the-basics-of-eexi-from-2023-all-existing-ships-must-meet-new-energy-efficiency-standards/>
- Tribocare. (2020). *ANALYSIS AND REPORTING. Cold Corrosion Monitoring*. [http://www.tribocare.com/cold\\_corrosion\\_monitoring.html](http://www.tribocare.com/cold_corrosion_monitoring.html)
- Verifavia Shipping. (2021). *Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI)*. <https://www.verifavia-shipping.com/shipping-carbon-emissions-verification/shipping-mrv-regulation-energy-efficiency-existing-ship-index-eexi-211.php>
- XChange. (2019). *How Slow Steaming Impacts Shippers and Carriers*. <https://www.container-xchange.com/blog/slow-steaming/>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO:** NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE EN LOS OFICIALES EGRESADOS DE LA ESPECIALIDAD DE MÁQUINAS DE LA ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE “ALMIRANTE MIGUEL GRAU”, PERÍODO 2016-2017.

**AUTORES:** Bachiller en Ciencias Marítimas GARMA ESTRADA, LEYFER JOEL – Bachiller en Ciencias Marítimas SOSA SALAZAR, ROY VLADIMIR

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales de la especialidad de máquinas egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?	Determinar el nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.	<p><b>Hi</b> El nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.</p> <p><b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.</p>	<p><b><u>VARIABLE DE INTERÉS</u></b></p> <p>Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco legal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anexo VI del convenio MARPOL</li> <li>• EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)</li> <li>• EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)</li> </ul>
<b><u>PROBLEMAS ESPECIFICOS</u></b>	<b><u>OBJETIVOS ESPECIFICOS</u></b>	<b><u>HIPOTESIS ESPECIFICAS</u></b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motores marinos de 2 tiempos</li> <li>• Corrosión por frío</li> <li>• Sistema de limpieza de gases de escape</li> </ul>
¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?	Determinar el nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.	<p><b>H<sub>1</sub></b> El nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.</p> <p><b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico del marco legal en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores que contribuyen a la corrosión por frío</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vapor lento (trabajo a baja carga)</li> <li>• Modificaciones Nuevas</li> </ul>	

<p>¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?</p> <p>¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?</p> <p>¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?</p> <p>¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017?</p>	<p>Determinar el nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.</p> <p>Determinar el nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.</p> <p>Determinar el nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.</p> <p>Determinar el nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017.</p>	<p><b>H<sub>2</sub></b> El nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.  <b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico de las generalidades en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.</p> <p><b>H<sub>3</sub></b> El nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.  <b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico de los factores que contribuyen a la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.</p> <p><b>H<sub>4</sub></b> El nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.  <b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico de los métodos de prevención de la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.</p> <p><b>H<sub>5</sub></b> El nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, se ubica en un nivel medio.  <b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico de los efectos producidos por la corrosión por frío en los oficiales egresados de la especialidad de máquinas de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, período 2016-2017, NO se ubica en un nivel medio.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Métodos de prevención de la corrosión por frío</li> <li>Efectos producidos por la corrosión por frío</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de lubricación de cilindros</li> <li>Sistema LDCL (Load dependent cylinder liner)</li> <li>Criterios de control</li> <li>Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros</li> <li>Pegado de los anillos de pistón</li> </ul>
--	--	---	--	--	--

ENFOQUE	TIPO	NIVEL	MÉTODO	DISEÑO	POBLACIÓN	MUESTRA	ANÁLISIS DE DATOS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
CUANTITATIVO	BÁSICA	DESCRIPTIVO	HIPOTETICO-DEDUCTIVO	NO EXPERIMENTAL	OFICIALES EGRESADOS DE LA ESPECIALIDAD DE MÁQUINAS DE LA ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE "ALMIRANTE MIGUEL GRAU", PERÍODO 2016-2017.	30 OFICIALES EGRESADOS DE LA ESPECIALIDAD DE MÁQUINAS DE LA ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE "ALMIRANTE MIGUEL GRAU", PERÍODO 2016-2017.	SOFTWARE SPSS VERSION 27. ESTADISTICA DESCRIPTIVA. TABLA DE FRECUENCIAS Y PORCENTAJES. GRAFICOS DE BARRAS.	ENCUESTA	CUESTIONARIO

## ANEXO 2

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**MEPC:** Marine environment protection committee.

**Motor diésel marino:** Todo motor alternativo de combustión interna que funcione con combustible líquido o mixto, incluidos los sistemas de sobre-alimentación o mixtos, en caso de que se empleen.

**Administración:** Gobierno del Estado bajo cuya autoridad esté operando el buque. Respecto a un buque con derecho a enarbolar el pabellón de un Estado, la Administración es el Gobierno de ese Estado.

**Procedimiento de verificación de los NO<sub>x</sub> a bordo:** El procedimiento y posible equipo requerido, especificado por el solicitante de la certificación del motor aprobado por la administración en los reconocimientos que procedan.

**Expediente Técnico:** Registro en el que figuran todos los pormenores de los parámetros, incluidos los elementos y reglajes del motor, que pueden incidir en las emisiones de NO<sub>x</sub> del motor.

**Reglaje:** El ajuste de una característica regulable que influye en el nivel de emisiones de NO<sub>x</sub> de un motor.

**Elementos:** Aquellas piezas intercambiables, identificadas por su número de proyecto o de pieza, que influyen en el nivel de emisiones de NO<sub>x</sub>.

**Certificado EIAPP:** El certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica para motores en relación con las emisiones de NO<sub>x</sub>.

**Certificado IAPP:** El certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica.

**Zona de control de emisiones:** Será cualquier zona marítima, incluida toda zona portuaria, designada por la Organización de conformidad con los criterios y procedimientos indicados.

