

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN
DE MOTORES Y TRANSMISIONES MARINAS**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA POR

FEDERICO GUILLERMO PENAGOS MARTÍNEZ

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 1999

Guatemala, Febrero 5 de 1999

**Ingeniero
FRANCISCO GOMEZ RIVERA
DIRECTOR DE INGENIERIA MECANICA-IND.
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Estimado Ing. Gómez:

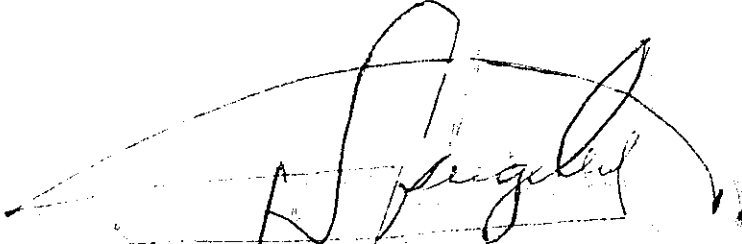
Es para mi un gusto poderle saludar, y desearle muchos éxitos en sus actividades.

Me dirijo a usted con relación al trabajo de tesis presentado por el estudiante universitario FEDERICO GUILLERMO PENAGOS MARTINEZ, titulado "Aspectos a Considerar en la Instalación de Motores y Transmisiones Marinas", para el cual acepté el nombramiento de asesor.

Tengo la satisfacción de informarle que en esta fecha he terminado la revisión y asesoría del proyecto de tesis mencionado y considero que el mismo fue realizado de forma bastante completa conteniendo información muy importante para la industria pesquera nacional, facultad de Ingeniería y público en general.

En consecuencia me permito aprobar la presente tesis para los efectos de graduación del autor.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted,



**Ing. Jonathan Spiegeler Castañeda
Colegiado 3,663**

Ing. Jonathan Spiegeler C.
COLEGIADO 3,663

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN DE MOTORES Y TRANSMISIONES MARINAS.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial con fecha 10 de octubre de 1,996.



Federico Guillermo Penagos Martínez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I: Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III: Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV: Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL V: Br. Mauricio Grajeda Mariscal
SECRETARIO: Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR: Ing. Pablo Fernando Hernández
EXAMINADOR: Ing. Oscar Mauricio Herrera Ramos
EXAMINADOR: Ing. Jorge Arturo Estrada Gómez
SECRETARIO: Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor de esta Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACION DE MOTORES Y TRANSMISIONES MARINAS**, presentado por el estudiante universitario **Federico Guillermo Penagos Martínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica

Guatemala, marzo de 1999.

end

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María

Por su amor y bendición.

A mis padres

Federico Penagos Noriega

Rita Martínez de Penagos.

Por su apoyo y ejemplo.

A mi familia

Ada Maricela Franco Castañeda

Guillermo David Penagos Franco.

Con amor y cariño.

A mis hermanos

José Antonio Penagos Martínez

Lissette Iracema Penagos Martínez.

Con Cariño.

A mis familiares

A mis amigos

A la Universidad de San Carlos de Guatemala



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACION DE MOTORES MARINOS Y TRANSMISIONES MARINAS**, presentado por el estudiante universitario **Federico Guillermo Penagos Martínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, julio de 1999.

emcls



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACION DE MOTORES MARINOS Y TRANSMISIONES MARINAS**, presentado por el estudiante universitario **Federico Guillermo Penagos Martinez** procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, julio de 1999

ends

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VIII
GLOSARIO	X
INTRODUCCIÓN	XIII
OBJETIVOS	XIV
1. CLASIFICACIÓN DE MOTORES Y TRANSMISIONES MARINAS	1
1.1. Implementación de motores y transmisiones marinas	1
1.2. Motores diesel	2
1.2.1. Comportamiento de los gases de escape	4
1.2.2. Descripción del ciclo termodinámico	5
1.3. Transmisión	9
1.4. Eje de propela y propela	10
1.5. Vibración y torsión de ejes	12
1.6. Elección de motor y transmisión marina	15
1.6.1. Continuos	15
1.6.2. Medianos	15
1.6.3. Bajos	15
1.7. Guía para seleccionar una transmisión marina	16
1.7.1. Compatibilidad de instalación	16
1.7.1.1. Dimensiones	16

1.7.1.2.	Conecciones	16
1.7.1.3.	Rendimiento	16
1.7.2.	Compatibilidad de potencia	17
1.7.3.	Compatibilidad en aplicación	18
1.8.	Selección del sistema de enfriamiento para una transmisión marina	19
1.9.	Cálculo del tamaño del enfriador de kía(keel cooling)	24
1.10.	Evaluación de la velocidad interna del enfriador tipo kía	25
1.10.1.	Cálculo de velocidad en un enfriador	25
2.	MONTAJE Y SISTEMA DE MANEJO	28
2.1.	Bases del motor	28
2.2.	Ángulos permisibles de instalación	30
2.3.	Montaje flexible	31
2.4.	Alineamiento propela y motor	32
3.	SISTEMA DE ESCAPE Y ADMISIÓN	35
3.1.	Escape tipo seco	35
3.1.1.	Montaje e instalación	36
3.2.	Escape tipo húmedo	41
3.2.1.	Montaje e instalación	42

3.3.	Área de ventilación mínima	44
3.4.	Filtros de aire a utilizar según aplicación	47
3.4.1.	Prefiltro de malla	48
3.4.2.	Prefiltro centrífugo	48
3.4.3.	Prefiltro mediante gases de escape	48
3.5.	Causas para evitar restricciones en el sistema de admisión	49
4.	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	50
4.1.	Enfriador del motor(anticongelante)	50
4.2.	Utilización del tanque de expansión	50
4.3.	Motor enfriado por keel cooling(kía)	53
4.4.	Motor enfriado por intercambiador	56
5.	SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y LUBRICACIÓN	57
5.1.	Filtros y líneas de combustible	57
5.2.	Tanques de combustible	58
5.3.	Válvulas de combustible	64
5.4.	Lubricantes utilizados en motor y transmisión marina	64
5.5.	Esquema principal de lubricación de un motor	67
6.	SISTEMA ELÉCTRICO	69
6.1.	Instrumentación	69
6.2.	Sistema de arranque	70
6.2.1.	Motor encendidos por aire	70

6.3. Baterías y harnes utilizados	71
7. MANTENIMIENTO DE MOTORES Y TRANSMISIONES MARINAS	75
7.1. Servicio de 250 horas y/o 7,500 L. (2000 gal.) de combustible	75
7.2. Servicio de 500 horas y/o 15,000 L.(4,000 gal.) de combustible	76
7.3. Servicio de 1,000 horas y/o 30,000 L. (8,000 gal.) de combustible	76
7.4. Servicio de 2,000 horas y/o 60,000 L. (16,000 gal.) de combustible	77
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Pág.
1	Ciclo del motor diesel de cuatro tiempos	3
2	Diagrama t - s	6
3	Diagrama p - v	7
4	Transmisión marina	10
5	Partes de la propela	12
6	Eje circular sometido a un momento torsor	13
7	Requerimientos de área	22
8	Base del motor - transmisión marina	29
9	Resorte montaje flexible	32
10	Acople motor - transmisión	33
11	Unión universal	33
12	Uniones motor - transmisión	34
13	Alineamiento motor - transmisión	34
14	Tubo flexible	38
15	Soportes flexibles de escape	39
16	Tubería de escape	39
17	Tubos flexibles rectos	40

FIGURAS

No.	Título	Pág.
18	Utilización de la trampa de agua	41
19	Escape tipo húmedo	42
20	Sistema de escape	44
21	Tanque de expansión	53
22	Enfriador tipo kía de tubos	54
23	Enfriador tipo kía de canales	55
24	Enfriador tipo kía de paquete	55
25	Intercambiador de calor	56
26	Localización del tanque de combustible a 1.6 metros	59
27	Localización del tanque de combustible a 8 metros	59
28	Localización del indicador visual	60
29	Localización del tanque de combustible bajo la línea del cigueñal	62
30	Localización de la línea de retorno	63
31	Esquema de lubricación de un motor	68

TABLAS

No.	Título	Pág.
I	Tabla para elección del factor de servicio	19
II	Tabla para calcular calor transmitido	21
III	Tabla para calcular la longitud de las tuberías	23
IV	Tabla para calcular el área de la tubería	27
V	Tabla para calcular los ángulos permisibles de instalación	30
VI	Tabla para calcular el diámetro mínimo de escape	36
VII	Tabla para seleccionar el torque máximo	37
VIII	Tabla para seleccionar la altura y presión del tanque de expansión	52
IX	Tabla para seleccionar el cable para el motor de arranque	73
X	Tabla para calcular el diámetro del cable	74

LISTA DE SÍMBOLOS

CO	Monóxido de carbono.
T	Temperatura.
s	Entropía.
p	Presión.
v	Volúmen.
Q	Calor.
C	Calor específico.
n	Eficiencia.
kW	Kilowatt.
rpm	Revoluciones por minuto.
P	pie.
lb	libra.
kN	Kilonewton.
%	Porcentaje.
pulg.	Pulgadas.
mm	Milímetros.
cm	Centímetros.
L	Longitud.
hp	Caballos de fuerza.
V	Volúmen.
psi	Libra de Presión por pulgada cuadrada.

kPA	Kilopascal.
m	Metro.
Nm	Newton metro.
gpm	Galones por minuto.
ISO	Oficina de estandares internacional.
°C	Grados centígrados.
°F	Grados Farenheit.
Btu	Unidades térmicas británicas.
Hg.	Dimensional de mercurio.
Ohm	Medida de resistencia eléctrica.
AWG	Medida americana de cables.
SAE	Sociedad Americana de Ingenieros.

GLOSARIO

Grupo electrógeno	Conjunto de motor y generador acoplados para generar energía eléctrica.
Hidrocarburos	Los compuesto químico formado por carbono e hidrógeno.
Relación de compresión	Es el no. de veces que contiene el cilindro a la cámara de combustión.
Isoentropía	Misma entropía en un proceso químico.
Cavitación	Daños a componentes del motor, desgastes por la existencia de burbujas en los fluidos.
Housing del motor	Parte del motor donde se acopla la transmisión marina. Regulado por la SAE.
Torque	Es la fuerza que produce el motor y es aprovechado por la transmisión marina.
Enfriamiento jacket water	Enfriamiento de los gases de escape por medio de agua a contracorriente.

Enfriamiento aftercooler	Enfriamiento de los gases de escape por medio de un radiador.
Nudos de velocidad	Dimensional utilizada para el desplazamiento en barcos. Una milla por hora multiplicada por 1.15 es un nudo.
Base de instalación	Estructura rígida que permite movimientos torsionales de la unidad de potencia.
Flange	Plato de instalación y acople utilizado en las instalaciones marinas.
Aire de ventilación	Flujo de aire requerido para disipar todo el calor generado por el motor y accesorios en el cuarto de maquinas.
Golpe hidráulico	Es el efecto que sucede al entrar fluido en los cilindros del motor. Causa fallas en las bielas y pistones del motor.
Separador del agua	Elemento filtrante que separa el agua existente en el combustible de alimentación.
Cargas parásitas	Todos los accesorios necesarios en el motor que reduce la potencia del mismo. Ejemplo de estas cargas son: compresores, alternadores, generadores, etc..

Repotenciación de motor El reemplazo de la unidad de potencia de la embarcación, aumentando el rendimiento, el torque y el caballaje.

INTRODUCCIÓN

La industria de Pesca en Guatemala se ha incrementado en los últimos años por la calidad del producto y por la competitividad de las empresas nacionales. Existen empresas conformadas en Cooperativas las cuales necesitan ayuda técnica en el montaje e instalación de los motores, en el alineamiento correcto de las transmisiones marinas, todo ello para minimizar los costos de mantenimiento e incrementar la vida útil de los motores-transmisiones.

La mayoría de los barcos existentes en la industria nacional son camaroneros, los cuales poseen motores desde 185 hasta 400 hp, pero existen barcos con mayor capacidad como los atuneros y remolcadores, o entre ellos podemos mencionar, potencias que sobrepasan los 800 hp en uso continuo.

En las empresas existen diferentes sistemas de pesca, que es un factor importante para elegir un motor marino junto a la transmisión marina. En la investigación realizada se contactó con la mayoría de las empresas que conforman la industria pesquera en Guatemala para investigar los principales sistemas de pesca así como a los representantes de marca de los diferentes motores y transmisiones.

OBJETIVOS

1. Describir la clasificación de motores y transmisiones marinas, a nivel mundial, en el desarrollo de la pesca y las aplicaciones en la industria nacional.
2. Conocer los principales factores que se deben de considerar en la instalación del motor y transmisión marina en las embarcaciones comerciales y de placer.
3. Describir el mantenimiento preventivo de los motores y transmisiones marinas en las embarcaciones .
4. Proporcionar una guía para el montaje e instalación del conjunto de elementos mecánicos .
5. Determinar los sistemas de propulsión que se deben evaluar en la aplicación de motores marinos.

1. CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES Y TRANSMISIONES MARINAS

1.1 Implementación de los motores y transmisiones marinas

Durante la Segunda Guerra Mundial la industria evolucionó aceleradamente en la elaboración de motores para utilizarlos con fines militares. Varios gobiernos del mundo convirtieron cantidades millonarias en la investigación y manufactura de motores, maquinaria pesada y accesorios de guerra. En la década de los cuarenta varias fábricas introducían el motor diesel tipo radial el cual podía quemar varios tipos de combustible en condiciones severas. Estos motores fueron instalados en maquinaria pesada y utilizados en camiones.

En la década de los sesenta los motores diesel fueron introducidos con mayor facilidad a grupos electrógenos, motores industriales, motores marinos, montacargas de servicio extremo. Los motores marinos dentro de borda tuvieron una buena aceptación por el rendimiento y eficiencia del mismo.

Los motores marinos dentro de borda son utilizados por la mayoría de barcos en el mundo, desde pescadores industriales hasta barcos de viaje de placer. Las ventajas de la utilización de estos motores son el rendimiento y potencia que se aprovecha de los motores a un costo bajo para las utilidades que representa las diferentes actividades.

Debido a la cantidad de motores dentro de borda que se utilizan en la industria de pesca, se desarrolló este trabajo de tesis para que el industrial tenga una herramienta en la cual pueda apoyarse para obtener resultados satisfactorios .

