ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR

NOTAS COMPLEMENTARIAS DE MAQUINARIA MARITIMA I

Ing. Wilmo Jara C.

Julio – 2007

ÍNDICE

NOTAS COMPLEMENTARIAS DE MAQUINARIA MARITIMA I

1. INTRODUCCION A LA MATERIA

El término Maquinaria Marítima es muy amplio y cubre diversos aspectos que tratan sobre: selección, diseño, construcción, mantenimiento y operación de máquinas a bordo de buques. En la materia Maquinaria Marítima I se va a tratar principalmente sobre los factores que influyen en la selección de la máquina propulsora que se utiliza en el diseño de una embarcación.

En razón de que prácticamente todas las instalaciones propulsoras de buques que se hacen en el país son a diesel, en este curso se hará también un estudio básico del funcionamiento y la instalación de un motor diesel.

Es necesario tener presente, sin embargo, que el alcance de este estudio se limita a un tratamiento general del tema sin entrar en detalles específicos, principalmente al tratarse de instalaciones a vapor y a gas.

2. REQUERIMIENTOS DE UNA INSTALACIÓN PROPULSORA

Los requerimientos básicos para diseñar una instalación propulsora de tipo marino se han subdividido en tres categorías:

- Requerimientos de “carga”.
- Requerimientos de servicio y
- Requerimientos ambientales.

2.1 Requerimientos de carga

La carga usual que actúa sobre una instalación propulsora del tipo marino es la hélice. Aunque para la propulsión también se puede usar una bomba de agua que lanza un chorro de agua (jet) o un generador eléctrico que acciona un motor que mueve la hélice. En cualquier caso, la máquina debe suministrar un torque a cierta velocidad (rpm), el producto de estos dos factores nos da el poder que se mide en caballaje, hp, cv o Kilovatios de potencia.

Poder = Fuerza x velocidad
Poder = Torque x rpm.

La carga puede conectarse directamente al motor o puede hacerse utilizando un reductor de velocidad, cuando se requiere mayor fuerza de empuje, como es en el caso de los remolcadores o de los buques pesqueros arrastreros

La carga que soporta el motor es la misma en los dos casos, sin embargo el torque y las rpm difieren en las dos situaciones.
Una consideración a tomarse en cuenta en instalaciones de tipo marino es que esta carga sea inversa, para que el buque pueda dar marcha atrás.

Esto se consigue de tres formas:
a) la misma máquina gira en ambos sentidos,

b) usando un engranaje reversible, que se combina con el reductor de velocidad, y

c) hélice de paso variable.

2.2 Requerimientos de servicio

Entre los principales requerimientos de servicio de tipo marino tenemos:

- Relación de peso a volumen del motor.
- Autonomía
- Perfil da carga.
- Confiabilidad.
- Prácticas de mantenimiento.

El peso del motor y el espacio que ocupa (incluido combustible, repuestos y otros suministros) guardan relación directa con la carga útil y los espacios para vivienda. Desde este punto de vista, mientras más pequeño y más liviano es el motor, mejor es el aprovechamiento del buque como conjunto.

Autonomía es la distancia o el tiempo (lo que sea más importante) que un buque puede operar con una sola carga de combustible. Si la autonomía es muy importante, entonces el motor debe ser de una elevada eficiencia. Esto puede inducir al uso de determinado tipo de combustible.

El perfil de carga describe los lapsos a los cuales la máquina opera solamente a una parte de su poder total. Un buque mercante puede operar por varias semanas a plena carga, en forma continua, mientras que un guardacostas requerirá de todo su poder por el lapso de unas pocas horas solamente.

Confiabilidad es la probabilidad que la máquina no falle en servicio (no hay ningún tipo de servicio donde se requiera poca confiabilidad). Un buque en alta mar necesita estrictos requerimientos de seguridad, a diferencia de lo que ocurre en tierra.

Mantenimiento es el proceso de examinar y reemplazar las partes y accesorios para mantener la máquina en condiciones satisfactorias de funcionamiento. El ambiente y humedad cargados de sal incrementan las necesidades de mantenimiento. Los viajes largos (en algunos casos de varias semanas) donde no se puede apagar el motor hace que los intervalos entre ciclos de mantenimiento se hagan más largos.