**SFOC (Specific fuel oil consumption):** Consumo específico de combustible.

**Electroválvula:** Válvula que, por medio de un electroimán, regula el caudal de un líquido.

**MOP:** Main Operating Panel.

**Factor ACC:** Tasa de alimentación de aceite de cilindro.

**CWCU:** Unidad de control de agua de refrigeración.

**ECS (Engine control system):** Sistema de control de la máquina principal.

### ANEXO 3

## OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones/Indicadores				Escala de medición																																			
<p>Conocimiento refiere a hechos o información adquiridos por una persona a través de la experiencia o la educación, la comprensión teórica o práctica de un asunto referente a la realidad.</p>	<p>Se elaboró un cuestionario tipo dicotómico con 30 preguntas. Cada uno de los indicadores están relacionados con las dimensiones: Marco legal; Generalidades; Factores que contribuyen a la corrosión por frío; Métodos de prevención de la corrosión por frío; Efectos producidos por la corrosión por frío.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="696 616 1093 651">Dimensiones</th> <th data-bbox="1093 616 1563 651">Indicadores</th> <th data-bbox="1563 616 1733 651">Ítems</th> <th data-bbox="1733 616 1989 651">Niveles y rangos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="696 651 1093 826" rowspan="3">Marco legal</td> <td data-bbox="1093 651 1563 687">Anexo VI del convenio MARPOL</td> <td data-bbox="1563 651 1733 687">1,2,3,4</td> <td data-bbox="1733 651 1989 826" rowspan="3">BAJO: 0-9</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1093 687 1563 759">EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)</td> <td data-bbox="1563 687 1733 759">5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1093 759 1563 826">EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)</td> <td data-bbox="1563 759 1733 826">6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="696 826 1093 948" rowspan="3">Generalidades</td> <td data-bbox="1093 826 1563 863">Motores marinos de 2 tiempos</td> <td data-bbox="1563 826 1733 863">7</td> <td data-bbox="1733 826 1989 1059" rowspan="6">MEDIO: 10-19</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1093 863 1563 900">Corrosión por frío</td> <td data-bbox="1563 863 1733 900">8</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1093 900 1563 948">Sistema de limpieza de gases de escape</td> <td data-bbox="1563 900 1733 948">9</td> </tr> <tr> <td data-bbox="696 948 1093 1019" rowspan="2">Factores que contribuyen a la corrosión por frío</td> <td data-bbox="1093 948 1563 984">Vapor lento (trabajo a baja carga)</td> <td data-bbox="1563 948 1733 984">10</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1093 984 1563 1019">Modificaciones nuevas</td> <td data-bbox="1563 984 1733 1019">11,12,13,14</td> </tr> <tr> <td data-bbox="696 1019 1093 1203" rowspan="3">Métodos de prevención de la corrosión por frío</td> <td data-bbox="1093 1019 1563 1091">Sistema de lubricación de cilindros</td> <td data-bbox="1563 1019 1733 1091">15,16,17,18,19,20</td> <td data-bbox="1733 1059 1989 1315" rowspan="4">ALTO: 20-30</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1093 1091 1563 1144">Sistema LDCL (Load dependent colinder liner)</td> <td data-bbox="1563 1091 1733 1144">21,22</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1093 1144 1563 1203">Criterios de control</td> <td data-bbox="1563 1144 1733 1203">23,24,25,26,27</td> </tr> <tr> <td data-bbox="696 1203 1093 1315" rowspan="2">Efectos producidos por la corrosión por frío</td> <td data-bbox="1093 1203 1563 1275">Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros</td> <td data-bbox="1563 1203 1733 1275">28,29</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1093 1275 1563 1315">Pegado de los anillos de pistón</td> <td data-bbox="1563 1275 1733 1315">30</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Niveles y rangos	Marco legal	Anexo VI del convenio MARPOL	1,2,3,4	BAJO: 0-9	EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)	5	EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)	6	Generalidades	Motores marinos de 2 tiempos	7	MEDIO: 10-19	Corrosión por frío	8	Sistema de limpieza de gases de escape	9	Factores que contribuyen a la corrosión por frío	Vapor lento (trabajo a baja carga)	10	Modificaciones nuevas	11,12,13,14	Métodos de prevención de la corrosión por frío	Sistema de lubricación de cilindros	15,16,17,18,19,20	ALTO: 20-30	Sistema LDCL (Load dependent colinder liner)	21,22	Criterios de control	23,24,25,26,27	Efectos producidos por la corrosión por frío	Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros	28,29	Pegado de los anillos de pistón	30	ORDINAL
Dimensiones	Indicadores	Ítems	Niveles y rangos																																						
Marco legal	Anexo VI del convenio MARPOL	1,2,3,4	BAJO: 0-9																																						
	EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)	5																																							
	EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)	6																																							
Generalidades	Motores marinos de 2 tiempos	7	MEDIO: 10-19																																						
	Corrosión por frío	8																																							
	Sistema de limpieza de gases de escape	9																																							
Factores que contribuyen a la corrosión por frío	Vapor lento (trabajo a baja carga)	10																																							
	Modificaciones nuevas	11,12,13,14																																							
Métodos de prevención de la corrosión por frío	Sistema de lubricación de cilindros	15,16,17,18,19,20		ALTO: 20-30																																					
	Sistema LDCL (Load dependent colinder liner)	21,22																																							
	Criterios de control	23,24,25,26,27																																							
Efectos producidos por la corrosión por frío	Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros	28,29																																							
	Pegado de los anillos de pistón	30																																							

## ANEXO 4

### CUESTIONARIO DEL CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE

#### INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

Leer cuidadosamente cada pregunta antes de responder. Marcar con una equis "X" la respuesta correcta. No deje de responder ninguna pregunta. Este test es ANÓNIMO.