El tren de potencia de un barco esta conformado por motor, transmisión, eje de la propela y propela. En este trabajo de tesis únicamente se contemplará el motor y transmisión, dando generalidades del eje-propela.

1.2. Motores diesel

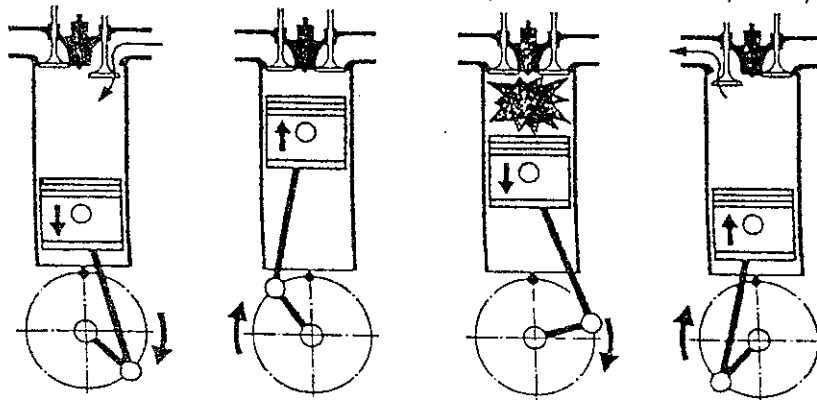
El motor diesel data de 1,895 cuando Rudolf Diesel presentó su invento, un motor encendido por compresión que poseía, con respecto al ya aparecido motor Otto (de gasolina) las ventajas de que consumía menos combustible, funcionaba con un combustible más barato y finalmente estaba diseñado para potencias mucho mayores. El motor de diesel se impuso con rapidez y en poco tiempo se convirtió en la alternativa ideal para motores navales y estacionarios.

El motor diesel aspira aire que luego se calienta durante la carrera de compresión; el combustible inyectado se inflama al entrar en contacto con el aire a elevada temperatura. En la figura 1 se puede observar los cuatro tiempos del ciclo del motor diesel. Durante la carrera de compresión el aire aspirado alcanza temperaturas tan elevadas que el combustible se inflama espontáneamente.

Figura 1. Ciclo del motor diesel de cuatro tiempos

Ciclo del motor Diesel de cuatro tiempos.

1º tiempo: admisión 2º tiempo: compresión 3º tiempo: combustión 4º tiempo: escape



Fuente: BOSCH, Robert. El motor diesel, pág. 25

El combustible es dosificado por medio de una bomba de inyección y es introducido a alta presión al interior de la cámara de combustión por medio de los inyectores. La inyección del combustible tiene lugar:

1. Con un caudal exactamente dosificado de acuerdo con la carga y el régimen del motor.
2. En el momento preciso según la posición del cigüeñal.
3. De la forma más apropiada para el correspondiente procedimiento de combustión.

La bomba de inyección y sus demás aditamentos se encargan de que se cumplan estas condiciones.

El combustible puede ser inyectado a una precámara, una cámara de turbulencia, o bien, directamente a una cámara de combustión, según como sea el diseño de la misma.

En la figura 1, en el tiempo de compresión, el aire se calienta a una temperatura muy elevada, de aproximadamente 500 hasta 850 °C; el combustible entonces se inyectará precisamente en este aire comprimido.

En el tiempo de combustión o de trabajo, al entrar en contacto con el aire caliente, el combustible se inflama y se produce la combustión. La energía creada por la combustión desplaza el pistón hacia el punto muerto inferior. En el tiempo de escape el cilindro expulsa los gases de escape.

1.2.1. Comportamiento de los gases de escape

Los motores diesel queman combustible a base de aceites minerales formados por hidrocarburos. Al producirse la combustión de los hidrocarburos en contacto con el oxígeno se origina, si es completa, dióxido de carbono y agua. En los motores, sin embargo, la combustión que se produce es incompleta. Los diferentes estados de carga y márgenes de revoluciones, la deficiente mezcla de aire y combustible así como las temperaturas inapropiadas en la cámara de combustión dan lugar a reacciones parciales o secundarias que forman gases de escape con elementos contaminantes.

Debido a que la combustión del motor diesel se realiza con un gran exceso de mezcla aire-oxígeno, no se producen problemas relacionados con la emisión de monóxido de carbono (CO). Sin embargo, la formación de hidrocarburos cuya combustión sólo ha tenido lugar en parte, sobre todo en condiciones de baja carga y marcha en frío, constituye un problema.

Los óxidos de nitrógeno se originan localmente a temperaturas muy elevadas causadas por picos de presión que aparecen brevemente en el proceso de combustión; es decir, problemas debidos a regímenes altos y grandes cargas.

Las humaredas negras, generalmente conocidas como humos diesel, son consecuencia de la falta de oxígeno local durante la combustión, que origina la fisión del carbono puro, lo que da lugar al humo negro en forma de nube de pequeñas partículas.

Hoy en día los fabricantes de motores, entre ellos podemos mencionar Caterpillar, Cummins, estan tomando las medidas necesarias para evitar la contaminación del medio y es por ello que existen motores certificados los cuales cumplen con las normas de la EPA(Asociación de protección del medio ambiente). En mi opinión, esto se debe normalizar para el uso de motores marinos en nuestro país.

1.2.2. Descripción del ciclo termodinámico

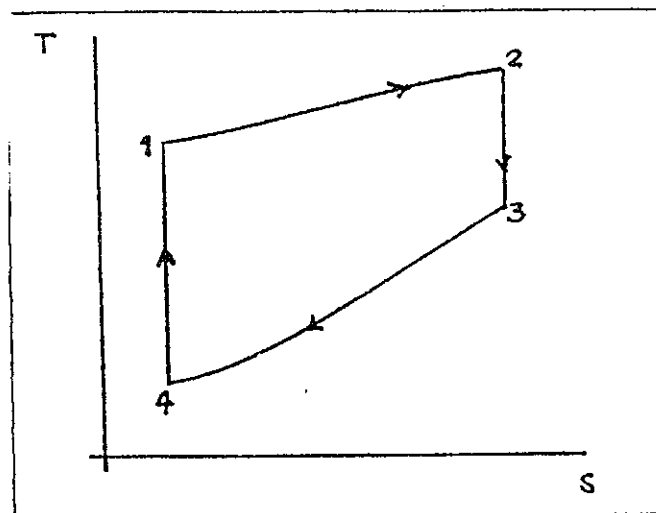
El motor diesel, como ya se apuntó, se caracteriza principalmente porque su medio de encendido es por compresión. El motor diesel difiere del motor Otto(de gasolina u otro gas) principalmente en que la temperatura al final del proceso de compresión es tal que la combustión se inicia en forma espontánea.

La temperatura más elevada se obtiene al continuar la etapa de compresión hasta una presión más alta o a una relación de compresión más alta.

El combustible se inyectará hasta el final del proceso de compresión y se adicionará muy lentamente comparado con la velocidad del pistón, de tal forma que el proceso de combustión se lleva a cabo a presión idealmente constante.

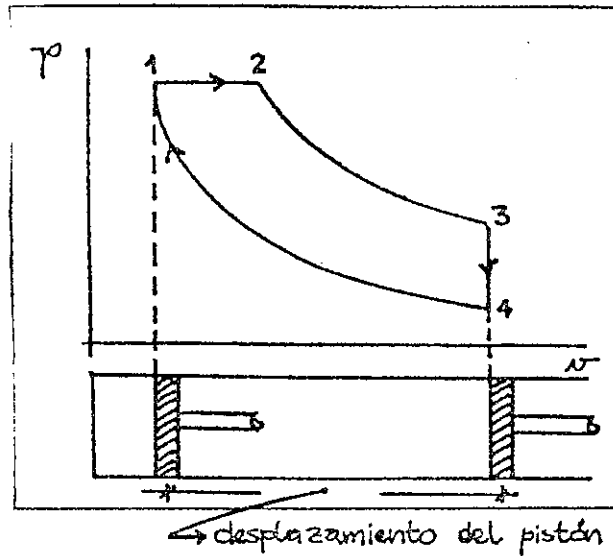
En las figuras 2 y 3, se pueden observar los diagramas T - s (temperatura-entropía) y p - v (presión-volumen) respectivamente, para el análisis termodinámico de la eficiencia de un motor diesel.

Figura 2. Diagrama T-s.



Fuente: SPOTTS, M.F. Proyecto de elementos de máquinas, pág.: 15

Figura 3. Diagrama p-v



Fuente: SPOTTS, M.F. Proyecto de elementos de máquinas, pág.: 18

En la figura 2 y 3 se presentan los siguientes procesos:

1. 1-2: Calentamiento a presión constante
2. 2-3: Expansión isentrópica
3. 3-4: Enfriamiento a volumen constante
4. 4-1: Compresión isentrópica

El calor absorbido en el ciclo por mol de aire será:

$$Q_{1-2} = C_p(T_2 - T_1) \quad (1.1)$$

en donde: Q_{1-2} : calor absorbido
 C_p : calor específico a presión constante
 T_2 : temperatura final
 T_1 : temperatura inicial

El calor eliminado es:

$$Q_{3-4} = C_v(T_4 - T_3) \quad (1.2)$$

en donde: Q_{3-4} : calor eliminado
 C_v : calor específico a volumen constante
 T_4 : temperatura final
 T_3 : temperatura inicial

La eficiencia del ciclo viene determinada por la cantidad de trabajo total obtenido, dividido por el trabajo alimentado o proporcionado, entonces:

$$n = \frac{Q_{1-2} - Q_{3-4}}{Q_{1-2}} \quad (1.3)$$

en donde: n : eficiencia del ciclo
 Q_{1-2} : calor absorbido
 Q_{3-4} : calor eliminado

Los motores de combustión interna sólo convierten del 30% al 37% en energía mecánica, del total de la energía proveniente del combustible.

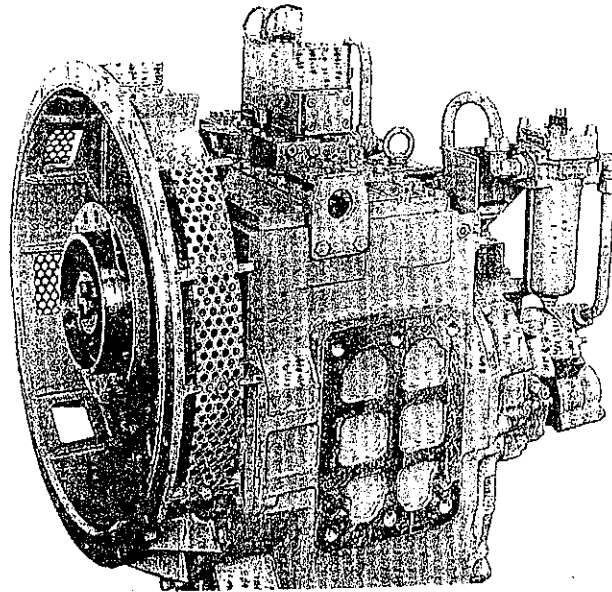
En general, el motor diesel es más eficiente, ya que trabaja con relaciones de compresión más altas que el motor Otto, es por ello que éstos motores son utilizados en grupos electrógenos, motores industriales y motores marinos.

1.3. Transmisión

El tipo de transmisión utilizada para aplicación marina es la de impulsión directa, en este sistema no existe acoplamiento viscoso, este sistema transfiere la potencia en forma sumamente eficiente. El embrague principal es del tipo de baño de aceite, el cual es superior al de tipo seco debido a que es enfriado y lubricado por aceite circulado a presión.

Las transmisiones marinas como se muestra en la figura 4 utilizan únicamente tres posiciones, estas son retroceso, neutro y avance. Las transmisiones transfieren la potencia del motor a el eje de la propela con rpm inferiores a el motor debido a una reducción por medio de engranajes. El torque producido por el motor es transferido a la propela por medio de la transmisión marina, ya que a menor rpm mayor es el torque. Los barcos pesqueros utilizan reducciones altas para aprovechar el torque del motor al máximo, estas embarcaciones necesitan arrastre, mientras que las embarcaciones de placer y semidesplazamiento utilizan reducciones bajas para obtener velocidad.

Figura 4. Transmisión marina



Fuente: ZF transmisiones, s.d.e. pág: 20

1.4. Eje de propela y propela

La propulsión marina depende de la conversión de la potencia del motor en empuje por medio de un elemento mecánico, la propela. Por la simplicidad y la eficiencia, la propela tipo tornillo(básicamente una bomba de flujo axial) es la más utilizada en la propulsión de barcos marinos.

Antes de alinear la transmisión marina con el eje de la propela se debe tomar en consideración la deflexión del eje. Esto es una parte importante en la instalación y alineamiento de las transmisiones marinas. Si no se considerara este punto en la instalación, puede existir vibración la cual afectaría la vida útil de los cojinetes de la transmisión y chumaceras.

En mi opinión, la habilidad de una propela de mover un barco a través del agua, depende de algunos factores:

1. La velocidad rotacional de la propela, la cual corresponde a la velocidad del eje en rpm.
2. El ángulo de las aspas de la propela.
3. El diámetro y el área de las aspas de la propela.

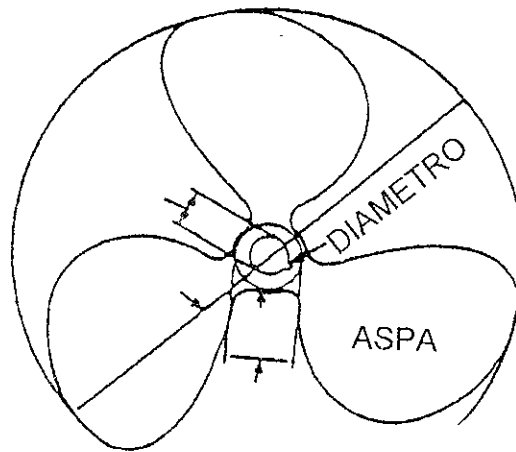
Los anteriores factores se deben de considerar para obtener una eficiencia adecuada en el rendimiento del barco. En mi opinión, estos factores son fundamentales para que el barco obtenga un desplazamiento adecuado y no exista cavitación en las aspas de la propela. Un buen desplazamiento depende de la relación propela, transmisión y motor de propulsión.