2.3 Requerimientos ambientales

Hay requerimientos ambientales que deben cumplirse dentro del buque y fuera de él, en el área colindante en el cual opera.

Dentro del buque deben considerarse: la tripulación, maquinaria, carga transportada, equipamiento y otros.
Un motor marino funciona en un ambiente húmedo y cargado de sal, a elevadas temperaturas ambientales, con movimientos que varían mucho en frecuencia y magnitud.

La salinidad significa que muchos elementos que en tierra se conservan satisfactoriamente, a bordo pueden corroerse rápidamente, a menos que estos elementos sean protegidos con recubrimientos especiales o se use otro material. Este ha sido el caso por ejemplo con las turbinas de gas de aviación cuando se las adaptó al uso marino. Los requerimientos ambientales pueden incluir el ruido, el calor y la vibración de la maquinaria que afectan a la tripulación, la carga y el equipo.

Los movimientos incluyen principalmente el balanceo y cabeceo del casco, así como las vibraciones de poca amplitud y alta frecuencia.

Otros aspectos negativos son el agua y la atmósfera que rodea al buque. Hay restricciones legales que impiden arrojar al agua cualquier desperdicio de la embarcación como aceite, combustible, aguas servidas, basura, etc. En algunos puertos se prohibe la descarga de humo.

3. ASPECTOS GENERALES QUE DEBEN SER CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA PROPULSORA

Una parte vital del diseño de un buque es la selección de la maquinaria propulsora. No se trata solamente de comprar el paquete completo y de su colocación en el sitio, el análisis de la carga y del medio ambiente, el servicio que prestará el buque, etc. deben ser hechos por un profesional, en forma detallada, para asegurar que todos los requerimientos sean cumplidos de la mejor manera posible.

A continuación se presentan algunos aspectos que deben ser estudiados en la selección del motor y el diseño de una instalación propulsora.

3.1 Interacción Motor – Hélice

En primera instancia consideremos la interacción entre el motor y la carga que actúa sobre este. En esencia se refiere al eje propulsor que conecta el motor con la hélice. El eje propulsor está sujeto a cargas auxiliares, torsionales y de flexión, también está sujeto a corrosión, fatiga y electrólisis. La línea de ejes es un componente vital del sistema vibratorio torsional, longitudinal y lateral que se produce siempre en la planta propulsora.

3.2 Coginete de empuje

Al considerar el empuje que desarrolla la hélice, al dar vuelta, tenemos que, ninguna máquina es diseñada para absorber esta carga axial, de tal modo que debe diseñarse un coginete externo al motor para prevenir esta interacción. A menudo en motores marinos de menor caballaje este coginete de empuje va incorporado en el reductor de velocidad, aunque este debe ser considerado como un componente a parte.

Si la propulsión es con una bomba de agua de propulsión a chorro (jet) es probable que el coginete sea parte integral de toda la unidad. Si se utiliza propulsión eléctrica un coginete de empuje debe proteger al motor eléctrico propulsor.

3.3 Alineamiento

El problema del alineamiento de los ejes, entre la hélice y el motor, está presente siempre, principalmente cuando su extensión es considerable. Si no están bien alineados los ejes pueden producirse cargas laterales sobre la brida del motor lo que da origen a distorsiones en la parte interna del motor. El problema del alineamiento se complica también por los cambios térmicos de los acoplamientos y soportes cuando el sistema entra en servicio

3.4 Vibraciones

Se ha notado tres tipos de vibraciones que afectan a los ejes y de estos tres la vibración torsional es la que más afecta al motor. Un análisis vibracional torsional es necesario llevar acabo en el diseño, siendo la idea general asegurarse que las frecuencias naturales no coincidan con las frecuencias de excitación dentro del sistema.