#### MARCO LEGAL

1.- Principales contaminantes atmosféricos que agotan la capa de ozono y están limitados por el anexo VI del convenio MARPOL.

- a) SO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub>.
- b) CO y NO<sub>x</sub>.
- c) SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>.

2.- A qué refiere la regla 13 del anexo VI del convenio MARPOL.

- a) Óxidos de Nitrógeno.
- b) Óxidos de Azufre.
- c) Dióxido de carbono.

3.- Los controles de \_\_\_\_\_ sólo se aplican a buques específicos mientras navegan en las zonas de control de emisiones (ECA)

- a) Nivel II
- b) Nivel III
- c) Nivel I

4.- Si usas el método de control secundario (Sistema de lavado de gases de escape) para el cumplimiento de la regla 14, que restricción de azufre en el combustible se debe cumplir:

- a) 3.5 % m/m.
- b) 0.5% m/m.
- c) No hay restricciones.

5.- El EEDI es aplicado para buques \_\_\_\_\_ y tiene como objetivo promover el uso de equipos y motores más eficientes energéticamente (menos contaminantes).

- a) Nuevos
- b) Petroleros
- c) Existentes

6.- La forma más fácil para el cumplimiento de la normativa EEXI es:

- a) Reducir la potencia del motor (Vapor lento).
- b) Modernización de tecnologías limpias.
- c) Limitadores de potencia del motor.

## GENERALIDADES

7.- La culata tiene una cantidad básica de orificios para:

a) La Válvula de escape, válvula de arranque, válvula de seguridad, entradas de agua de refrigeración e inyectores.

**b) La válvula de escape, inyectores, válvula de arranque, válvula de seguridad y purga.**

c) Inyectores, válvula de escape, válvula de arranque, salida de agua de refrigeración, inyectores de aceite de cilindros y purga.

8.- Como se forma el ácido sulfúrico acuoso en las camisas del motor.

**a)  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .**

b)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

c)  $\text{SO} + \text{H}_2\text{O}$ .

9.- ¿Cuál es la clasificación de los sistemas de limpieza de gases de escape según su funcionamiento?

a) Circuito cerrado y abierto.

**b) Húmedos y secos.**

c) Todas las anteriores.

## FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA CORROSIÓN POR FRÍO.

10.- A vapor lento, las temperaturas de las paredes de las camisas de los cilindros son más \_\_\_\_\_ y las presiones dentro de la cámara de combustión son más \_\_\_\_\_.

**a) Bajas/ altas**

b) Altas/ bajas

c) Altas/ se mantienen

11.- Las nuevas tecnologías que modifican la máquina principal de los buques y promueven la formación de corrosión por frío se dan debido a:

a) Las normativas SOX y el EEXI.

b) Las normativas NOX y el EEXI.

**c) Las normativas NOX(tier) y el EEDI.**

12.- La inyección estratificada de agua directa en la cámara de combustión de un motor es una forma de disminuir las emisiones de \_\_\_\_\_. Sin embargo puede reducir la temperatura de la cámara de combustión y así aumentar el riesgo de la formación de \_\_\_\_\_.

a)  $\text{SO}_x$  / ácido nitroso

**b)  $\text{NO}_x$  / ácido sulfúrico**

c)  $\text{CO}_2$  / ácido nítrico

13.- El sistema de recirculación de gases de escape disminuye las emisiones de  $\text{NO}_x$ , pero tiene riesgo de contraer corrosión en frío porque incorpora componentes \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_.

a) Sulfurosos/ la cámara de combustión.

**b) Ácidos/ la mezcla de aire.**

c) Carbonizados/ las camisas de los cilindros.

- 14.- Para adaptarse a las prácticas de vapor lento, los fabricantes de motores están diseñando motores modernos de tamaño \_\_\_\_\_, con una carrera más \_\_\_\_\_.
- a) Reducido/ corta
  - b) Reducido/ larga**
  - c) Promedio/ larga

### MÉTODOS DE PREVENCIÓN

- 15.- La lubricación del cilindro es necesaria para:
- a) Reducir la fricción entre los anillos y la camisa.
  - b) Reducir el desgaste corrosivo al neutralizar la acidez de los productos de la combustión.
  - c) a y b son correctas.**

- 16.- El aceite de cilindros es suministrado al motor mediante puntos situados radialmente alrededor de la camisa del cilindro, exactamente debajo de los \_\_\_\_\_, cuando el pistón este en posición del \_\_\_\_\_.
- a) Anillos de compresión/ punto muerto superior.**
  - b) Anillos de compresión/punto muerto inferior.
  - c) Anillos de aceite/ punto muerto superior.

- 17.- En la industria naviera, dos gigantes, MAN Diesel y Wartsila, han introducido una tecnología notable para los motores marinos modernos controlados electrónicamente, con relación a la lubricación de cilindros, estos son:
- a) Lubricación Alpha y Lubricación por pulsos.**
  - b) Lubricación Alpha y Sistema BOB (Blending of board).
  - c) Sistema BOB (Blending of Board) y Lubricación por pulsos.

- 18.- El "Alpha lubricator" se basa en el factor ACC, el cual mediante un algoritmo controla la tasa de alimentación de aceite del cilindro o la dosificación de aceite, proporcional \_\_\_\_\_ del combustible.
- a) A la viscosidad.
  - b) Al contenido de azufre.**
  - c) A la densidad.