En la figura 5 podemos observar las partes de una propela de tres aspas. Para entender la operación de la propela definiremos las partes de la propela:

1. El aspa, la parte que efectúa el trabajo, empuja el flujo de agua. Entre más ancho es el aspa, más agua puede empujar y el trabajo demandado se incrementa.
2. El diámetro de la propela es el círculo mayor que describe las aspas al rotar.
3. El ángulo del aspa es el formado por el aspa en relación a el centro del eje. Este es normalmente expresado en distancia. El avance (pitch) es la distancia que el aspa avanza en una revolución.

Un concepto importante dentro de las propelas es entender el radio de avance (pitch ratio), este expresa la relación entre el avance (pitch) y el diámetro de la propela. Es decir el radio de avance se obtiene dividiendo el avance dentro del diámetro de la propela. Por ejemplo una propela de 60 pulg. de diámetro y 42 pulg. de avance se describe (60 pulg. X 42 pulg.), el radio de avance es $42/60 = 0.70$.

Figura 5. Partes de la propela



Fuente: Manual de servicio de Caterpillar, 2a. edición, pág: 22

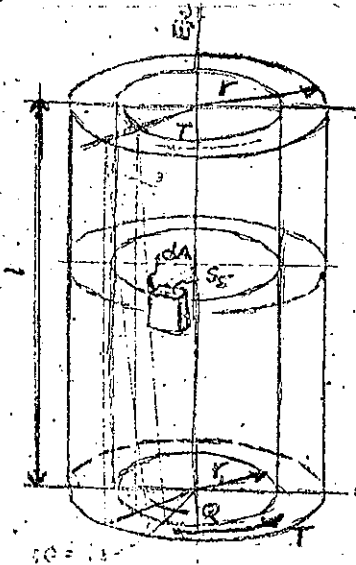
1.5. Vibración y torsión de ejes

Los ejes se emplean en máquinas y dispositivos mecánicos de todas clases. Aunque la teoría elemental correspondiente a un eje circular sometido a cargas de torsión estáticas es útil, la mayor parte de los ejes están sometidos a cargas variables combinadas de flexión y torsión con diversos grados de concentración de tensiones. En tales ejes, el problema es fundamentalmente de fatiga.

La velocidad de funcionamiento normal de un eje no debe ser próxima a la velocidad crítica en la que es probable aparezcan grandes vibraciones. La figura 6 muestra un eje circular de sección transversal uniforme cargado en los extremos por los pares T que lo tuercen alrededor del eje longitudinal. El eje es mucho más largo respecto al diámetro, puede apreciarse experimentalmente que las secciones transversales perpendiculares al eje antes de la carga se mantienen planas y perpendiculares al eje después de la aplicación de las cargas T . El diámetro de la barra no cambia y las líneas radiales permanecen rectas y radiales después de la torsión. La única deformación en la barra es la de rotación relativa de las secciones transversales.

Como se aprecia en la figura 6, la sección transversal inferior ha girado respecto a la superior un ángulo. Los lados de un elemento de la superficie cilíndrica de radio r_1 , no cambian de longitud pero los ángulos en los extremos cambian en un ángulo respecto a sus valores originales de 90 grados.

Figura 6. Eje circular sometido a un momento torsor



Fuente: SPOTTS, M.F. Proyecto de elementos de máquinas, pág.: 30

Para una sección transversal circular maciza la siguiente fórmula es utilizada para calcular el momento de inercia polar:

$$J = \frac{r^4}{2} \quad (1.4)$$

en donde:

J: momento de inercia polar

r: radio del eje

^: potencial aritmético

Para calcular la deformación del eje se tiene la siguiente fórmula:

$$\mu = \frac{TL}{JG} \quad (1.5)$$

en donde:

μ : deformación

T: torque

l: longitud

J: momento polar de inercia

G: módulo de elasticidad por cortadura

1.6 Elección de motor y transmisión marina

Una correcta elección del grupo Motor-Transmisión es esencial para aprovechar el máximo de vida útil del mismo y obtener un consumo de combustible eficiente. Se debe considerar una selección adecuada de eje propulsor y propela, para maximizar el rendimiento de los elementos mecánicos.

A continuación se describen las diferentes clasificaciones de motores-transmisiones.

1.6.1 Continuos: esta clasificación se utiliza para equipo que esta sometido a un servicio ininterrumpido a potencia máxima. Las transmisiones y motores marinos bajo esta clasificación cumplen con la norma ISO 3046, la cual, es un estandar de demanda de potencia para uso continuo.

1.6.2 Medianos: se consideran de uso mediano, los motores que están sometidos a un servicio con cargas variables, donde la máxima potencia no exceda de seis horas de un total de doce horas de trabajo. Los motores y transmisiones marinas se trabajan con un rango de 200 rpm menos al máximo diseñado, o sobre lo diseñado por el fabricante. Además, según la ISO 3046 esta clasificación no debe de exceder a 3,000 horas de operación al año.

1.6.3 Bajos: los motores-transmisiones marinas que se someten a cargas variables, donde la potencia máxima de la máquina no exceda una hora de un total de ocho horas de operación. Además, no debe de exceder 750 horas de trabajo al año.

1.7 Guía para seleccionar una transmisión marina

Se debe de considerar varios aspectos al elegir una transmisión marina según la aplicación del grupo motor-transmisión.

Existen tres factores básicos que deben de ser considerados en la selección y aplicación de una transmisión marina. Estos son:

1.7.1- Compatibilidad de instalación

1.7.1.1 Dimensiones: se debe de tener presente sí las dimensiones de la transmisión no dan problema considerando todos los elementos como eje, enfriador de aceite, equipo de montaje, controles especiales, accesibilidad para el servicio, etc..

1.7.1.2 Conexiones: revisar si el housing del volante del motor es compatible con el housing de la transmisión. Qué es necesario para instalar el sistema de enfriamiento, la disponibilidad de controles para la utilización en el cuarto de control.

1.7.1.3 Rendimiento: la transmisión debe de tener capacidad suficiente para el rango de potencia del motor, se debe de considerar la clasificación de los motores marinos, para escoger una adecuada transmisión, para evitar excesivo movimiento torsional y aprovechar al máximo la vida útil de los componentes mecánicos.

1.7.2 Compatibilidad de potencia

Las transmisiones marinas normalmente se clasifican en términos de capacidad de torque de entrada. Las unidades comunes de torque utilizadas son las potencia/velocidad (p/s), además se pueden expresar en (input horsepower/input rpm) ó (input Kw/input rpm).

Algunos factores de conversión para otras unidades de torque son:

$$\frac{\text{kW}}{\text{rpm}} = \frac{\text{P}}{\text{S}} * 0.746 \quad (1.6)$$

en donde:

P = Pie por segundo

S

kW = Kilowatt

rpm = revoluciones por minuto

Otra forma de expresarlo sería en libras-pie:

$$\frac{\text{lb-pie}}{\text{rpm}} = \frac{\text{P}}{\text{S}} * 5252 \quad (1.7)$$

en donde:

$$\frac{P}{S} = \text{Pie por segundo}$$
$$5252 = \text{constante}$$

De igual forma, podría ser:

$$\frac{\text{kN} * \text{m}}{s} = \frac{P}{s} * 7.123 \quad (1.8)$$

en donde:

kN*m = kilonewton por metro.

P/s = pie por segundo.

7.123 = constante.

1.7.3 Compatibilidad en aplicación

Para las aplicaciones donde la transmisión marina tendrá un trabajo con cargas cíclicas, debido a el choque intermitente con el fluido donde se desarrolle el trabajo (agua dulce, agua salada, agua congelada), es prudente sobredimensionar la transmisión para seguridad del equipo. A continuación se listan algunos factores para sobredimensionar las transmisiones en la tabla I.

Tabla I. Tabla para elección del factor de servicio

FACTOR		CONDICIONES DE SERVICIO
1	LIGERO	Agua limpia, con posible existencia de hielo frágil.
1.15	MEDIO	Condiciones de existencia de hielo moderado. Las propelas rozan con arena y suciedad.
1.25	SEVERO	Existencia de grandes pedazos de hielo, la propela roza muy a menudo con materiales existentes en el fluido.
1.5	EXTREMO	La propela choca con grandes pedazos de roca, en condiciones árticas

1.8 Selección del sistema de enfriamiento para una transmisión marina

Un diseño apropiado y un adecuado control en el sistema de enfriamiento de la transmisión es esencial para una vida satisfactoria y un buen rendimiento de los componentes de la transmisión.

La transmisión marina es enfriada por el aceite que circula en los componentes de la misma, existen varios sistemas entre los cuales podemos mencionar: el enfriado por agua a contracorriente (jacket water), el sistema de post enfriamiento(aftercooler water) el cual es un sistema independiente de enfriamiento.

La temperatura del agua que se utiliza en el enfriamiento del aceite de la transmisión no debe de exceder los 110 °F(43 °C) para controlar la temperatura de aceite entre 140 °F y 176 °F(60 y 80 °C).

Se deben de tener presentes algunos conceptos fundamentales para poder utilizar las curvas de enfriamiento:

- Flujo de agua de la transmisión: es la cantidad de agua fresca que es enviada por la bomba de agua.
- Velocidad de la unidad: es la velocidad anticipada de la embarcación a plena carga.
- Temperatura máxima del agua: la temperatura máxima promedio del agua de mar.

A continuación, en la Tabla II se mostrará como calcular el tamaño de el sistema de enfriamiento fabricado de acero, para utilizarlos en los circuitos de enfriamiento de las transmisiones marinas:

Tabla II. Tabla para calcular calor transmitido

CALOR TRANSMITIDO POR LA TRANSMISIÓN (Btu por minuto)

Factor de servicio	Eficiencia de la transmisión
I	97%
II	97%
III	96%
IV	95%

Figura 7 . Requerimientos de área

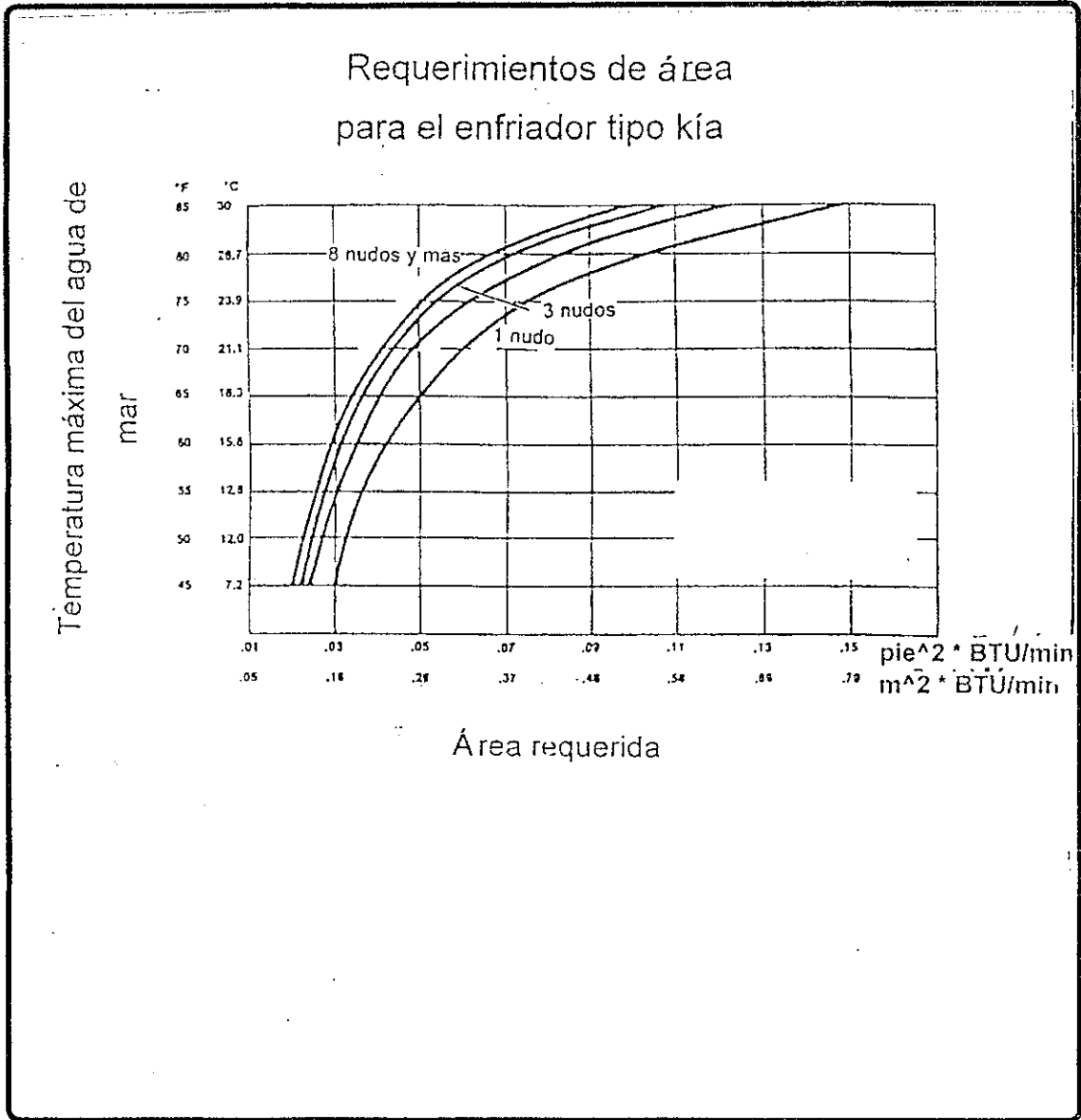


Tabla III. Tabla para calcular la longitud de las tuberías

Multiplicadores

(largo/area)

CANAL

TUBERÍA(Diámetro externo)

Tamaño

Largo

Tamaño

Largo

pulg.	mm.	pie*	cm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pie**	cm.
12*3.0	304.8*76.2	0.67	20.42	2	50.8	2.38	60.33	1.6	48.77
10*3.0	254*76.2	0.75	22.86	2.5	63.5	2.88	73.03	1.3	39.62
8*2.0	203.2*50.8	1	30.48	3	76.2	3.5	88.9	1.1	33.53
6*2.0	152.4*50.8	1.2	36.58	3.5	88.9	4	101.6	0.95	28.96
4*1.5	101.6*38.1	1.7	51.82	4	101.6	4.5	114.3	0.85	25.91
					127	5.56	141.3	0.69	21.03
					152.4	6.63	168.28	0.58	17.68
					203.2	8.63	219.08	0.44	13.41

$$*L = 12 / (\text{Altura} + (2 * \text{ancho del flange}))$$

$$*L = 12 / (\text{largo} * \text{diámetro exterior})$$

$$**L = 3.917 / \text{diámetro exterior}$$

1.9 Ejemplo para calcular el tamaño del enfriador(Keel cooling)

Se debe de encontrar el calor cedido por la transmisión (Tabla II) en Btu/min. Un motor modelo 3508 con rating 775 hp @ 1,600rpm, la transmisión trabaja con una eficiencia del 97%(con un factor de servicio de 1), **986Btu/min**.