3.5 Sincronización

Debe considerarse también el problema de armonización o sincronización entre la carga de la hélice y el motor. Esto indica que debemos asegurarnos que el torque y las rpm de la máquina deben igualar al que se desarrolla en la hélice en el punto de operación de diseño, esto tiene relación directa con la razón de reducción de velocidad del reductor disponible en el mercado o del fabricante. Consecuentemente, el diseñador debe ajustar el paso de la hélice al valor torque-rpm en el punto de operación de diseño.

3.6 Cargas auxiliares

Además de la carga principal de la hélice pueden existir cargas auxiliares, como por ejemplo un generador de servicio acoplado al eje propulsor, esta conexión puede ocasionar problemas de alineamiento y vibracionales, los cuales deben ser analizados en el diseño. Además si el generador debe funcionar a velocidad constante, como es el caso de instalaciones de corriente alterna, entonces debe utilizarse una hélice de paso variable con las relaciones de paso-torque-rpm seleccionados de tal manera que las rpm se mantengan constantes.

3.7 Controles

En una instalación propulsora los controles no solamente abarcan al motor sino que deben cubrir el sistema propulsor total. Cuando se usa una hélice de paso variable, por ejemplo, el control del paso de la hélice y el control del paso de combustible al motor deben ser integrados.

En un sistema equipado con reversible, reductor y freno al eje, el combustible al motor, el aire para la reversa y para los embragues y el aire para el freno deben estar coordinados de tal manera que la máquina no se dispare o se detenga. Un solo embrague debe conectarse al mismo tiempo. El freno se conecta cuando no están conectados los embragues.

En muchos casos es necesario la instalación de estaciones de control remoto en los puentes de gobierno. En instalaciones complejas es necesario el monitoreo con indicadores y alarmas para colaborar en la operación de la planta propulsora y sus auxiliares.

3.8 Bases

Las fundaciones o bases para la maquinaria son esenciales para soportar las cargas estáticas y las dinámicas que se producen por el movimiento del buque. Estas deben permitir cierta tolerancia que absorban las expansiones térmicas a fin de que no afecten al cigüeñal de la máquina.

También debe tenerse en consideración que debe haber algún tipo de aislamiento para el ruido, el calor y las vibraciones entre la estructura y el motor.

3.9 Instalaciones de combustible

Las instalaciones de combustible son fundamentales para cualquier tipo de maquinaria de combustión interna. Algunos combustibles requieren de calentamiento a fin de reducir su viscosidad. La purificación o limpieza del combustible es de gran importancia en motores diesel y en turbinas de gas, debido a que trabajan a altas temperaturas que es donde más afectados resultan los metales.

3.10 Aire y gases de escape

El suministro de aire a los motores y la descarga de los gases de la combustión es de vital importancia en el proceso. Los ductos de admisión y descarga deben ser convenientemente dimensionados, tomando en consideración los silenciadores y la expansión térmica de cada componente. En las instalaciones de turbinas de gas los ductos de admisión y descarga de aire y gases son esencialmente importantes debido a la gran cantidad de aire que consumen y debido a la sensibilidad a las caídas de presión en los ductos.

3.11 Enfriamiento

El enfriamiento es necesario para cualquier tipo de maquinaria, usualmente se usa el agua el que flota la embarcación.

3.12 Ventilación

Los espacios donde está instalada la maquinaria también requiere de ventilación para el confort del personal que opera la instalación y par la protección de los componentes sensitivos al calor. El medio utilizado es el aire externo que se lo introduce mediante ventiladores.

3.13 Sistemas complementarios

Existen otros componentes que deben ser considerados en la instalación como: grúas o tecles para levantar componentes pesados durante las operaciones de mantenimiento, sistemas de detección de fuego y extinción, iluminación, sistema de manejo de desechos sólidos y líquidos.

Sistemas de aislamiento de ruido y calor en mamparos cubiertas y costados.

3.14 Circuitos de tuberías

Como parte complementaria de la instalación deben considerarse los circuitos de tuberías de achique de sentina, lastrado, combustible, contraincendios etc.