- 19.- Un sistema de lubricación por pulsos es un sistema de lubricación de aceite de cilindro controlado electrónicamente para motores \_\_\_\_\_, en el que se inyecta una cantidad medida de aceite de cilindro en la camisa, según \_\_\_\_\_.
- a) MAN B&W/ la carga del motor
  - b) WARTSILA/ la carga del motor**
  - c) ninguna de las anteriores

- 20.- En la lubricación por pulsos existe un módulo de lubricación para cada cilindro y está formado por:
- a) Una bomba dosificadora, una electroválvula electrónica de control, un sensor de presión y un acumulador de tipo pistón.
  - b) Una bomba dosificadora, una electroválvula electrónica de control, un sensor de presión y un acumulador de tipo resorte.
  - c) Una bomba dosificadora, una electroválvula electrónica de control, un sensor de presión y un acumulador de tipo diafragma.**

21.- En el sistema LDCL la temperatura del agua en el circuito está controlada por una válvula de 3 vías, la cual ajusta la temperatura del agua hasta que alcanza el punto de consigna, la cual es generalmente de \_\_\_\_\_ °C del agua de refrigeración de las camisas de los cilindros y de \_\_\_\_\_ °C en la tapa y la válvula de escape

- a) 130 / 80-90
- b) 130 / 50-70
- c) 100 / 80-100

22.- El propósito del sistema de agua de enfriamiento LDCL es obtener una temperatura variable que generalmente consiste en \_\_\_\_\_ la temperatura del agua de enfriamiento de las camisas mientras el motor trabaje a \_\_\_\_\_.

- a) aumentar/ baja carga
- b) aumentar/ plena carga
- c) reducir / baja carga

23.- Las muestras de aceite por goteo pueden rastrear la condición del cilindro e identificar tendencias que pueden requerir una acción correctiva por parte del operador del motor, los dos parámetros clave en el aceite de goteo son:

- a) Viscosidad cinemática y Contenido de hierro.
- b) Alcalinidad residual y Contenido de hierro.
- c) Alcalinidad residual y Viscosidad cinemática.

24.- Respecto a la muestra del análisis de raspado, se recomienda realizar el muestreo:

- a) b y c son correctas.
- b) Con el motor en marcha.
- c) Si se ha parado el motor recientemente (max| 10 – 15 minutos).

25.- Respecto al Análisis a Bordo, el test kit para la corrosión por frío que existe a bordo sirve para poder diagnosticar la corrosión por frío porque proporciona una medida precisa del valor de partes por millón (PPM) de \_\_\_\_\_ que están compuestos en el aceite de barrido usado.

- a)  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$
- b)  $SO_2$  y  $SO_3$
- c) ninguna de las anteriores

26.- La prueba de barrido determina la tasa óptima de alimentación de aceite del cilindro en relación con el contenido de azufre en el combustible. Ello teniendo en cuenta que el aceite de cilindros no tenga exceso de \_\_\_\_\_ y escasez de \_\_\_\_\_.

- a) Alcalinidad residual / Contenido de hierro
- b) Contenido de hierro / Alcalinidad residual
- c) ninguna de las anteriores

27.- La prueba de barrido dura \_\_\_\_\_ días completos y debe realizarse durante un viaje largo en el que la carga del motor permanezca lo más constante posible. La tasa de alimentación del aceite del cilindro se fija durante \_\_\_\_\_ horas y las muestras de aceite de drenaje se toman al final del período para el análisis de raspado.

- a) 7 / 36
- b) 5 / 48
- c) 5 / 24

## EFFECTOS PRODUCIDOS POR LA CORROSIÓN POR FRÍO

28.- Cuando hay cierto grado de corrosión en la camisa de cilindros, esto se refleja típicamente en \_\_\_\_\_ que se forman en la superficie del revestimiento.

- a) manchas
- b) ralladuras
- c) hollín

29.- El desgaste máximo permisible de las camisas de los cilindros está en el intervalo de \_\_\_\_\_ del diámetro nominal, dependiendo del rendimiento real del cilindro y del anillo del pistón.

- a) 0,4% a 0,8%
- b) 0,2% a 0,4%
- c) 1% a 3%

30.- Cuando ocurre la corrosión por frío, generalmente se nota en los bordes de la superficie de los anillos, donde la mezcla de ácido sulfúrico y aceite del cilindro se acumula durante el movimiento del pistón. Esto puede provocar que los aros se peguen y puede ser controlado considerando \_\_\_\_\_.

- a) La tasa de alimentación del aceite
- b) El TBN del aceite
- c) Ambas son correctas

## ANEXO 5

### VALIDACIONES A CRITERIO DE JUECES EXPERTOS

1)

#### DATOS DEL EXPERTO

**Nombre completo** : Denis Paulino Pajares Suyo.

**Profesión** : Oficial de Marina Mercante con Mención en Maquinas.

**Grado académico** : Bachiller en Ciencias Marítimas.

**Características que lo determinan como experto:**

Experiencia en Buques Petroleros, Gaseros, Quimiqueros, Bulk Carrier y Offshore en navegación de cabotaje y aguas internacionales. Desempeñando a bordo las funciones de:

**PRIMER INGENIERO DE MÁQUINAS** – Encargado de la sala de máquina. Mantenimiento y operación del motor principal, bombas frammo, planta de gas inerte, winches de cubierta, grupos electrógenos, compresores de aire, compresores frigoríficos, sistema hidráulico-neumático, faenas de combustible y aceite. Guardia de navegación y puerto.

**SEGUNDO INGENIERO DE MAQUINAS** - : Mantenimiento y operación de grupos electrógenos, compresores de aire, compresores frigoríficos, sistema hidráulico-neumático, bombas frammo, planta de gas inerte, faenas de combustible y aceite, apoyo al primer ingeniero en trabajos de la máquina principal, guardia de navegación y puerto

**TERCER OFICIAL DE MAQUINAS** - Mantenimiento y operación de calderas, sistema de vapor, bombas en general, purificadoras de fuel, aceite y diesel, sistema de tratamiento de aguas servidas, evaporadoras, válvulas en general, faenas de combustible y aceite, apoyo al primer ingeniero en trabajos de la máquina principal, guardia de navegación y puerto.