Encontrar el área mínima requerida Btu/min(Figura 7), tomando en cuenta la velocidad de la embarcación y la temperatura del agua. Una embarcación que viaje a 8 nudos en agua con temperatura de 85 °F. Utilizando la Figura 7, tomamos el valor de **0.10 pies cuadrados/Btu/min**.

Con los datos anteriores podemos encontrar la superficie mínima requerida para el enfriador tipo Kía. $986 \text{ Btu/min} * 0.10 \text{ pies cuadrados/Btu/min} = \mathbf{98.6 \text{ pie}}$.

A continuación se calcula el largo del canal a utilizar (Tabla III).

Seleccionamos el canal 12*3 pulg.

Se multiplica $90.6 * 0.67 = 66.06$ pies lineales.

1.10 Evaluación de la velocidad interna del enfriador tipo Kía

Para cualquier tipo de intercambiador de calor, es fundamental, la temperatura del agua de enfriamiento, flujo del fluido y el área de transferencia de calor.

Para mejores resultados, el enfriador tipo Kía debe de estar diseñado para velocidades internas en el rango de 2-8 pies/s (0.6-2.5 m/s). Las velocidades menores a 2 pie/s puede generar la existencia de un flujo laminar, el cual, reduce la habilidad de transferencia de calor del enfriador. Las velocidades mayores a 8 pie/s pueden dañar el sistema.

Las velocidades del agua de enfriamiento puede variar para un flujo conocido dado por la bomba, incrementando o disminuyendo el el tamaño del canal o tubería del sistema.

1.10.1 Cálculo de velocidad en un enfriador

A continuación un ejemplo de evaluación de velocidad:

a-. Se calcula el flujo de la bomba (gpm/60)

Un motor 3508 con bomba auxiliar tiene un flujo de 150 gpm,

$$150/60 = \mathbf{2.5 \text{ gal/s.}}$$

b-. A continuación se procede a calcular los pies cúbicos.

(1 Gal = 0.1337 pie cúbico)

$$2.5 \text{ Gal/s} * 0.1337 \text{ pie cúbico/gal} = \mathbf{0.334 \text{ pie cúbico/s.}}$$

c-. Procedemos a calcular el área del canal, tubería, en pies cuadrados (Tabla IV).

Sí utilizamos el area 12*3 pulg. de canal = **0.0513 pie cuadrado.**

d-. Se procede a calcular la velocidad interna del enfriador tipo kía .

d-1 Al utilizar 12*3 pulg. de canal, debemos de dividir el flujo 0.334 entre 0.25 = **1.336 pie/s.**

d-2 Utilizando 3 pulg. en la tubería, dividemos el fluyo entre el factor 0.0513 = **6.51 pie/s.**

En los ejemplos anteriores podemos observar que utilizando una adecuada tubería estamos en el rango permisible de velocidad interna, para obtener una eficiente transferencia de calor en nuestro enfriador tipo Kía.

2. MONTAJE Y SISTEMA DE MANEJO

2.1 Bases del motor

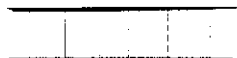
Cuando un motor o una unidad de potencia son instalados en una base metálica, es esencial que la base este diseñada debidamente. La base metálica debe de mantener la alineación original bajo todas las condiciones de operación y medio de trabajo.

Las bases deben de eliminar la frecuencia, y minimizar el período de alineaciones de la unidad de potencia.

Una base debe de cumplir los siguientes factores:

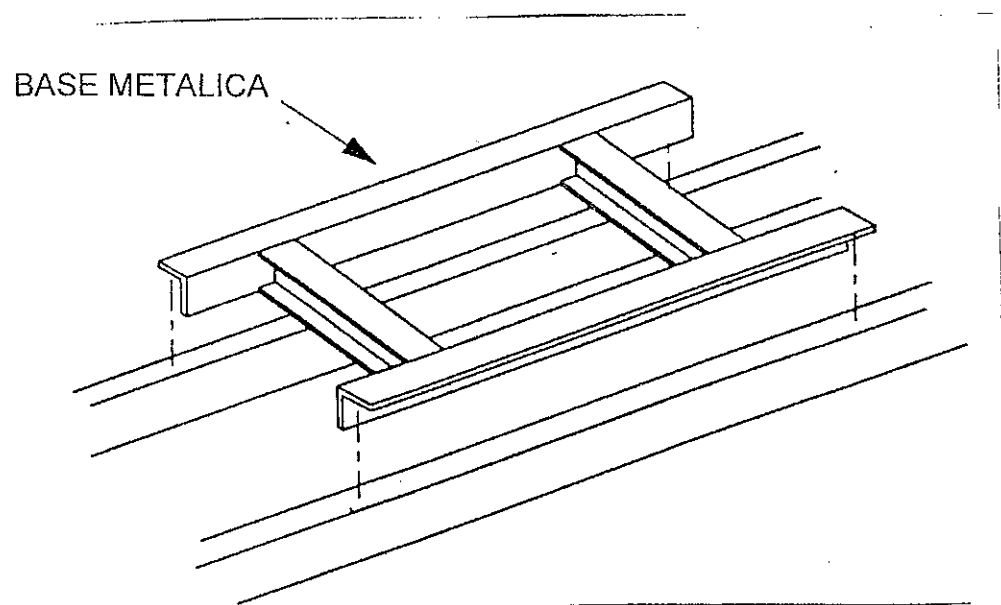
- El torque del motor no debe de causar desalineamiento excesivo.
- La flexibilidad de la fundición bajo la base no debe causar pandeo durante la operación.
- Debe de soportar el movimiento de transportación cuando sea necesario mover el conjunto motor-transmisión, sin que exista distorsión y desalineamiento de la unidad.
- La base debe de estar libre de fuerzas torsionales en el rango de rpm de operación del motor.

La mayoría de las bases tienen área seccional "I" o de canal, debido a que existe menos concentraciones de esfuerzo en estas áreas.



Una base es un estructura rígida que permite movimientos torsionales de la unidad de potencia Figura 8 , la cual, debe de tener tres puntos de suspensión para mantener el alineamiento correcto, este equilibrio se consigue con fuerzas externas. El sistema de los tres puntos se debe de utilizar cuando exista la posibilidad de que la fundación que soporta la base pueda deformarse debido a la vibración. Sí se utilizan más de tres puntos de apoyo, puede causar la deformación de la base.

Figura 8. Base del motor-transmisión marina



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 5

2.2 Ángulos permisibles de instalación

Se debe de considerar que una inclinación inadecuada del motor-transmisión puede ser causa de bajo rendimiento del conjunto y posibles fallas del motor.

Sí el ángulo de instalación es muy grande, las bielas van a impregnarse de aceite del cárter, siendo causa de que el motor consuma aceite, que la vida del motor decrezca y un incremento considerable de los gases de escape.

Por el contrario, si el ángulo es muy pequeño va existir un consumo alto de combustible, mayor fatiga en la transmisión, mayor demanda de rpm para el motor.

Por ello deben considerarse los ángulos de instalación para maximizar el rendimiento del motor-transmisión.

A continuación en la tabla V se especifica los ángulos permisibles, dependiendo de la potencia de los motores.

Tabla V. Tabla para calcular los ángulos permisibles de instalación

POTENCIA (Hp-CONTINUO)

ÁNGULO MÁXIMO

285hp - 380 hp	15 grados
195 hp - 350 hp	12 grados
400 hp - 600 hp	12 grados
675 hp - 725 hp	8 grados
800 hp - 1300 hp	8 grados

2.3 Montaje flexible

El montaje flexible consiste en utilizar resortes, los cuales, absorben la vibración antes de ser transmitida a el casco del barco. Este montaje reduce el ruido y la vibración de la unidad motriz. Existe una gama de elementos flexibles en el mercado para instalar motores-transmisiones marinas, pero se debe de elegir la correcta tomando en cuenta el peso del motor-transmisión, el ambiente de trabajo y las condiciones de corrosión existentes.

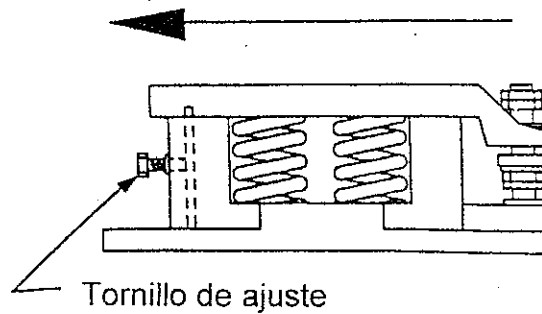
El motor debe de ser instalado con suficiente luz en todos los lados de apoyo para permitir movimientos normales del motor, para que no exista daños en la estructura y componentes marinos.

Sí se utiliza un toma de fuerza acoplado al motor con montaje flexible, el motor y la toma de fuerza deben de estar instalados en una base común con resortes entre la base y la estructura del barco.

Los resortes deben de ser instalados paralelos al centro del motor verticalmente como horizontalmente, como se muestra en la figura 9..



Figura 9 . Resorte de montaje flexible



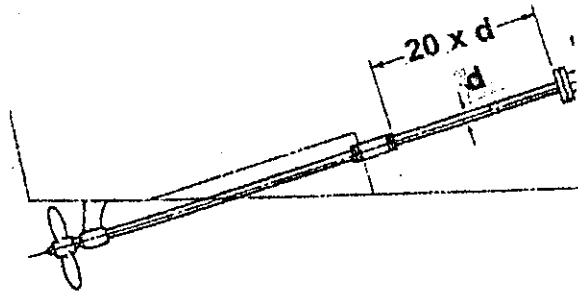
Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.:11

2.4 Alineamiento propela y motor

El alineamiento de el motor y transmisión marina con el eje de la propela es esencial para minimizar la vibración, ruido, pérdida de potencia y disminuir la fatiga en todos los elementos del eje de potencia.

Para evitar la vibración y prevenir dañar el eje de la propela, es recomendado que la distancia del flange de la trasmisión marina hacia el siguiente punto de apoyo(Rodamiento, Chumacera) sea mínima a 20 veces el diámetro del eje propulsor. Si la distancia es menor, un acople flexible será necesario para eliminar la vibración del motor, esto se muestra en la figura 10.

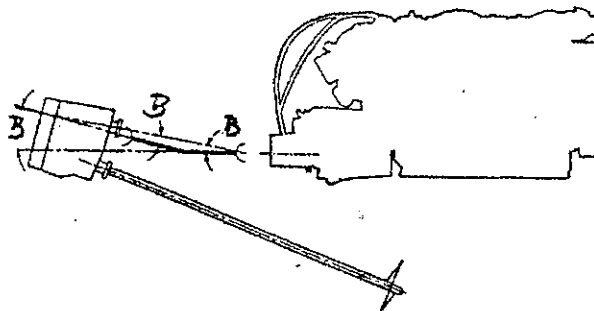
Figura 10. Acople motor-transmisión



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.:13

Sí se utiliza una unión universal, es importante recordar utilizar el mismo ángulo en cada unión flexible para que exista un sistema homogéneo, así es aprovechada la potencia del motor-transmisión al máximo, como se muestra en la figura 11.

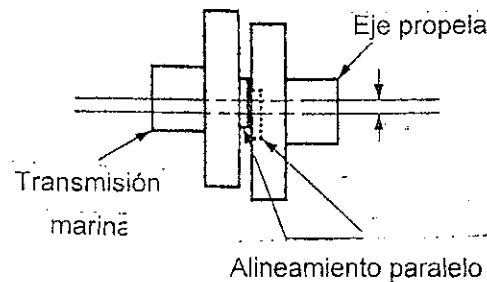
Figura 11. Unión universal



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.:13

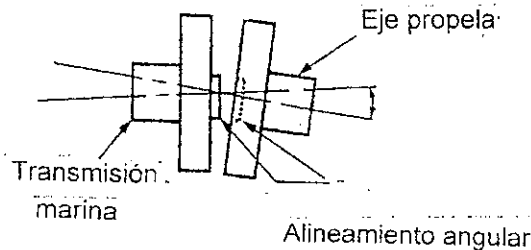
Mientras se alinea el motor-transmisión y el eje de la propela se debe revisar los flanges de ambos elementos, que se encuentren limpios, sin fisuras. En la figura 12, podemos observar el alineamiento paralelo. Ambos flanges deben de alinearse utilizando un calibrador para que exista la misma distancia en la perifería de la circunferencia, mismo ángulo, en la figura 13 podemos observar el alineamiento angular. La alineación no debe hacerse hasta que la embarcación este sumergida ó este adecuadamente montada en una base metálica, se debe alinear nuevamente al utilizar a plena carga la potencia del motor-transmisión para evitar posibles fallas de los materiales debidos a esfuerzos combinados.

Figura 12. Uniones motor-transmisión



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.:14

Figura 13. Alineamiento motor-transmisión



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.:14

3. SISTEMAS DE ESCAPE Y ADMISIÓN

El objetivo del sistema de escape es conducir los gases de combustión del motor hacia la atmósfera con una restricción mínima del flujo de gases. En los motores marinos existen dos tipos de sistemas de escape, el tipo seco y el húmedo.

3.1 Escape tipo seco

El sistema de escape seco utiliza comunmente tubería de acero, hierro, acero inoxidable, secciones de tubo flexible, acero para los Silenciadores. Las altas temperaturas del sistema de escape puede ser peligrosas sino se toman las medidas necesarias.

Para evitar posibles lesiones por el contacto con superficies a altas temperaturas, para mantener la temperatura baja en el cuarto de máquinas y proteger al barco de un posible incendio, se recomienda un adecuado aislamiento térmico en todas las partes del sistema de escape. El aislamiento térmico debe de mantener toda la superficie del sistema de escape de gases, al menos a 93 °C(200 ° F).