4. SELECCIÓN DEL TIPO DE MAQUINA PROPULSORA.

Los tres tipos de máquinas propulsoras de tipo marino más comunes son: combustión interna (diesel), turbina de vapor y turbina de gas, incluyéndose en cada tipo varios subtipos. Si tomamos en consideración las embarcaciones menores los motores de gasolina de bujías también deben incluirse.

Cada tipo de maquinaria tiene sus ventajas y desventajas y se las usa ampliamente dependiendo del servicio que presta la embarcación.

Al seleccionar el tipo o sub-tipo de maquinaria más adecuado, para un determinado diseño, el ingeniero o arquitecto naval debe hacer un análisis detenido y profundo para cuantificar estas ventajas o desventajas. Por ejemplo:

a. Si la maniobrabilidad es lo más importante, deberá considerarse cuanto le tomará a determinada máquina cambiar la marcha del buque desde x nudos adelante a y nudos atrás.
b. En embarcaciones de alta velocidad, las RPM del motor y de la hélice, son de mayor importancia.
c. En remolcadores, la fuerza de empuje es lo más importante, por tanto, el torque desarrollado por la hélice debe ser lo más alto que se pueda. Para estos casos el diámetro de la hélice debe ser alto y las RPM bajas.
d. Para barcos pesqueros de arrastre, la situación es parecida a los remolcadores.

Al seleccionar motores de combustión interna, las RPM del motor y de la hélice son lo más importante, esto está dado por la reducción de velocidad del reversible-reductor.

La mayor parte de estos aspectos involucran dinero y en muchos casos el aspecto económico será lo determinante en la selección.

5. BREVE ANALISIS DE LA INFLUENCIA ECONOMICA

5.1 El precio de adquisición del motor y sus componentes hay que añadirle el valor de la instalación.

5.2 Los costos del combustible dependen del tipo de combustible que usa la máquina y de la eficiencia del motor. La razón de consumo o consumo específico es la medida que se usa para medir la eficiencia de la máquina. La cantidad de combustible usado afecta no solamente el costo directo del combustible sino que afecta indirectamente otros costos. Por ejemplo una máquina ineficiente requiere de más combustible para determinado viaje esto hace necesario tener un casco de mayor tamaño o disminuir la capacidad de carga útil.

5.3 El peso y las dimensiones de la maquinaria influyen en igual forma como lo hace el consumo de combustible. Una maquinaria voluminosa y pesada reduce la capacidad de carga útil o incrementa las dimensiones del casco, aumentando su costo.

5.4 Una planta propulsora no confiable, además de que representa un peligro a una operación segura, añadirá costo a la operación, debido al costo de las demoras o interrupciones de servicio y al costo de las reparaciones.

5.5 Las operaciones de mantenimiento involucran costos directos y pueden añadir costos indirectos por demoras en el servicio.

5.6 Los sueldos del personal de máquinas son una gran parte del costo operativo del buque.

5.7 Suministros como grasas, lubricantes y otros insumos representan una buena parte de los costos operativos.

5.8 Un buque del tipo comercial está protegido por el seguro P & I (protection & indemnity) y el seguro de casco y maquinaria (H & M). Las primas anuales de estos seguros son un buen porcentaje del valor del buque.

6. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UNA MAQUINA GENERADORA DE PODER

Cada tipo de maquinaria tiene sus propias características, pero todas comparten ciertas características comunes que lo vamos a conocer en este capítulo.

El trabajo básico de toda maquinaria es convertir la energía que tiene almacenada un combustible a energía mecánica.

Los combustibles más comunes que se usan en todo tipo de motores son los hidrocarburos provenientes del petróleo. Estos combustibles al combustionarse completamente con el oxigeno del aire entregan de 18.000 a 20.000 BTU/ lb. (42.000 a 46.500 KJ/ lb. Al rededor del 25 al 30 por ciento de esta energía es absorbida por la máquina para dar vuelta a la hélice que empuja al barco. Esto quiere decir que debe quemarse de 0.4 a 0,5 lb / hr por cada hp.