Firma

DNI: 42509216

Fecha: 12/07/2022

Autores del instrumento: GARMA ESTRADA, LEYFER JOEL - SOSA SALAZAR, ROY VLADIMIR

FICHA DE EVALUACIÓN POR ITEMS

Estimado Especialista:

Indique si cada uno de los ítems que conforman el instrumento cumple con los criterios que se señalan. Para aquellos que no cumplen, especifique el por qué en la parte de comentarios.

**CUESTIONARIO DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE**

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR / ITEMS	CRITERIOS					COMENTARIO
			Está bien redactado o	Mide la variable de estudio	Está expresado de manera que pueda ser medible	Está redactado para el público al que se dirige	Mide el indicador (variable que dice medir)	
Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape	1. Marco legal	1.1. Anexo VI del convenio MARPOL	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.2. EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.3. EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)	✓	✓	✓	✓	✓	
	2. Generalidades	2.1. Motores marinos de 2 tiempos		✓	✓	✓	✓	
		2.2. Corrosión por frío		✓	✓	✓	✓	
		2.3. Sistema de limpieza de gases de escape		✓	✓	✓	✓	
	3. Factores que contribuyen a la corrosión por frío	3.1. Vapor lento (trabajo a baja carga)		✓	✓	✓	✓	
		3.2. Modificaciones Nuevas		✓	✓	✓	✓	
		4.1. Sistema de lubricación de cilindros		✓	✓	✓	✓	
	4. Métodos de prevención de la corrosión por frío	4.2. Sistema LDCL (Load dependent cylinder liner)		✓	✓	✓	✓	
		4.3. Criterios de control		✓	✓	✓	✓	
		5.1. Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros		✓	✓	✓	✓	
	5. Efectos producidos por la corrosión por frío	5.2. Pegado de los anillos de pistón		✓	✓	✓	✓	

**FICHA DE EVALUACIÓN GLOBAL DEL INSTRUMENTO**

Estimado Especialista:  
Agradecemos que responda si el instrumento de investigación, que se encuentra evaluando como juez, cumple con los siguientes requisitos abajo descritos. Si su respuesta fuera negativa hacia uno de ellos, especifique el por qué en comentarios.

	CRITERIOS		COMENTARIOS
	SI	NO	
1. Si el instrumento contribuye a lograr el objetivo de la investigación.	✓		
2. Si las instrucciones son fáciles.	✓		
3. Si el instrumento está organizado de forma lógica.	✓		
4. Si el lenguaje utilizado es apropiado para el público al que va dirigido.	✓		
5. Si existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.	✓		
6. Si las alternativas de respuesta son las apropiadas.	✓		
7. Si las puntuaciones asignadas a las respuestas son las adecuadas.	✓		
8. Si considera que los ítems son suficientes para medir el indicador.	✓		
9. Si considera que los indicadores son suficientes para medir la variable a investigar.	✓		
10. Si considera que los ítems son suficientes para medir la variable.	✓		

Nota: Sus respuestas estarán en función a como esté conformado el instrumento de investigación.

<b>NOMBRE DEL JUEZ (A)</b>	<b>EMPRESA DONDE LABORA</b>	<b>FIRMA</b>	<b>DNI</b>
Denis Paulino Pajares Suyo	Naviera Elcano S.A		42509216

2)

#### DATOS DEL EXPERTO

**Nombre completo** : Jorge Justo Palomino Guerrero.

**Profesión** : Oficial De Marina Mercante.

**Grado académico** : Bachiller en ciencias Náuticas.

**Características que lo determinan como experto:**

\*Egresado como Oficial de Maquinas de la Escuela Nacional de Marina Mercante.

\*Operación, mantenimiento y supervisión de motores de propulsión de 2 tiempos /4 tiempos, bombas centrífugas, bombas desplazamiento positivo, turbinas, refrigeración, sistemas neumáticos, sistemas hidráulicos, calderas, diésel generadores, plantas de generación de nitrógeno, plantas aire acondicionado, protección catódica, generadores de agua, condensadores, plantas de vacío, inertizado de tanques, purificadores de combustible/lubricantes todo lo anterior aplicado durante 29 años en buques tanques y de carga general

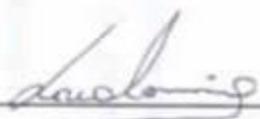
\*Diseño del plan de mantenimiento de Naviera Transgas, Marot & Polembros.

\*Inspector de Buques con calificación SIRE 3- OCIMF

\*Inspector P&I – INTERSEA Perú.

\*Profesor en la Escuela de Marina Mercante de cursos de motores, especializado de Buque Petroleros, Gaseros & Quimi queros.

\*Actualmente responsable Corporativo de la Seguridad Fluvial del Grupo Repsol.



---

Firma

DNI: 08779132

Fecha: 05.07.2022

FICHA DE EVALUACIÓN POR ITEMS

Estimado Especialista:

Indique si cada uno de los ítems que conforman el instrumento cumple con los criterios que se señalan. Para aquellos que no cumplen, especifique el por qué en la parte de comentarios.