Debido a las altas temperaturas del sistema de escape tipo seco, la tubería utilizada no se debe de instalar cerca de ningún material combustible. El aislamiento térmico utilizado debe de estar a 15.24 cm (6 pulg.) de distancia de cualquier material inflamable.

Se deben de evitar los ángulos rectos en las curvas, codos, utilizados en el sistema de escape para que no se produzca el efecto de aumento de presión en el sistema.

3.1.1 Montaje e instalación

Para un montaje correcto del sistema de escape tipo seco, debemos de considerar el diámetro de la tubería a utilizar dependiendo de la potencia del motor. Al considerar este punto se evita un calentamiento excesivo del motor, vida útil corta, alto consumo de combustible y potencia reducida.

A continuación en la tabla VI se describirá los diámetros mínimos a utilizar en el sistema de escape tipo seco:

Tabla VI. Tabla para calcular el diámetro mínimo de escape

POTENCIA DEL MOTOR

DIÁMETRO MÍNIMO

85 hp a 285 hp	130 mm (5 pulg.)
290 hp a 350 hp	200 mm (8 pulg.)
360 hp a 425 hp	200 mm (8 pulg.)
450 hp a 600 hp	250 mm(10 pulg.)
650 hp a 940 hp	250 mm(10 pulg.)

Los componentes instalados en el motor, que conforman el sistema de escape están diseñados por los fabricantes para soportar una pequeña sección de tubería y momento flexionante determinado. A continuación, en la tabla VII, se indican las dimensiones y torques permisibles antes de utilizar un soporte:

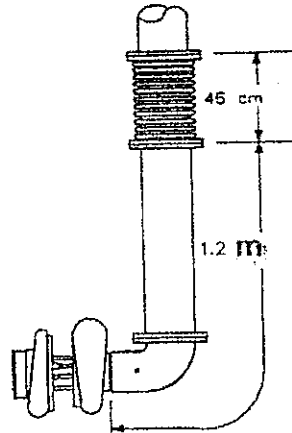
Tabla VII. Tabla para seleccionar el torque máximo

Componente del motor Torque máximo Máximo largo sin soporte del sistema de escape

Flange del manifold de escape	48 N*m (35 lb-pie)	2.1 m (7 pies)
Flange del turbo	27 N*m (20 lb-pie)	1.2 m (4 pies)
Flange del turbo con soporte	170 N*m (125 lb-pie)	4.5 m (15 pies)

Una conexión de tubo flexible debe de ser instalada en el sistema de escape a una distancia de 1.2 metros (4 pies) de el manifold, y debe de tener al menos una longitud de 45.72 cm (18 pulg.), esto se utiliza para absorber la dilatación de la tubería, como se muestra en la figura 14 .

Figura 14. Tubo flexible

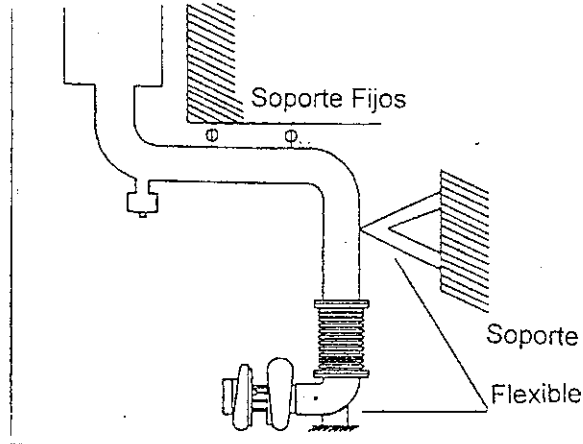


Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 26

El sistema de escape debe de ser diseñado para absorber la dilatación del material, para que no sea causa de deformaciones en los materiales metálicos del sistema de escape.

Un método para permitir la dilatación del material, es utilizar un soporte flexible al final del sistema de escape. Este método no se utiliza en los sistemas que poseen secciones largas, ya sean, horizontales o verticales, como se muestra en la figura 15.

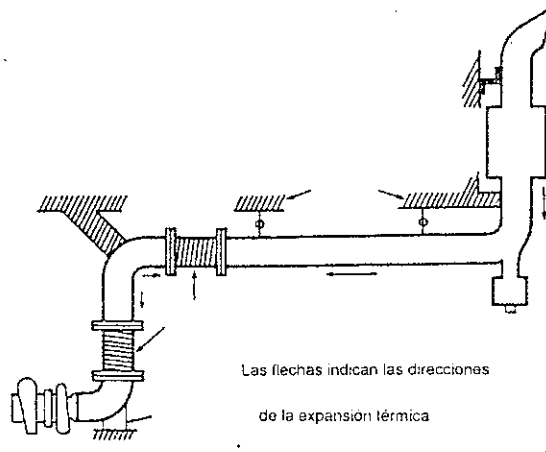
Figura 15. Soportes flexibles de escape



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 27

Sí el sistema tiene secciones largas horizontales o verticales, se debe utilizar un tubo flexible adicional, para que absorba la dilatación en cada dirección. La sección horizontal debe de ser instalada lo más lejos posible de la tubería vertical, para evitar la condensación en el sistema, como se muestra en la figura 16.

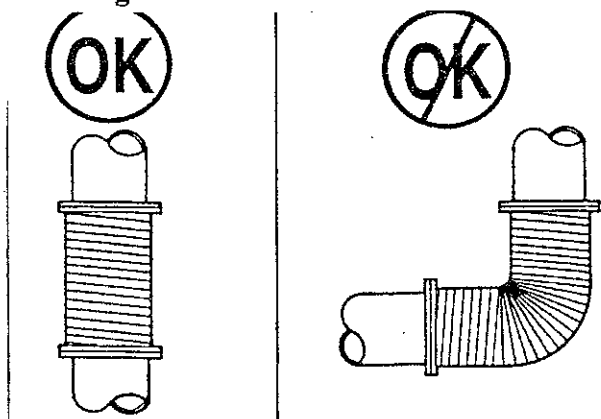
Figura 16. Tubería de escape



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 27

Los tubos flexibles deben de ser instalados en dirección recta, evitando curvas muy cerradas en el sistema de escape, figura 17.

Figura 17. Tubos flexibles rectos

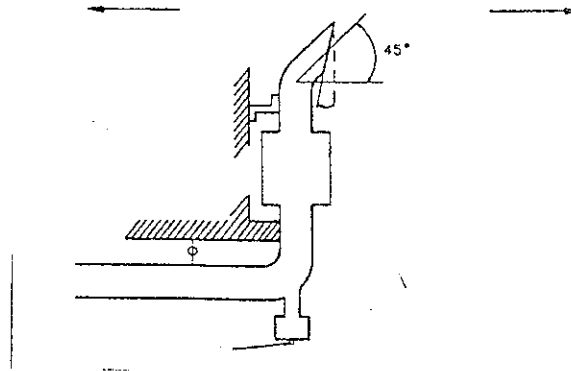


Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 27

El sistema de escape debe de prevenir la entrada de agua al sistema, principalmente al turbocargador, ya que la humedad puede dañar los componentes del sistema.

El agua al entrar al manifold de escape, puede causar un golpe hidráulico, el cual puede averiar los componentes del motor. Para evitar el ingreso del agua, es recomendable, utilizar un ángulo de 45 grados en el tubo exterior del sistema, la salida de los gases debe estar orientada a la parte trasera del barco. Además se debe utilizar una trampa de agua en la parte inferior de cualquier sección vertical, como se muestra en la figura 18.

Figura 18. Utilización de trampa de agua



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 28

3.2 Escape tipo húmedo

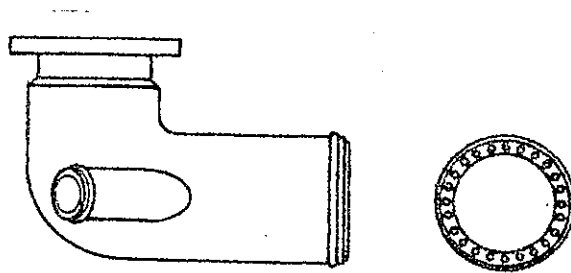
En un sistema de tipo húmedo el agua es pulverizada dentro de la tubería de escape y en algunos puntos del turbocargador. El calor es transferido de los gases de escape al agua, reduciendo la temperatura lo suficiente para poder utilizar mangueras, tubería flexible y materiales que resisten la corrosión del sistema.

Es fundamental que la inyección del agua sea uniforme y constante para evitar las deformaciones en el sistema de escape, posibles quemaduras por altas temperaturas del sistema. La temperatura de las superficies no debe exceder 93 °C (200°F), bajo cualquier condición de operación.

3.2.1 Montaje e instalación

La inyección del agua en el sistema de escape es a través de agujeros, con un diámetro de 8 mm (0.31 pulg.), con un determinado número de agujeros, los cuales dependen, del flujo de agua de enfriamiento, como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Escape tipo húmedo



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 33

A continuación se anota una fórmula para determinar el número de agujeros según el flujo:

$$\text{No. de agujeros} = \frac{\text{L/min de agua de enfriamiento}}{10} \quad (3.1)$$

En donde: L/min = Flujo en Litros por minuto
10 = Constante.

Otra forma de expresarlos:

No. de agujeros: Gpm de agua de enfriamiento (3.2)

2.6

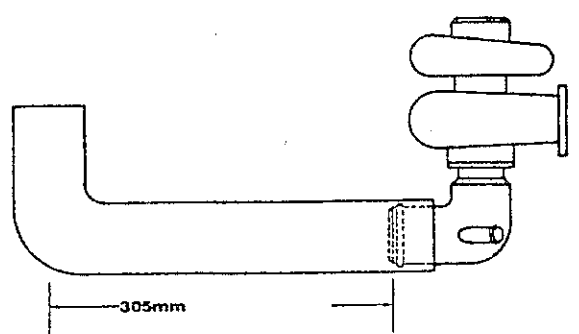
En donde: Gpm = Flujo en galones por minuto

2.6 = Constante.

Es recomendable que la contrapresión del sistema de escape no exceda 75 mm(3 pulg.) de Hg ó 104 mm(41 pulg.) de agua, ya que, una excesiva contrapresión puede ser causa de baja potencia , existencia de humo negro, consumo alto de combustible y puede ser causa de fallas en los componentes del motor.

La inyección del agua debe de estar localizada por los menos a 305 mm (12 pulg.) de cualquier curva en el sistema de escape, para prevenir la contrapresión en el sistema de escape, como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Sistema de escape



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 35

3.3 Área de ventilación mínima

El aire de ventilación es el flujo de aire requerido para disipar todo el calor generado por el motor en el cuarto de máquinas.

El área de ventilación permite que el motor produzca la potencia especificada, así como un rendimiento efectivo de la maquinaria auxiliar. Además provee un ambiente agradable de trabajo para los trabajadores, minimizando los accidentes por fatiga.

Una buena circulación del flujo de aire en el cuarto de máquinas es la clave para mantener una temperatura adecuada de operación. Las entradas de aire deben estar situadas en la parte inferior para incrementar la circulación del aire de admisión.

Las salidas de los gases de escape deben estar situadas cerca de la parte superior del motor, para que el calor transmitido sea evacuado eficientemente.

Si no fuese posible instalar suficientes puertos de ventilación para mantener la temperatura del cuarto de máquinas, ventiladores y extractores de aire pueden ser utilizados para que exista un flujo de aire adecuado.

La capacidad de los ventiladores debe ser el doble del aire requerido por el motor según la curva de enfriamiento. Los extractores de aire deben de exceder el aire demandado por el motor para extraer el calor producido por el motor-transmisión.

Al hacer la instalación de motor-transmisión se debe de considerar un flujo de ventilación de 8 pie cúbico/mts por hp instalado. Para calcular el flujo de aire se considera algunos conceptos que a continuación se describen:

H: calor radiado al cuarto de máquinas. Por cada kW generado, se agregará 4 Btu/min.

Ta: Temperatura ambiente máxima, en la cual el barco operará en toda su vida útil (usualmente 85 °F).

Sa: Densidad del aire a temperatura máxima ambiente. Densidad a 85 °F es 0.073 Lb/pie cúbicos.

dT: Temperatura máxima deseada en el cuarto de máquinas.

Cuando todos estos factores han sido determinados, el requerimiento en pies cúbicos por minuto puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

$$Qa: \frac{H}{(Sa * 0.24 * dT)} \quad (3.3)$$

En donde: Qa: volumen requerido de admisión en pie cúbico/min.

H: calor radiado en Btu/min.

Sa: Densidad de aire de admisión en Lb/pie cúbico.

dT: Diferencia de temperaturas de entrada y salida en ° F.

0.24: Valor específico del aire en Btu/lb/°F

3.4 Filtros de aire a utilizar según aplicación

El aire desempeña un papel importante en el rendimiento de un motor. El motor utiliza una mezcla de combustible y aire cuyo componente principal es el aire. Al igual que un tanque con combustible contaminado, el servicio incorrecto o inadecuado del sistema de aire puede dañar seriamente el motor.

La función del filtro de aire es, por supuesto, eliminar las impurezas contenidas en el aire. Al mismo tiempo, el filtro debe permitir que entre al motor una cantidad de aire suficiente como para asegurar una combustión completa del combustible. El filtro sólo puede realizar estas funciones si el mantenimiento se realiza correctamente y en forma regular. Un filtro de aire cuyo mantenimiento es defectuoso significa menor potencia del motor, consumo excesivo de combustible y vida en servicio más corta.

En general, los motores utilizados en tareas industriales utilizan dos tipos de filtros de aire. El filtro más común es el de tipo seco, que cuenta con un elemento de papel. El otro es el de tipo húmedo, que utiliza un baño de aceite para filtrar el aire.

Cada uno de ellos ofrece ventajas en distintos tipos de trabajo. El motor cuenta además con un prefiltro que elimina las partículas de gran tamaño suspendidas en el aire, antes de llegar al filtro de aire. En condiciones de mucho polvo, el prefiltro prolonga notablemente el intervalo de servicio del filtro. El prefiltro se monta en el lugar donde el aire es más limpio. A continuación se describen los prefiltros más utilizados:

3.4.1 Prefiltro de Malla

Se emplea una malla para filtrar las partículas grandes antes de que puedan obstruir el filtro de aire. Sólo el aire pasa a través de la malla, de manera que la mayoría del polvo y la suciedad se cae al apagar el motor. Además de esto, el único servicio que se requiere es pasar un paño ocasionalmente a la malla.