Un buque grande equipado con un motor de 30.000 hp. que se desplaza a una velocidad de 20 nudos, para cruzar el Atlántico de Europa a los E.U., requeriría aproximadamente unas 1.000 toneladas de combustible. Si su carga útil es de 50.000 toneladas la carga de combustible es más bien modesta.

El poder calórico que tienen almacenados los combustibles provenientes del petróleo, hace que los buques modernos sean económicamente factibles al utilizar un hidrocarburo como combustible. La densidad energética del carbono no es tan alta como la del petróleo.

Se pueden utilizar varias fuentes de energía para mover la hélice como: baterías, " fuel cells" y mecanismos termoeléctricos, sin embargo, los que mayor ventaja ofrecen son los combustibles de petróleo, por tanto, las máquinas que queman petróleo serán el objeto de nuestro estudio.

6.1 Fuente de energía calorífica

La energía de un combustible es liberada en forma de calor que la máquina lo convierte en energía mecánica. Esta liberación de energía se hace en una cámara de combustión, a la cual se le suministra un oxidante, para que reaccione con el combustible y produzca el desprendimiento de calor.

El oxidante es el oxígeno del aire, por tanto, el suministro de aire es vital. Un combustible de petróleo requiere aproximadamente 14 partes de aire por parte de combustible (en peso) para que se produzca una combustión completa.

El horno de un caldero requiere de un 5 al 15 por ciento más. En una turbina de gas la proporción puede llegar hasta a un 50 a 1, a fin de que la temperatura que se desarrolla en el interior de la turbina propulsora no alcance valores muy elevados que afecten el material de los álabes de la turbina que soportan elevados esfuerzos de trabajo. La razón de aire a combustible para los motores diesel yace entre estos dos valores.

En el caso de las calderas el aire es bombeado a la cámara de combustión utilizando sopladores externos (blowers) En las turbinas de gas el aire se introduce a la cámara de combustión utilizando compresores de alta presión. En los motores diesel se usa un turbo-cargador que es accionado por los gases del escape. En los motores diesel de aspiración natural el aire es bombeado por un soplador que es accionado mecánicamente, al que se lo llama bomba de barrido (scavenging blower) o por la acción de bombeo de los pistones durante la carrera de admisión.

6.2 Cámara de combustión

Un caldero de vapor tiene un horno separado donde se lleva a cabo la combustión del carburante. La producción de trabajo mecánico se produce en otro componente que es la turbina, por lo tanto, el proceso en este tipo de maquinaria se llama combustión externa (fuera de la turbina), aquí se desarrolla un proceso de combustión continua, porque se mantiene una combustión constante más que periódica.

Las ventajas son varias: a) siendo el proceso externo los productos de la combustión y la corrosión se mantienen fuera de las partes delicadas de las turbinas como son los álabes, los cuales se encuentran expuestos a grandes esfuerzos y son de fino acabado. b) Al ser la combustión externa, significa que esta es independiente de la máquina, en contraste con un motor diesel donde la combustión depende de la acción de los pistones.
En el tipo de combustión constante se consigue un proceso más eficiente, por tanto, no hay problemas con la combustión incompleta ni con los gases de escape. La mayor desventaja de la combustión externa es el volumen y el peso del equipo externo como son la caldera y sus componentes.

La turbina es una máquina mucho más compacta que la máquina recíproca diesel, pero una planta de poder diesel puede ser igual o más compacta que una planta de vapor, debido a que sus características de combustión interna hace que se prescindan los componentes externos.

En un motor de combustión interna la combustión no es continua, en el cilindro diesel la ignición y el proceso de toda la combustión se lleva a cabo en un tiempo muy corto y en una cámara fría, se lo considera fría porque en cada entrada de aire y combustible fríos las paredes de la cámara se enfrían. Estos dos factores hacen que la combustión completa sea difícil de llevarse a cabo.

La turbina de gas está dentro de estos dos conceptos, la combustión es continua y ocurre dentro de la máquina mismo (también es posible que en una turbina de gas haya combustión externa.)

Las ventajas de una combustión interna y continua son de gran beneficio para las turbinas de gas haciéndolas más compactas. Desafortunadamente una de las desventajas de la combustión interna es el ataque del gas caliente a la turbina.