**CUESTIONARIO DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE**

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR / ITEMS	CRITERIOS					COMENTARIO
			Está bien redactado o	Mide la variable de estudio	Está expresado de manera que pueda ser medible	Está redactado para el público al que se dirige	Mide el indicador (variable que dice medir)	
Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyen un sistema de limpieza de gases de escape	1. Marco legal	1.1. Anexo VI del convenio MARPOL	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.2. EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.3. EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)	✓	✓	✓	✓	✓	
	2. Generalidades	2.1. Motores marinos de 2 tiempos		✓	✓	✓	✓	
		2.2. Corrosión por frío		✓	✓	✓	✓	
		2.3. Sistema de limpieza de gases de escape		✓	✓	✓	✓	
	3. Factores que contribuyen a la corrosión por frío	3.1. Vapor lento (trabajo a baja carga)		✓	✓	✓	✓	
		3.2. Modificaciones Nuevas		✓	✓	✓	✓	
		4.1. Sistema de lubricación de cilindros		✓	✓	✓	✓	
	4. Métodos de prevención de la corrosión por frío	4.2. Sistema LDCL (Load dependent cylinder liner)		✓	✓	✓	✓	
		4.3. Criterios de control		✓	✓	✓	✓	
		5.1. Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros		✓	✓	✓	✓	
	5. Efectos producidos por la corrosión por frío	5.2. Pegado de los anillos de pistón		✓	✓	✓	✓	

**FICHA DE EVALUACIÓN GLOBAL DEL INSTRUMENTO**

Estimado Especialista:  
Agradecemos que responda si el instrumento de investigación, que se encuentra evaluando como juez, cumple con los siguientes requisitos abajo descritos. Si su respuesta fuera negativa hacia uno de ellos, especifique el por qué en comentarios.

	<b>CRITERIOS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>COMENTARIOS</b>
1.	Si el instrumento contribuye a lograr el objetivo de la investigación.	✓		
2.	Si las instrucciones son fáciles.	✓		
3.	Si el instrumento está organizado de forma lógica.	✓		
4.	Si el lenguaje utilizado es apropiado para el público al que va dirigido.	✓		
5.	Si existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.	✓		
6.	Si las alternativas de respuesta son las apropiadas.	✓		
7.	Si las puntuaciones asignadas a las respuestas son las adecuadas.	✓		
8.	Si considera que los ítems son suficientes para medir el indicador.	✓		
9.	Si considera que los indicadores son suficientes para medir la variable a investigar.	✓		
10.	Si considera que los ítems son suficientes para medir la variable.	✓		

Nota: Sus respuestas estarán en función a como esté conformado el instrumento de investigación.

**NOMBRE DEL JUEZ (A)**

Jorge Justo Palomino Guerrero

**EMPRESA DONDE LABORA**

Grupo Repsol

**FIRMA**



**DNI**

08779132

3)

DATOS DEL EXPERTO

**Nombre completo** : Deric Montoya Dominguez

**Profesión** : Marino Mercante 1° Oficial de Máquinas

**Grado académico** : Universitario

**Características que lo determinan como experto:** 10 años de Experiencia en mantenimiento de motores de dos y cuatro tiempos, que operan con HFO, D.O o LNG.



Firma

DNI: 46753621

Fecha: 02/07/2022

Autores del instrumento: GARMA ESTRADA, LEYFER JOEL - SOSA SALAZAR, ROY VLADIMIR

FICHA DE EVALUACIÓN POR ITEMS

Estimado Especialista:

Indique si cada uno de los ítems que conforman el instrumento cumple con los criterios que se señalan. Para aquellos que no cumplen, especifique el por qué en la parte de comentarios.

**CUESTIONARIO DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE**

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR / ITEMS	CRITERIOS					COMENTARIO
			Está bien redactado o	Mide la variable de estudio	Está expresado de manera que pueda ser medible	Está redactado para el público al que se dirige	Mide el indicador (variable que dice que medir)	
Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape	1. Marco legal	1.1. Anexo VI del convenio MARPOL	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.2. EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.3. EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)	✓	✓	✓	✓	✓	
	2. Generalidades	2.1. Motores marinos de 2 tiempos	✓	✓	✓	✓	✓	
		2.2. Corrosión por frío	✓	✓	✓	✓	✓	
		2.3. Sistema de limpieza de gases de escape	✓	✓	✓	✓	✓	
	3. Factores que contribuyen a la corrosión por frío	3.1. Vapor lento (trabajo a baja carga)	✓	✓	✓	✓	✓	
		3.2. Modificaciones Nuevas	✓	✓	✓	✓	✓	
		4.1. Sistema de lubricación de cilindros	✓	✓	✓	✓	✓	
	4. Métodos de prevención de la corrosión por frío	4.2. Sistema LDCL (Load dependent cylinder liner)	✓	✓	✓	✓	✓	
		4.3. Criterios de control	✓	✓	✓	✓	✓	
		5.1. Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros	✓	✓	✓	✓	✓	
	5. Efectos producidos por la corrosión por frío	5.2. Pegado de los anillos de pistón	✓	✓	✓	✓	✓	

**FICHA DE EVALUACIÓN GLOBAL DEL INSTRUMENTO**

Estimado Especialista:

Agradecemos que responda si el instrumento de investigación, que se encuentra evaluando como juez, cumple con los siguientes requisitos abajo descritos. Si su respuesta fuera negativa hacia uno de ellos, especifique el por qué en comentarios.

	<b>CRITERIOS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>COMENTARIOS</b>
1.	Si el instrumento contribuye a lograr el objetivo de la investigación.	✓		
2.	Si las instrucciones son fáciles.	✓		
3.	Si el instrumento está organizado de forma lógica.	✓		
4.	Si el lenguaje utilizado es apropiado para el público al que va dirigido.	✓		
5.	Si existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.	✓		
6.	Si las alternativas de respuesta son las apropiadas.	✓		
7.	Si las puntuaciones asignadas a las respuestas son las adecuadas.	✓		
8.	Si considera que los ítems son suficientes para medir el indicador.	✓		
9.	Si considera que los indicadores son suficientes para medir la variable a investigar.	✓		
10.	Si considera que los ítems son suficientes para medir la variable.	✓		

Nota: Sus respuestas estarán en función a como esté conformado el instrumento de investigación.