3.4.2. Prefiltro Centrifugo

Las bocas de admisión y las aletas de guía, diseñadas y ubicadas científicamente, hacen girar el aire que entra en un gran colector de vidrio. La fuerza centrífuga desplaza los contaminantes de mayor masa hacia afuera, los cuales son retenidos por las paredes internas del colector. Como es transparente, se puede ver si se ha acumulado suciedad y si es necesario vaciar el colector.

3.4.3. Prefiltro mediante gases de escape

Un pequeño tubo envía parte de los gases de escape del motor hacia el cartucho del filtro de aire, más allá de la entrada de aire. Se crea así un vacío que extrae el polvo y la suciedad del aire de admisión. Los gases con las partículas en suspensión van al silenciador de escape.

3.4.1 Prefiltro de Malla

Se emplea una malla para filtrar las partículas grandes antes de que puedan obstruir el filtro de aire. Sólo el aire pasa a través de la malla, de manera que la mayoría del polvo y la suciedad se cae al apagar el motor. Además de esto, el único servicio que se requiere es pasar un paño ocasionalmente a la malla.

3.4.2. Prefiltro Centrífugo

Las bocas de admisión y las aletas de guía, diseñadas y ubicadas científicamente, hacen girar el aire que entra en un gran colector de vidrio. La fuerza centrífuga desplaza los contaminantes de mayor masa hacia afuera, los cuales son retenidos por las paredes internas del colector. Como es transparente, se puede ver si se ha acumulado suciedad y si es necesario vaciar el colector.

3.4.3. Prefiltro mediante gases de escape

Un pequeño tubo envía parte de los gases de escape del motor hacia el cartucho del filtro de aire, más allá de la entrada de aire. Se crea así un vacío que extrae el polvo y la suciedad del aire de admisión. Los gases con las partículas en suspensión van al silenciador de escape.



3.5 Causas para evitar restricciones en el sistema de admisión

Al ocurrir una restricción en el filtro, aumenta el nivel de vacío creado por la tubería de admisión. Esto activa un interruptor eléctrico y enciende una luz de advertencia. El indicador mecánico va montado a un costado del filtro de aire, el cual cambia de color al existir alguna obstrucción en el sistema.

Es recomendable tener un elemento externo de repuesto, no lavar más de cinco veces el elemento, ni secarlo con los gases de escape del motor, ni agregarle aceite al elemento ni lavarlo con gasolina o solvente.

No es recomendable utilizar elementos dañados ya que los sistemas de restricciones pueden fallar al no existir vacío. Se debe limpiar las superficies del filtro al instalar un nuevo elemento.

Los fabricantes de filtros de aire indican la importancia de considerar el ambiente del uso de los elementos filtrantes, en mi opinión se debe de utilizar un máximo de 250 horas el filtro de aire para evitar problemas de rendimiento con el motor.

4. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

4.1 Enfriador del motor (Anticongelante)

Los motores marinos son diseñados para usar una mezcla de 50% de agua y 50% de anticongelante, con una concentración del 3% de inhibidor en todo el sistema de enfriamiento. Esta mezcla disminuye el punto de ebullición del agua y ayuda a mantener la temperatura adecuada de operación.

El anticongelante provee una protección adicional contra la cavitación y la corrosión de los cilindros. La concentración de anticongelante se debe de incrementar en un 60% cuando la temperatura de operación sea menor a($-37\text{ }^{\circ}\text{C}$) ($-34\text{ }^{\circ}\text{F}$).

4.2 Utilización del tanque de expansión

La mezcla de agua y anticongelante se expande 5% al incrementar la temperatura de operación del motor. El tanque de expansión debe tener la capacidad suficiente para acomodar la expansión del sistema debido a la evaporación.

La siguiente fórmula es utilizada para calcular el volumen del tanque de expansión:

$$V = \frac{T + E}{18 \cdot 45} \quad (4.1)$$

De donde: V = Volumen mínimo del tanque de expansión.
 T = Volumen total del sistema, incluyendo el motor.
 E = Volumen del congelante utilizado.

La parte inferior del tanque de expansión debe estar situado sobre cualquier punto del sistema de enfriamiento.

Partículas y suciedad deben evitarse que entren al sistema de enfriamiento. Todos los sistemas de enfriamiento deben tener una presión de 15 psi, cuando el tanque de expansión esté colocado 1.5 metros sobre el motor.

Las combinaciones de presión y altura del tanque de expansión sobre el motor recomendadas, se describen a continuación en la tabla VIII:

Tabla VIII Tabla para seleccionar la altura y presión del tanque de expansión

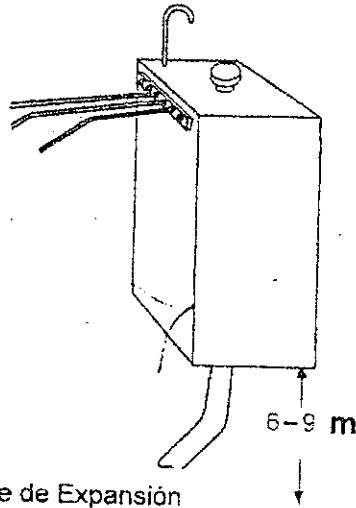
ALTURA SOBRE EL MOTOR.m(pie)	PRESIÓN MÍNIMA. kPA(psi).
0 - 1.5 m (0 - 5 pie)	103 kPA (15 psi)
1.5 - 4 m (5 - 13 pie)	48 kPA (7 psi)
3 - 7 m (10 - 23 pie)	28 kPA (4 psi)
6 - 9 m (20 - 30 pie)	Se utiliza tapón presurizado y respiradero.

El tanque de expansión localizado a 9 metros (30 pie) sobre el eje cigüeñal del motor, no es recomendado.

Es recomendable que el tanque de expansión este localizado, a una distancia no mayor a 6 metros de la parte delantera del motor, como se muestra en la figura 21.

Los tanques de expansión que no requieren un tapón presurizado deben utilizar un tubo de ventilación en la parte superior del tanque, para permitir el escape de gases y de aire del sistema. Este elemento debe tener la forma de anzuelo, para evitar la contaminación del sistema.

Figura 21. Tanque de expansión



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 42

4.3 Motor enfriado por Keel cooling(KIA)

El enfriamiento por medio de Kía es un sistema en el cual se utilizan un grupo de tubos, canales, los cuales sufren un contacto directo con el agua del mar, ríos, con lo cual se transfiere el calor del sistema a el fluido.

El sistema de Kía es muy utilizado en barcos pesqueros, en áreas donde existe mucha alcalinidad, temperaturas muy bajas; por lo cual los tubos del intercambiador tuvieran una corrosión acelerada.

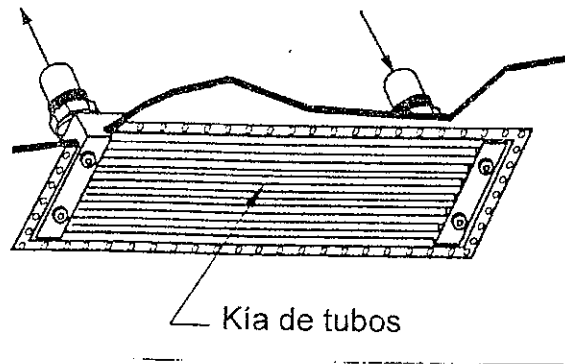
Generalmente los fabricantes soldan una serie de canales en la parte inferior del barco, considerando la línea de agua de la unidad, ver figuras 22, 23 y 24. Para obtener una mejor eficiencia del sistema de Kía, el sistema debe de tener un flujo constante de fluido.

Los botes pequeños que utilizan el sistema de Kía, deben de instalarlo cerca de la propela, para aprovechar el movimiento del fluido de enfriamiento. Las dragas y otros barcos con velocidades muy bajas, deben de instalar el sistema de Kía en posición inclinada ó vertical para promover la circulación del fluido de enfriamiento por convección.

No se deben de instalar donde exista mucha vibración, en áreas expuestas a a flexión o golpes.

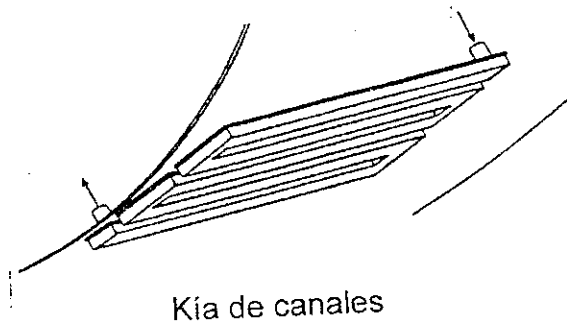
Sí la presión de succión de la bomba es negativa, la bomba de agua puede sufrir cavitación. Esto será la causa de pérdida de flujo de enfriamiento y por consiguiente de calentamiento del motor. Todos los componentes deben de ser seleccionados según la curva de rendimiento del motor.

Figura 22. Enfriador tipo kía de tubos



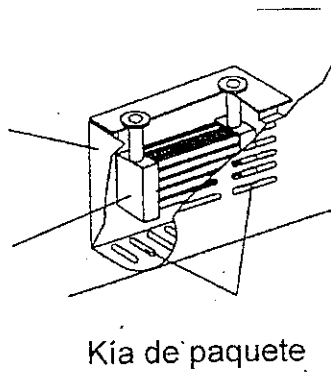
Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 43

Figura 23. Enfriador tipo kía de canales



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 44

Figura 24. Enfriador tipo kía de paquete

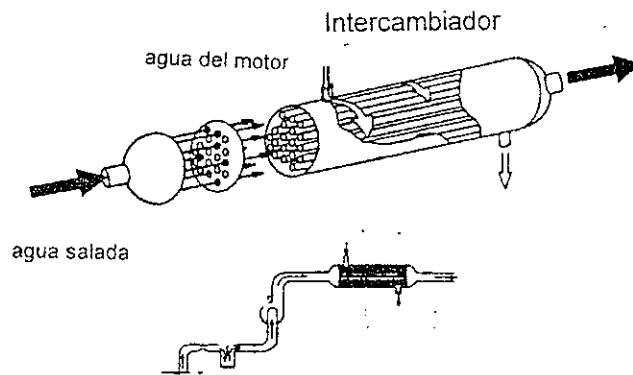


Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 44

4.4 Motor enfriado por intercambiador

En el sistema de enfriamiento por intercambiador como se muestra en la figura 25 el fluido de enfriamiento del motor circula en la parte externa del conjunto de tubos y el fluido externo dentro de los tubos. El fluido de enfriamiento del motor es recirculado por la bomba de agua al motor, mientras el fluido de enfriamiento del sistema es desechado a el río o mar.

Figura 25. Intercambiador de calor



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 49

5. SISTEMAS DE COMBUSTIBLE Y LUBRICACIÓN

5.1 Filtros y líneas de combustible

El sistema de combustible debe de suplir un combustible limpio, el cual este libre de agua y aire hacia el motor. El combustible es utilizado para lubricar los inyectores y la bomba de combustible y disipar el calor de la combustión de los sellos de los inyectores.

La mayoría de los motores dentro de su equipo estandar se incluye un filtro de combustible para remover partículas contaminantes del combustible. Estos filtros son diseñados para proveer una protección adecuada a la bomba de combustible y a los inyectores.

El sistema de combustible no debe permitir un flujo(debido a la gravedad) hacia el motor atravez de la línea de alimentación de combustible o la línea de retorno del mismo en los períodos de paro del motor, ya que, puede ser la causa de un golpe hidráulico en el cilindro.

Todos los motores deben de tener válvulas cheques para prevenir el paso de combustible hacia la cámara de combustión durante el paro del motor. Estas válvulas no deben de ser removidas del sistema por ninguna circunstancia.

La restricción de la línea de combustible no debe exceder los 102 mm de Hg. cuando se mida la presión después de la válvula cheque. Si la restricción del retorno de combustible es muy alta, un exceso de combustible será inyectado al cilindro. Esto puede causar una presión alta en el cilindro, incremento de humo, bajo rendimiento y un decremento de la vida útil del motor.

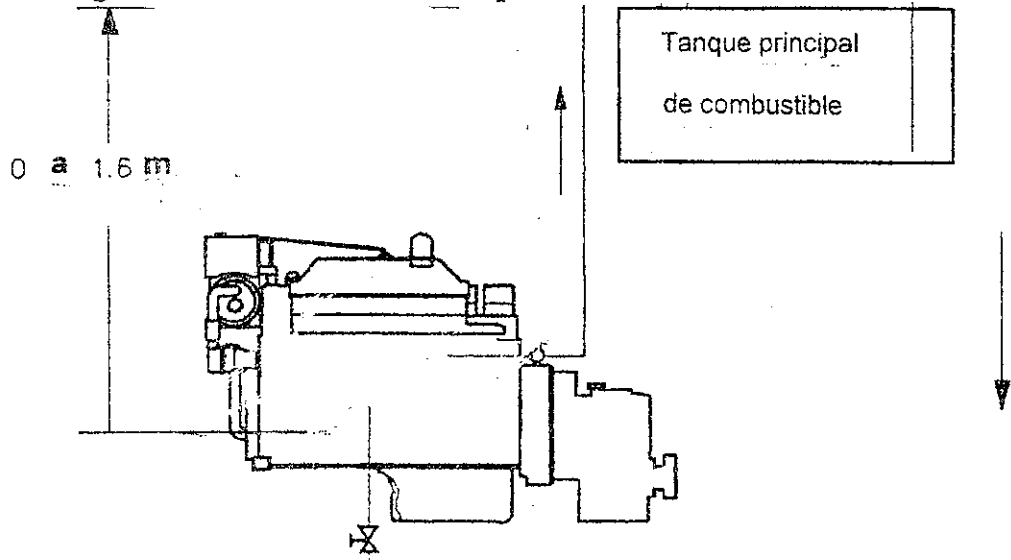
5.2 Tanques de combustible

Sí el tanque de combustible está localizado sobre el motor, la línea de retorno de combustible será afectada por la presión estática del fluido sobre el motor.