6.3 Fluido de trabajo

El calor no puede dar la vuelta al eje, se requiere la participación de un intermediario, a este se lo llama fluido de trabajo. Hay dos fluidos: aire y agua. Al aire se lo puede comprimir, calentar, expandir y enfriar, mediante estos procesos se lleva a cabo la conversión de energía térmica a energía mecánica.

En combustión interna el fluido de trabajo y el oxidante son los mismos, esto es el aire.

En sistemas de vapor se usa aire y agua. En el caso de las plantas de vapor el aire que se usa para la combustión se lo descarga directamente al exterior y no participa de la acción productora de trabajo, para cuyo propósito se usa el vapor. Por varias razones es conveniente reciclar el fluido de trabajo, el equipo que se utiliza para el reciclado incrementa la complejidad del sistema, el peso de la maquinaria y su costo.

6.4 El ciclo

El proceso que se desarrolla sobre el fluido de trabajo: compresión, calentamiento, expansión y enfriamiento constituye el ciclo por el que la energía liberada por el combustible se convierte en energía mecánica. Aunque los tres procesos ocurren en todo tipo de maquinaria productora de poder, ellos difieren en importantes aspectos, según el tipo de maquinaria. Por ejemplo:

a) El proceso de expansión es continuo, sea en el caso de la turbina de gas o de vapor. En el caso de los motores de combustión interna (diesel) el proceso es más bien intermitente.
b) El enfriamiento en un ciclo de vapor se lleva a cabo condensando el vapor a agua, mientras que en las turbinas a gas y en los motores diesel se lleva a cabo descargando a la atmósfera los gases y reemplazándolo por aire fresco.

En todos los ciclos, algún enfriamiento toma lugar en el proceso (calor disipado), puesto que parte de la energía entregada por el combustible es inutilizable en la producción de trabajo mecánico.

En forma general mientras mayor es la presión de trabajo del fluido de trabajo y más alta es la temperatura a la que este recibe el calor del combustible, mayor será la eficiencia del ciclo.