**NOMBRE DEL JUEZ (A)**

Deric Montoya Dominguez

**EMPRESA DONDE LABORA**

Empresa Naviera Elcano

**FIRMA**



**DNI**

46753621

4)

DATOS DEL EXPERTO

**Nombre completo : Mauro Roster Huamani Huerta**

**Profesión : Marino Mercante**

**Grado académico : Jefe de Máquinas, Marina Mercante**

**Características que lo determinan como experto:**

- Graduado de la Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau"
- Egresado en el año 1993, navegando más de 25 años, a bordo de buques de carga general, petroleros, petrolero quimiqueros y buques tanques gaseros.

Actualmente cursando una Maestría en administración Marítima, a bordo del Gasero LPG/C Kempton como Jefe de Máquinas, en la empresa Transgas Shipping Line.



Firma

DNI: 09622048

Fecha: 09.07.22

Autores del instrumento: GARMA ESTRADA, LEYFER JOEL - SOSA SALAZAR, ROY VLADIMIR

FICHA DE EVALUACIÓN POR ITEMS

Estimado Especialista:

Indique si cada uno de los ítems que conforman el instrumento cumple con los criterios que se señalan. Para aquellos que no cumplen, especifique el por qué en la parte de comentarios.

**CUESTIONARIO DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE**

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR / ITEMS	CRITERIOS					COMENTARIO
			Está bien redactado	Mide la variable de estudio	Está expresado de manera que pueda ser medible	Está redactado para el público al que se dirige	Mide el indicador (variable que dice medir)	
Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape	1. Marco legal	1.1. Anexo VI del convenio MARPOL	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.2. EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.3. EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)	✓	✓	✓	✓	✓	
	2. Generalidades	2.1. Motores marinos de 2 tiempos	✓	✓	✓	✓	✓	
		2.2. Corrosión por frío	✓	✓	✓	✓	✓	
		2.3. Sistema de limpieza de gases de escape	✓	✓	✓	✓	✓	
	3. Factores que contribuyen a la corrosión por frío	3.1. Vapor lento (trabajo a baja carga)	✓	✓	✓	✓	✓	
		3.2. Modificaciones Nuevas	✓	✓	✓	✓	✓	
	4. Métodos de prevención de la corrosión por frío	4.1. Sistema de lubricación de cilindros	✓	✓	✓	✓	✓	
		4.2. Sistema LDCL (Load dependent cylinder liner)	✓	✓	✓	✓	✓	
		4.3. Criterios de control	✓	✓	✓	✓	✓	
	5. Efectos producidos por la corrosión por frío	5.1. Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros	✓	✓	✓	✓	✓	
		5.2. Pegado de los anillos de pistón	✓	✓	✓	✓	✓	

**FICHA DE EVALUACIÓN GLOBAL DEL INSTRUMENTO**

Estimado Especialista:  
Agradecemos que responda si el instrumento de investigación, que se encuentra evaluando como juez, cumple con los siguientes requisitos abajo descritos. Si su respuesta fuera negativa hacia uno de ellos, especifique el por qué en comentarios.

CRITERIOS	SI	NO	COMENTARIOS
1. Si el instrumento contribuye a lograr el objetivo de la investigación.	✓		
2. Si las instrucciones son fáciles.	✓		
3. Si el instrumento está organizado de forma lógica.	✓		
4. Si el lenguaje utilizado es apropiado para el público al que va dirigido.	✓		
5. Si existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.	✓		
6. Si las alternativas de respuesta son las apropiadas.	✓		
7. Si las puntuaciones asignadas a las respuestas son las adecuadas.	✓		
8. Si considera que los ítems son suficientes para medir el indicador.	✓		
9. Si considera que los indicadores son suficientes para medir la variable a investigar.	✓		
10. Si considera que los ítems son suficientes para medir la variable.	✓		

Nota: Sus respuestas estarán en función a como esté conformado el instrumento de investigación.

**NOMBRE DEL JUEZ (A)**

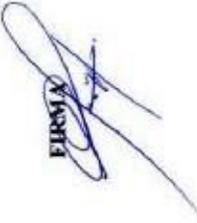
**MAURO HUAMANI HUERTA**

**EMPRESA DONDE LABORA**

**TRANS GAS SHIPPING LINE**

**DNI**

**09622048**

**FIRMA**  


5)

## DATOS DEL EXPERTO

**Nombre completo** : MANUEL EFRED PINEDA MARIN

**Profesión** : JEFE DE INGENIERIA –ENAMM

**Grado académico** : SUPERIOR

**Características que lo determinan como experto:**

**Graduado de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”**

2001 a 2006 como oficial de máquinas en buques Gaseros.

2006 a 2008 como 1er ingeniero en buques Gaseros.

2008 a 2017 como Jefe de máquinas en buques Gaseros, petroleros y Quimiqueros.

2017 a 2018 como Lider del Area de Logistica buques Nacionales.

2018 a la fecha como Superintendente Técnico y Lider del Area de Logistica Internacional de los buques Extranjeros.



---

Firma

DNI: 40061220

Fecha: 19-07-2022

**FICHA DE EVALUACIÓN POR ITEMS**

Estimado Especialista:  
 Indique si cada uno de los ítems que conforman el instrumento cumple con los criterios que se señalan. Para aquellos que no cumplen, especifique el por qué en la parte de comentarios.