Cuando el tanque de combustible esté localizado **sobre 1.6 metros sobre el eje cigueñal del motor** (figura 26), la válvula cheque localizada en el motor prevendrá un flujo inadecuado a la cámara de combustión. Una válvula de cierre puede ser usada en la línea de alimentación entre el tanque de combustible y la bomba de combustible.

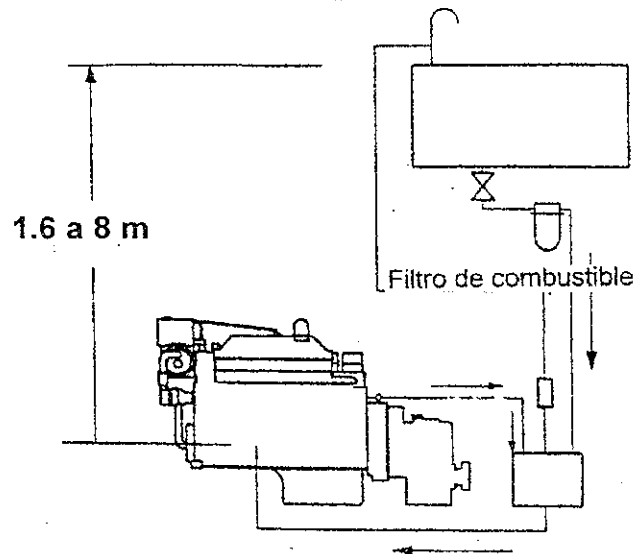
Para tanques localizados **8 metros sobre la línea central del el eje cigueñal** (figura 27), un tanque auxiliar debe de ser instalado. Este tanque debe tener dimensiones adecuadas, para que, el combustible a su retorno, no alcance la temperatura de operación del motor. Un filtro de combustible debe de ser instalado entre el tanque principal y el tanque auxiliar, con una válvula de cierre ente el filtro y el tanque principal para permitir la limpieza y/o reemplazo del mismo sin derramar combustible.

Figura 26. Localización del tanque de combustible a 1.6 metros



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 66

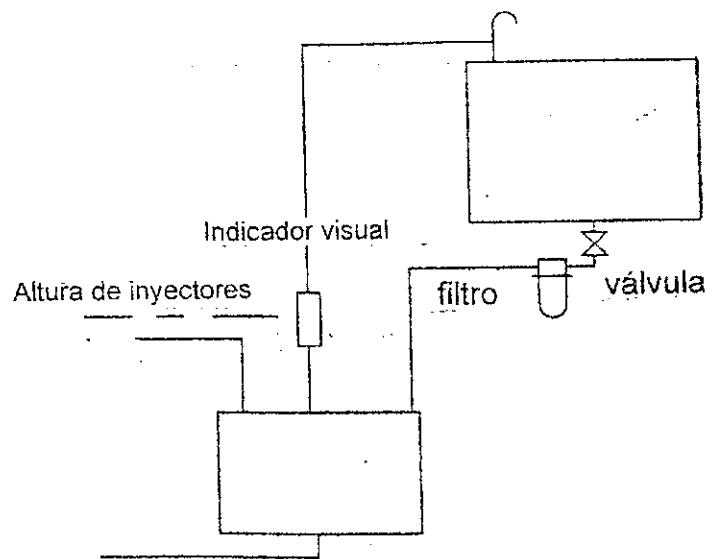
Figura 27. Localización del tanque de combustible a 8 metros



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 67

Todos los tanques auxiliares requieren una ventilación y deben tener un indicador visual. El indicador visual debe ser localizado sobre la línea de ventilación a la misma altura que los inyectores de combustible, (figura 28). Si la válvula de cierre falla y/o la dejaron abierta, en el indicador visual se puede revisar la existencia de combustible, y existe la posibilidad de que halla ingresado combustible a la cámara de combustión y que no se debe de arrancar el motor para evitar cualquier daño al mismo.

Figura 28. Localización del indicador visual



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 67

La restricción en la bomba de combustible no debe exceder 102 mm. de Hg. cuando sea medida en la entrada de la bomba.

Una restricción excesiva puede ser la causa de un flujo ineficiente hacia la bomba de inyectores, afectando la vida útil de los componentes y la entrega de potencia del motor.

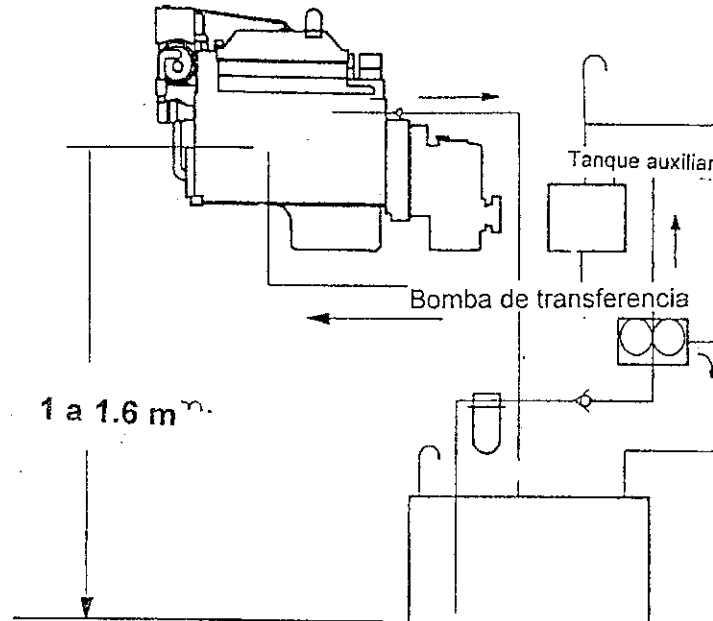
Para tanques localizados **debajo de 1.6 metros de la línea central del eje cigüeñal**, como se muestra en la figura 29, el motor debe de tener una bomba de transferencia para enviar el combustible a el motor.

La bomba de transferencia debe trabajar continuamente para alimentar el tanque auxiliar, a una presión regulada de 55kPA (8psi) como máximo.

Todos los tanques de expansión deben tener una línea de ventilación y una tubería de sobreflujo. El combustible excesivo retorna a el tanque principal sí el flote del tanque auxiliar falla.

El tanque debe estar equipado con ventilación y una conexión del retorno del combustible que sea adecuada para permitir que el aire y otros gases se separen del combustible. La tubería de ventilación debe prevenir la entrada de partículas y agua, así como permitir que el aire y los gases de la línea de retorno escapen del tanque de combustible. Esto mantiene una igualdad de presiones internas y externas previniendo que el tanque se expanda.

Figura 29. Localización del tanque de combustible bajo la línea de cigueñal

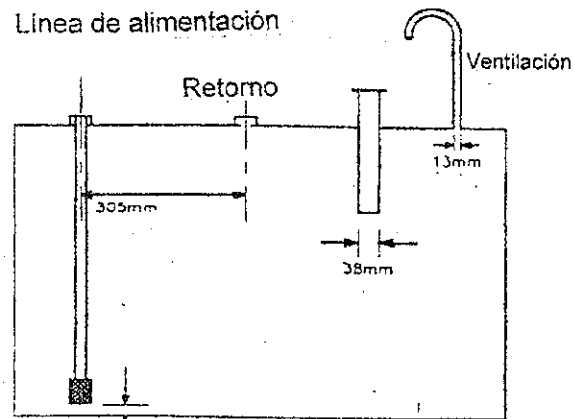


Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 69

La tubería de ventilación debe de tener un diámetro de al menos $1/3$ de la tubería de llenado con un mínimo de 12.7mm (0.5 pulg.) de diámetro.

El tanque principal de combustible retorna una gran cantidad de gases mezclados con el combustible. Para prevenir que el combustible retorne con una temperatura muy alta, la línea de retorno debe estar localizada en la parte superior del tanque, lo más alejado posible de la línea de alimentación. La mínima distancia entre la línea de alimentación y retorno es de 305mm (12 pulg.), como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Localización de la línea de retorno



Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 70

Los tanques de combustible pueden ser fabricados de acero, aluminio o fibra de vidrio. Los aceros aleados con zinc o tubería galvanizada nunca deben usarse dentro del sistema de combustible diesel.

La mayoría de bombas de combustible son lubricadas por el mismo combustible. La presencia de agua en el combustible minimiza la lubricación de la bomba, y es causa de posibles fallas de la misma, así como los inyectores de combustible. Por ello es necesario utilizar un separador de agua del combustible, el cual debe ser instalado antes de la bomba de combustible.

5.3 Válvulas de combustible

Las válvulas que se instalan en la línea de alimentación de combustible deben tener una resistencia mínima a el flujo de combustible y no deben de permitir una entrada de aire dentro del sistema. Estos requerimientos se obtienen con las **válvulas tipo tapón**. Las **válvulas tipo globe** y otros tipos de válvulas selladas pueden ser usadas, pero deben ser revisadas periódicamente para mantener un sello adecuado y evitar entradas de aire al sistema. Algunas válvulas no son diseñadas para una línea de succión, por lo tanto, no se pueden utilizar en la línea de alimentación de combustible.

5.4 Lubricantes utilizados en motor y transmisión marina

Los aceites utilizados en la actualidad son los aceites multigrados, ya que, no existe peligro de pérdida de viscosidad por diferencias de temperaturas. Las bombas de aceite y los trenes de engranajes obtienen una vida útil mayor al utilizar aceites multigrados.

Las transmisiones marinas utilizan aceites monogrados, ya que, tienen una elevada presión de operación y las temperaturas no varían en grandes rangos.

Debemos de tener presente el concepto de contaminación, la cual indica la presencia de materia o contaminantes indeseables en el aceite. Los principales contaminantes se describen a continuación:

- **Elementos de desgaste:** son aquellos cuya presencia indica desgaste de ciertas piezas o componentes. Entre ellos se encuentran el cobre, hierro, aluminio cromado, plomoestaño, molibdeno, níquel y magnesio. Indiferente de la calidad del aceite, siempre habrá algo de desgaste y esto es normal. Se analizan tendencias para definir el desgaste normal y para indicar cuando ocurre un desgaste excesivo que puede acortar la vida útil del motor. La entrada de polvo en el aceite lo indica un aumento en silicio en el análisis del aceite usado. Puede haber una pequeña cantidad de silicio en el aceite como aditivo antiespuma.

- **Polvo:** éste puede llegar al aceite en el aire que pasa más allá de los anillos y adhiriéndose al aceite en las paredes de los cilindros. El polvo puede entrar en un compartimiento por la falla de un sello.

- **Hollín:** es un combustible parcialmente quemado. El humo negro de escape y un filtro de aire sucio indican su presencia. El diseño del sistema de combustión del motor puede afectar la formación de hollín en el aceite. El aceite se oscurece cuando el aditivo dispersivo mantiene el hollín en suspensión. Sin embargo, si el aceite se degrada hasta el punto que aumente el tamaño de hollín, éste puede acelerar el desgaste.

- **Combustible:** exceso de combustible en el aceite indica un fallo del sistema de combustible, como un inyector roto o de alguna pieza del sistema de alimentación de combustible, que permite la entrada de combustible en el aceite.

- **Agua:** el agua es un derivado de la combustión y sale, por lo general, por el tubo de escape. Se puede condensar en el cárter si la temperatura de operación del motor es demasiado baja.

- **Glicol etilénico/anticongelante:** la presencia de glicol indica contaminación de refrigerante en el aceite y se debe corregir inmediatamente el problema. El glicol causa la formación de depósitos que pueden taponar el filtro.

Además de los contaminantes, existen otros factores que disminuyen la eficacia del aceite. Estos factores no contaminan necesariamente el aceite como lo hacen el hollín e el polvo, pero contribuyen a su degradación. Estos son: baja temperatura del agua de las camisas, alta humedad, consumo de aceite, caga del motor, tipo de combustihle y falta de mantenimiento.

La degradación del aceite se puede manifestar de tres maneras: productos de oxidación, derivados de azufre y productos de nitración. Estos productos pueden medirse en una muestra de aceite para indicar el estado del aceite en cualquier momento.

5.5 Esquema principal de lubricación de un motor

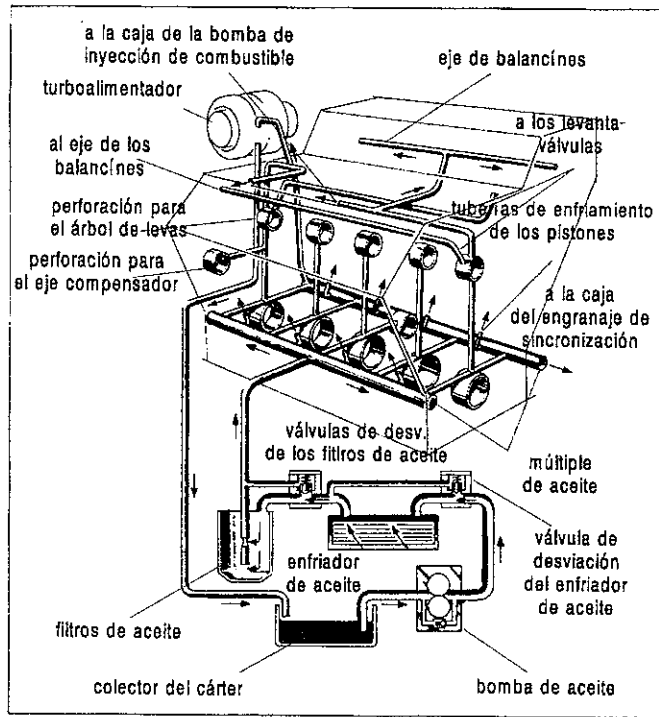
Un conocimiento básico del sistema de lubricación del motor ayuda a comprender cómo la contaminación/degradación puede dañar los componentes del motor, y también por qué la falta de aceite puede tener un efecto igualmente debilitante.

La mayoría de las fallas son causadas por el aceite contaminado o degradado que fluye por el motor, o por la falta de lubricación de un componente determinado. Sabiendo cómo el sistema de lubricación alimenta al motor puede simplificar el análisis de fallas. Un ejemplo de esto es la falla de un cojinete por falta de lubricación. Si se descubre con tiempo la falla, los cojinetes más alejados de la toma de aceite mostrarán más averías.