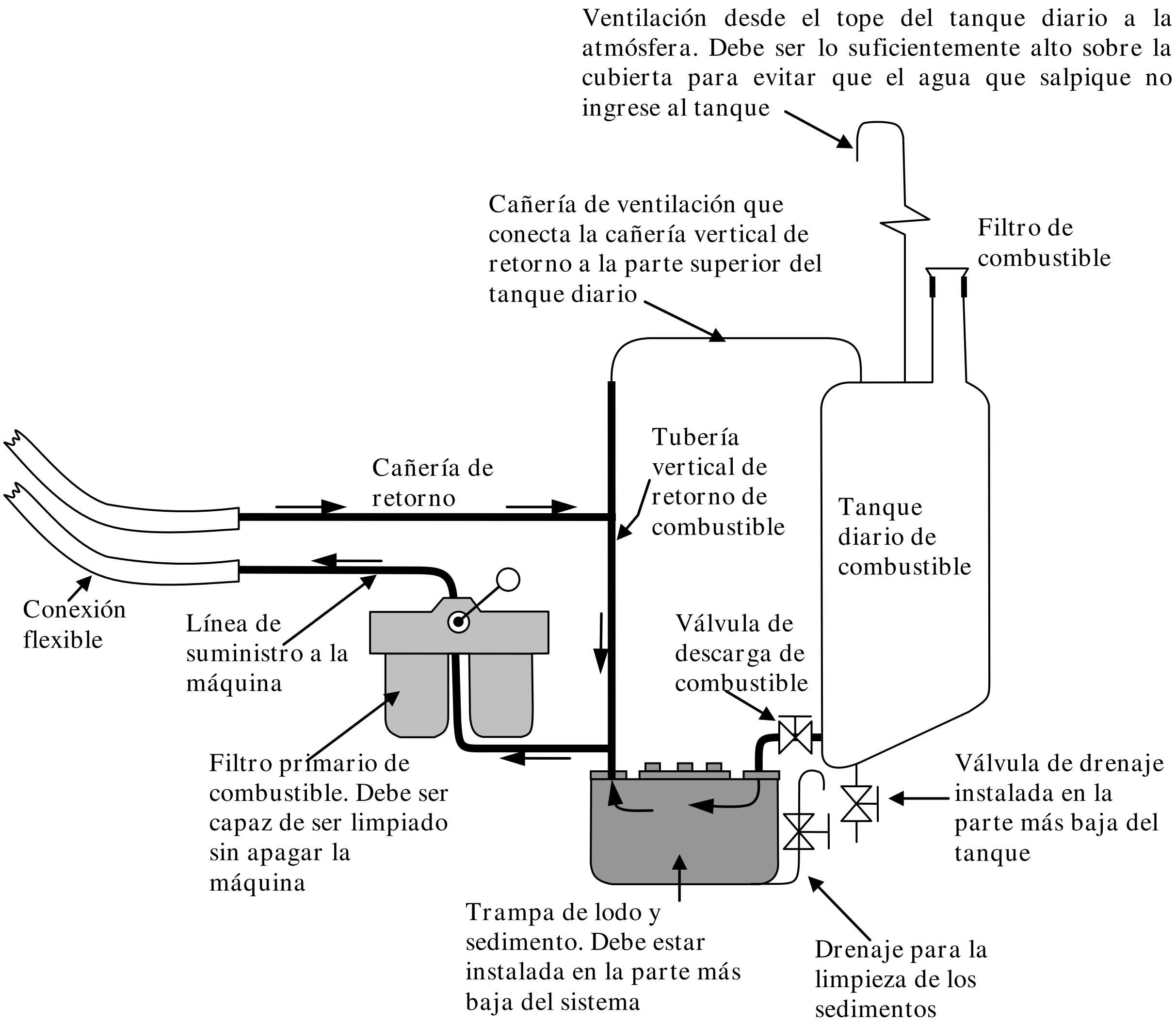
7. INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION DEL COMBUSTIBLE PARA EMBARCACIONES MENORES

Generalmente los motores diesel equipados con sistemas de inyección de combustible, entregan una cantidad mayor a la que demanda la maquinaria para su combustión. El remanente retorna al tanque de suministro diario.

Cuando se usa un solo tanque, todo el exceso de combustible retorna a dicho tanque. Esta situación no es recomendable, puesto que este combustible va arrastrando el calor de la máquina, tornándose en un combustible caliente dentro del tanque.

Si el tanque es lo suficientemente grande, el calor acumulado no es mucho problema. Sin embargo, cuando el tanque es pequeño, habrá que enfriar el combustible antes de que vuelva a la máquina, y también habrá que desairearlo antes de que entre a la bomba de inyección.

El método más simple para eliminar el calor y el aire en el combustible de retorno es instalar una cañería vertical entre el tanque y la máquina, como se indica en la figura a continuación.