**CUESTIONARIO DEL NIVEL DE CONOCIMIENTO TEÓRICO DE LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE DOS TIEMPOS DE BUQUES MERCANTES QUE INCLUYAN UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE**

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR / ITEMS	CRITERIOS					COMENTARIO
			Está bien redactado o	Mide la variable de estudio	Está expresado de manera que pueda ser medible	Está redactado para el público al que se dirige	Mide el indicador (variable que dice medir)	
Nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape	1. Marco legal	1.1. Anexo VI del convenio MARPOL	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.2. EEDI (índice de diseño de eficiencia energética)	✓	✓	✓	✓	✓	
		1.3. EEXI (índice de eficiencia energética de buques existentes)	✓	✓	✓	✓	✓	
	2. Generalidades	2.1. Motores marinos de 2 tiempos	✓	✓	✓	✓	✓	
		2.2. Corrosión por frío	✓	✓	✓	✓	✓	
		2.3. Sistema de limpieza de gases de escape	✓	✓	✓	✓	✓	
	3. Factores que contribuyen a la corrosión por frío	3.1. Vapor lento (trabajo a baja carga)	✓	✓	✓	✓	✓	
		3.2. Modificaciones Nuevas	✓	✓	✓	✓	✓	
	4. Métodos de prevención de la corrosión por frío	4.1. Sistema de lubricación de cilindros	✓	✓	✓	✓	✓	
		4.2. Sistema LDCL (Load dependent cylinder liner)	✓	✓	✓	✓	✓	
		4.3. Criterios de control	✓	✓	✓	✓	✓	
	5. Efectos producidos por la corrosión por frío	5.1. Desgaste corrosivo de la camisa de cilindros	✓	✓	✓	✓	✓	
		5.2. Pegado de los anillos de pistón	✓	✓	✓	✓	✓	



## ANEXO 6

### DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES DE INVESTIGACIÓN

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes del estudio, una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como el rol que desempeñan como unidad de análisis. Al participar en la presente investigación, se le pedirá responder un cuestionario acerca del nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape. Esto tomará aproximadamente entre 10 a 20 minutos de su tiempo. La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los establecidos por los investigadores. Las respuestas serán codificadas usando un número de identificación, y por lo tanto, serán anónimos. Si tiene alguna duda sobre este estudio, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación. Si alguna de las preguntas durante la encuesta le parece incómodas, usted tiene el derecho de no responderlas. Desde ya le agradecemos su participación.

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,.....acepto participar voluntariamente en esta investigación. He sido informado (a) que el objetivo de este estudio es determinar el nivel de conocimiento teórico de la corrosión por frío en motores de dos tiempos de buques mercantes que incluyan un sistema de limpieza de gases de escape.

Reconozco que la información que yo proporcione es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento. He sido informado que puedo hacer preguntas sobre el estudio en cualquier momento. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar al responsable de esta investigación al teléfono 998496462. Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando haya concluido.

-----  
DNI del Participante

-----  
Firma del Participante

La mar, enero del 2022.

## ANEXO 7

### RECOMENDACIONES DEL CIMAC (31)

#### **CIMAC Recomendación No. 31**

En 1997, el Grupo de trabajo sobre lubricantes de CIMAC publicó un documento que brindaba pautas para la lubricación de motores diésel de cruceta de dos tiempos, como la Recomendación n.º 15 de CIMAC. Esa publicación recopiló conocimientos sobre la lubricación de motores diésel de baja velocidad generados por los miembros del grupo, quienes representan a usuarios, fabricantes de motores y equipos, instituciones y proveedores de aditivos y lubricantes. Mientras tanto, el grupo de trabajo consideró que los desarrollos relacionados con la lubricación de motores diésel de baja velocidad desde 1997 deberían incorporarse en un nuevo documento. Por lo tanto, esta publicación contiene la siguiente información nueva sobre los impulsores de desarrollo recientes y los cambios resultantes que ya han tenido lugar, así como los que se esperan en el futuro sobre:

- Reglamento de emisiones
- Combustibles y áreas de aplicación de nuevos combustibles
- Diseño y configuraciones del motor.
- Condiciones de funcionamiento del motor más variadas (como funcionamiento continuo con carga baja)
- Multiplicidad de sistemas y conceptos de lubricación
- Evolución de las tecnologías de lubricantes

## ANEXO 8

### RECOMENDACIONES DEL CIMAC (30)

#### **CIMAC Recomendación No. 30**

El análisis de aceite usado es una parte importante del mantenimiento del motor. Proporciona información sobre el estado del aceite, su idoneidad para un uso posterior y, hasta cierto punto, información sobre el estado de la maquinaria lubricada por el aceite. La condición previa para un análisis de aceite valioso y su interpretación es que se tome una muestra de acuerdo con un procedimiento confiable.

Además de los métodos de rutina utilizados en todos los análisis de aceite de motor, existen varios métodos avanzados que brindan información adicional. Se describen tanto los métodos de rutina como los avanzados y se analiza cómo pueden interpretarse para aplicaciones de motores de 4 y 2 tiempos.

Esta recomendación No. 30 pretende permitir a su lector comprender mejor el análisis de una muestra de aceite usado, darse cuenta de las limitaciones de algunos métodos, desarrollar ideas sobre cómo aumentar la confiabilidad y seguridad de la instalación a bordo, así como brindar información sobre análisis de aceite usado como herramienta de solución de problemas.

**ANEXO 9**

**APORTE TEÓRICO**

Guía informativa



# LA CORROSIÓN POR FRÍO EN MOTORES DE 2 TIEMPOS



**20**  
**22**

**AUTORES:**

- GARMAN ESTRADA, LEYFER JOEL
- SOSA SALAZAR, ROY VLADIMIR