El sistema de lubricación de cada motor puede diferir ligeramente: Sin embargo, son iguales en principio. Como se muestra en la figura 31, la bomba de aceite envía el aceite por el enfriador de aceite y después a través de los filtros de aceite. Las válvulas de desviación del enfriador de aceite, o los filtros de aceite protegen al sistema si se restringe el flujo de aceite. Cuando se arranque el motor con aceite frío o si se taponan el enfriador o el filtro, las válvulas de desviación aseguran un flujo constante de aceite a los pasajes de aceite del motor.

El aceite del filtro fluye al múltiple de aceite del bloque del motor. Este aceite fluye después a los varios pasajes de aceite del bloque para lubricar y enfriar los varios componentes del motor. El aceite regresa después al colector del cárter.

Figura 31. Esquema de lubricación de un motor



El sistema de lubricación de un Motor 3408.

Fuente: Instalaciones de motores Cummins, s.d.e, pág.: 72

6. SISTEMA ELÉCTRICO

6.1 Instrumentación

Todos los motores y transmisiones marinas deben de poseer indicadores mecánicos para protegerlos de alguna falla y alertar a el marineró encargado. Estos indicadores pueden ser instalados al pie del motor o en la cabina del barco. Los indicadores que se deben utilizar como mínimo son, el indicador de presión de combustible, presión de aceite del motor , temperatura del agua de enfriamiento, presión de aceite de la transmisión marina, acelerador y tacómetro.

Además se puede utilizar algunas alarmas para la presión de aceite, voltímetro, amperímetro, horómetro para programar los servicios de mantenimiento, como termocoplas para cada cilindro.

Las protecciones que se recomiendan son las de presión de aceite, temperatura del agua y sobrevelocidad del motor. Estas protecciones se calibran para que un solenoide de paro automático se accione al presentar una falla el motor.

Los paneles de instrumentos no deben de ser instalados en la misma base del motor para evitar fallas por vibración. La transmisión marina debe de indicar la presión de aceite para evitar daños por falta de lubricación.

6.2 Sistema de arranque

El arranque debe de estar diseñado para que el motor arranque en las condiciones extremas de medio ambiente. Para obtener este objetivo, al instalar un motor se debe tener un criterio para la selección y aplicación de los componentes del sistema eléctrico.

El sistema de arranque consiste en un motor de arranque, baterías, cables, cargador de baterías. Este sistema es el más conveniente para los motores dentro de borda, es el más económico y el que se adapta mejor para la automatización y el uso remoto.

6.2.1 Motor encendidos por aire

Todos los motores tienen la opción de arranque por medio de aire, y es recomendable utilizar un compresor de aire tipo clutch o un compresor de fajas. El compresor tipo clutch puede ser diseñado para los requerimientos del barco y operarlo únicamente cuando se le demande.

Mientras que el tipo de fajas opera continuamente y se agrega a las cargas parásitas, produciendo pérdida de potencia a el motor.

6.3 Baterías y harnes utilizados

Las baterías proveen suficiente potencia para arrancar el motor en un tiempo corto. La capacidad de reserva se mide por los minutos que una batería a plena capacidad y a una temperatura de 26 grados centígrados puede suministrar corriente para el encendido, los accesorios sí el sistema de carga falla. Cuanto más minutos de reserva tiene la batería más potencia posee.

La vida de las baterías se debilitan, cuando una batería se carga y descarga durante el funcionamiento normal de la máquina, la pasta de plomo que cubre las celdas de las placas de la batería se va desprendiendo, especialmente de la placa negativa y se acumula en el fondo de la batería llegando a producir un cortocircuito.

Además, al irse desprendiendo el material de la placa, la batería pierde su fuerza para arrancar el motor y se va debilitando.

Los principales motivos de fallas prematuras de las baterías son:

- Sobrecarga: la causa más común de esta falla se debe generalmente a una regulación inadecuada del voltaje. Las sobrecargas se pueden percibir por: consumo excesivo de agua, material de plomo negro en la parte inferior de las tapas de ventilación y una indicación alta en el amperímetro.
- Carga Baja: el almacenamiento prolongado y descuidado, ajuste bajo del regulador de voltaje o un alternador que no funciona adecuadamente sera la causa que la batería funcione continuamente con carga parcial. Normalmente, una batería en estas condiciones no arrancará el motor y se debe eliminar el problema.

Sin embargo, si no se elimina, las placas se pueden endurecer (sulfatar) y se puede destruir la batería. Algunas veces al recargar la batería 8 amperios o menos durante 24 horas se podrán reactivar las placas, pero generalmente los resultados no son buenos.

- Vibración: las baterías pueden fallar prematuramente si están sujetas a una alta vibración, montajes flojos, falta de los soportes, etc. esas condiciones harán que las placas se rompan, se toquen entre sí y formen cortocircuito, o que el material de la placa se desprenda de la misma, se acumule en el fondo de la batería y cause también un cortocircuito.

- Descuido: niveles del electrolito bajos, soportes de la batería faltantes, etc. pueden hacer también que la batería falle. Los niveles bajos del electrolito permiten que la parte superior de las placas de las baterías se seque, y se destruya la parte expuesta.

Para seleccionar una adecuada potencia se debe considerar dos elementos:

- La temperatura ambiente más baja que el motor arrancará.

- La carga parásita impuesta al motor.

Sí la resistencia del circuito es muy alta, el motor de arranque no recibirá una adecuada entrega de energía y no proveerá un buen arranque durante todo el servicio. La máxima resistencia en el circuito de arranque para los motores es de 0.002 Ohms. En la Tabla se puede seleccionar el tamaño de cable.

La resistencia del circuito del motor de arranque va a ser afectada por el diámetro del cable y el largo, el número de conexiones en el sistema y la posible presencia de contactores adicionales en el sistema eléctrico. En la tabla IX podemos encontrar la longitud máxima de los cables y en la tabla X podemos encontrar el diámetro y el área de los cables.

Tabla IX Tabla para seleccionar el cable para el motor de arranque

LONGITUD MÁXIMA DE LOS CABLES DE ARRANQUE

Máxima resistencia	#00	#000	#0000 o Dos#0	Dos #00	No. de motores de arranque
0.002 Ohm	6.10 m (20 pie)	8.23 m (27 pie)	10.67m (35pie)	13.72 m (45 pie)	Un motor de arranque
0.002 Ohm	6.10 m (20 pie)	8.23 m (27 pie)	10.67m (35pie)	13.72 m (45 pie)	Dos motores de arranque

Tabla X Tabla para calcular el diámetro del cable

Número de cable (AWG)	mm	pulg.	Área del cable(mm cuadrados)
#0	7.8	(.3065)	47.8
#00	8.4	(.3310)	55.4
#000	9.2	(.3625)	66.5
#0000	10	(.3938)	78.5

7. MANTENIMIENTO DE MOTORES Y TRANSMISIONES MARINAS

A los motores y transmisiones marinas se les debe de dar un chequeo diario para evitar fallas mayores al revisar los elementos principales, entre ellos podemos mencionar los siguientes:

1. Revisar el nivel de aceite del motor.
2. Revisar el sistema de enfriamiento y nivelar refrigerante.
3. Drenar los sedimentos y agua del separador de agua.
4. Revisar el filtro de aire, así como, el indicador de servicio.
5. Inspeccionar el motor para prevenir posibles fugas y mangueras averiadas.
6. Revisar el nivel de aceite de la transmisión marina.

7.1 Servicio de 250 horas y/o 7,500L (2,000 gal.) de combustible

Dentro de este servicio están comprendidos las siguientes actividades:

1. Inspeccionar/Reemplazar las protecciones de Zinc.
2. Ajuste inicial de Válvulas.
3. Revisar/Ajustar el tiempo de Inyección de combustible.
4. Cambio de aceite del motor, filtros de aceite y tomar muestra de aceite.
5. Reemplazar los filtros de combustible, separador de agua.
6. Revisar nivel de baterías y limpiar.
7. Adicionar aditivo y tomar muestra para medir concentración .
8. Ajustar tensión de fajas, revisar/ajustar mangueras.
9. Reemplazar el impeller de la bomba de agua y revisar el filtro de la bomba del agua salada.

7.2 Servicio de 500 horas y/o 15,000 L (4,000 gal.) de combustible

Dentro de este servicio están comprendidos las siguientes actividades:

1. Limpiar el postenfriador de los gases de escape y el Housing del turbocompresor.
2. Limpiar el respiradero del cárter.
3. Revisar las protecciones del motor y transmisión marina.
4. Inspeccionar/Ajustar el estrangulador de los gases de escape.
- 5. Efectuar el servicio de 250 horas.**

7.3 Servicio de 1,000 horas y/o 30,000 L (8,000 gal.) de combustible

Dentro de este servicio están comprendidos las siguientes actividades:

1. Inspeccionar la bomba auxiliar de agua salada.
2. Cambiar el termostato, limpiar el sistema de enfriamiento.
3. Revisar los sistemas de protección del motor y transmisión marina.
4. Chequear las mangueras de lubricación y enfriamiento.
5. Inspeccionar el enfriador de aceite de la transmisión marina.
6. Cambiar el aceite lubricante de la transmisión marina.
- 7. Efectuar el servicio de 250 horas.**

7.4 Servicio de 2,000 horas y/o 60,000 L (16,000 gal.) de combustible

Dentro de este servicio están comprendidos las siguientes actividades:

1. Ajustar la luz de las válvulas de admisión y escape.
2. Revisar/ajustar el tiempo de inyección de combustible e inyectores.
3. Limpiar el turbocompresor.
4. Reemplazar sellos y rodamientos de la bomba de agua de mar.
5. Inspeccionar el motor de arranque.
6. Limpiar el Intercambiador de calor.
7. Inspeccionar los soportes del motor-transmisión marina.

CONCLUSIONES

1. Con este estudio se evidencia que en la industria pesquera nacional se está incrementando la repotenciación de motores marinos. Las cooperativas están interesadas en asesoría técnica en la instalación de motores y transmisiones marinas para evitar problemas futuros que le representen gastos innecesarios.
2. Es necesario que la Gremial de Pesqueros de Guatemala (u otra organización) consideren las observaciones, que se hacen en este estudio para mantener sus embarcaciones en estado óptimo de operación.
3. Este trabajo evidencia que la industria pesquera necesita de mucho apoyo y soporte de personas que estén bien capacitadas en el tema, para que los puedan asesorar.
4. El alineamiento del motor-transmisión marina debe efectuarse con la embarcación sumergida, para minimizar las holguras permitidas de alineamiento; al utilizar la embarcación a plena potencia se debe de alinear nuevamente para evitar posibles fallas de los materiales debido a los esfuerzos combinados.
5. Para evitar la vibración y prevenir daños en rodamientos el eje entre el flange de la transmisión marina y el siguiente punto de apoyo debe ser menor a 20 veces el diámetro del eje propulsor. Esto se debe de considerar para evitar la deflexión del eje y fallas prematuras.

6. El aire de ventilación se debe calcular para obtener la potencia máxima especificada del motor-transmisión, así como la buena circulación del flujo de aire mantiene una temperatura adecuada de operación; un parámetro que se puede utilizar es: por cada hp instalado se requiere 8 pie cúbico/m de aire.

7. Los motores marinos utilizan aceites multigrados por los cambios bruscos de revoluciones y temperaturas, entre ellos podemos mencionar: viscosidades 15W40, 20W40 que cumplan con las normas API CF-4, (Instituto Americano de Petróleo). Mientras que las transmisiones marinas utilizan aceites lubricantes monogrados, entre ellos podemos mencionar: viscosidades SAE 30, SAE 50 por las presiones de operación y por la poca variación de temperaturas.

8. El mantenimiento de los motores-transmisiones deben de controlarse por medio de consumo de combustible y/o horas trabajadas para prolongar la vida útil de los componentes, el más utilizado es el control de horas con resultados satisfactorios para los diferentes usuarios de embarcaciones.

RECOMENDACIONES

1. Es indispensable que al personal de operación de las embarcaciones sean capacitadas para la correcta operación del motor y transmisión para su óptimo funcionamiento. Este estudio sirve para brindar bases sólidas para dichos entrenamientos.
2. Se debe seleccionar el motor-transmisión marina de acuerdo a la aplicación de la embarcación para minimizar el consumo de combustible y prolongar la vida útil de los componentes marinos.
3. Con la finalidad de reducir los cambios de aceite en un motor marino, se puede solicitar al fabricante un cárter con mayor capacidad para alargar la vida útil del aceite lubricante minimizando los gastos de tiempo muerto de la embarcación.
4. Para embarcaciones de placer se recomienda el uso de intercambiadores de calor y para los barcos pesados como los camaroneros, remolcadores, se debe utilizar el sistema de kía para el sistema de enfriamiento.
5. El sistema de escape debe estar diseñado para evitar restricciones del mismo, el cual puede ser causa de recalentamiento del motor-transmisión y pérdida de potencia. Además, se debe de aislar adecuadamente el sistema de escape tipo seco para mantener una adecuada temperatura en el cuarto de máquinas.

6. Se debe de utilizar en el sistema de instrumentación protecciones de paro automático en los indicadores de presión de aceite (motor-transmisión), temperatura del agua y sobrevelocidad. Estos mecanismos contribuyen a prevenir fallas en los componentes mecánicos del motor-transmisión.

7. Toda la industria pesquera nacional debería implementar un programa de mantenimiento del tren de potencia de las embarcaciones para minimizar las fallas prematuras en los sistemas mecánicos.

8. A la industria pesquera nacional, que repotencien sus motores antes de que estos colapsen, como una medida de mantenimiento preventivo para reemplazar las fallas y paros no programados, así como la recomendación de utilizar los análisis de aceite para prevenir fallas mayores en los componentes del motor-transmisión.

BIBLIOGRAFÍA

1. SPOTTS, M.F. **Proyecto de elementos de máquinas**. México: Reverté S.A., 1972.
2. BOSCH, Robert. **El motor diesel**. Alemania: s.d.e., 1990.
3. **Twin Disc Marine Transmission**, s.d.e, Estados Unidos de América, 1994.
4. Folleto del distribuidor Cummins, titulado: INSTALLATION DIRECTIONS, CUMMINS MARINE.
5. Folleto del distribuidor Caterpillar, titulado: CATERPILLAR MARINE ENGINE MAINTENANCE SCHEDULES .
6. Folleto del distribuidor Cummins, titulado: MARINE ENGINES APLICATION AND INSTALLATION GUIDE.
7. MARKS, Lionel S. **Manual del ingeniero mecánico**. México: McGraw-Hill, 1997.