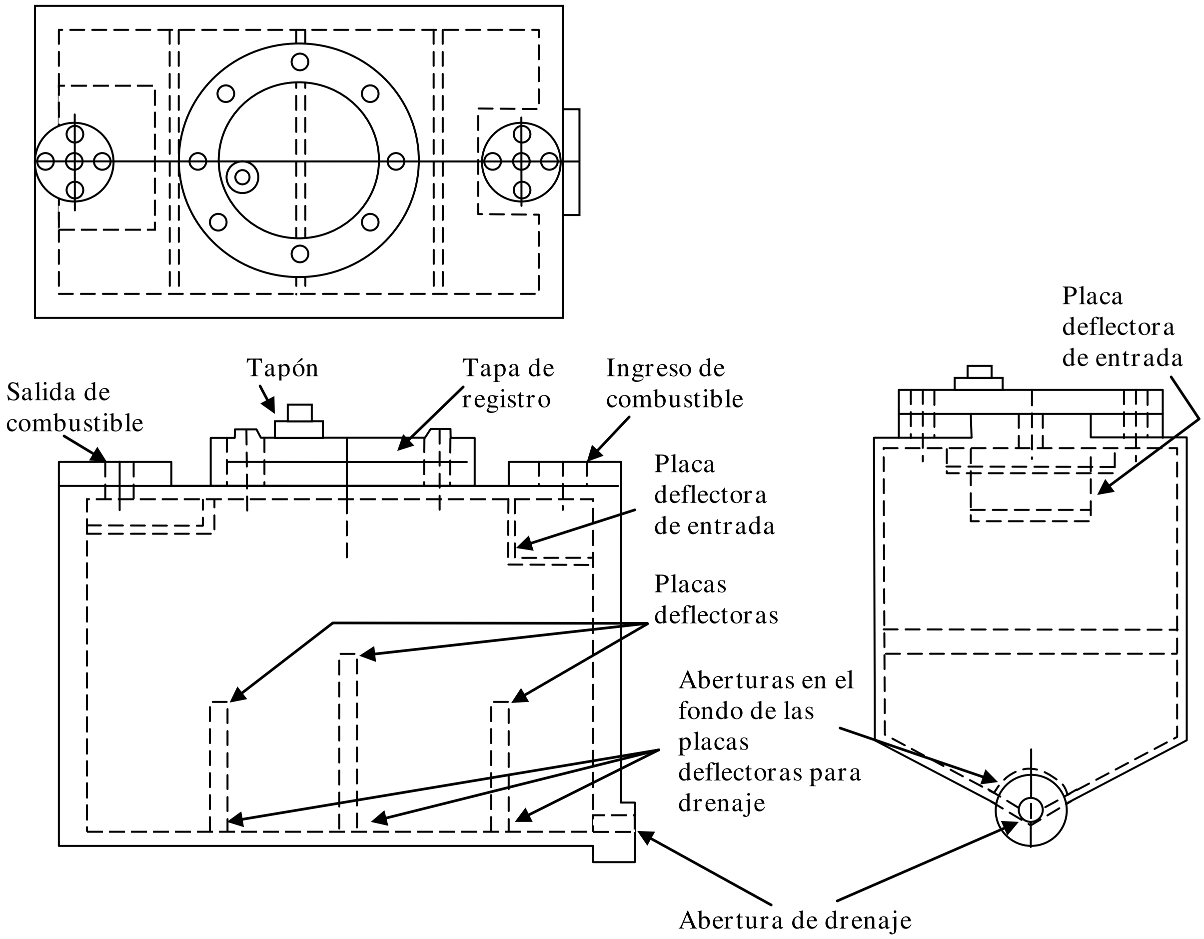


(TOMADO DE LA GUIA DE INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)

La presión medida en la cañería de retorno debe mantenerse a no más de 5 p.s.i. (0,35 Kg./cm^2).

El combustible debe estar completamente limpio. Cualquier instalación debe estar equipada con un adecuado sistema de filtrado para proteger la bomba de inyección, los inyectores y las válvulas. Los filtros que se usan antes de la bomba de inyección, no son diseñados para almacenar una gran cantidad de agua y/o sedimentos, estos deben ser removidos en un sistema de filtrado primario que consiste de una trampa de sedimentos y un filtro duplex de una adecuada capacidad, el cual puede limpiarse con la máquina en marcha.

La trampa de agua y sedimento debe ser lo suficientemente grande, para reducir el flujo de combustible, a una velocidad tal que, las partículas de agua y sedimento puedan asentarse. Esto reducirá el trabajo que deben hacer los filtros y resultara en tiempos más largos para la limpieza de los mismos.



(TOMADO DE LA GUIA DE INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)

$$\text{Tamaño mínimo del tanque} = \frac{\text{GPH (consumo)}}{25} + \frac{\text{Capac. TK(gal)}}{5000}$$

El material a utilizarse en la instalación es tubería de hierro negro, donde esto no es practico debe usarse tubería de cobre a diámetros de ½'' (13mm) o menos.

Los tanques de combustible deben hacerse de acero rolado de bajo contenido de carbono. Las válvulas y los accesorios deben ser de hierro fundido o bronce, no de latón.

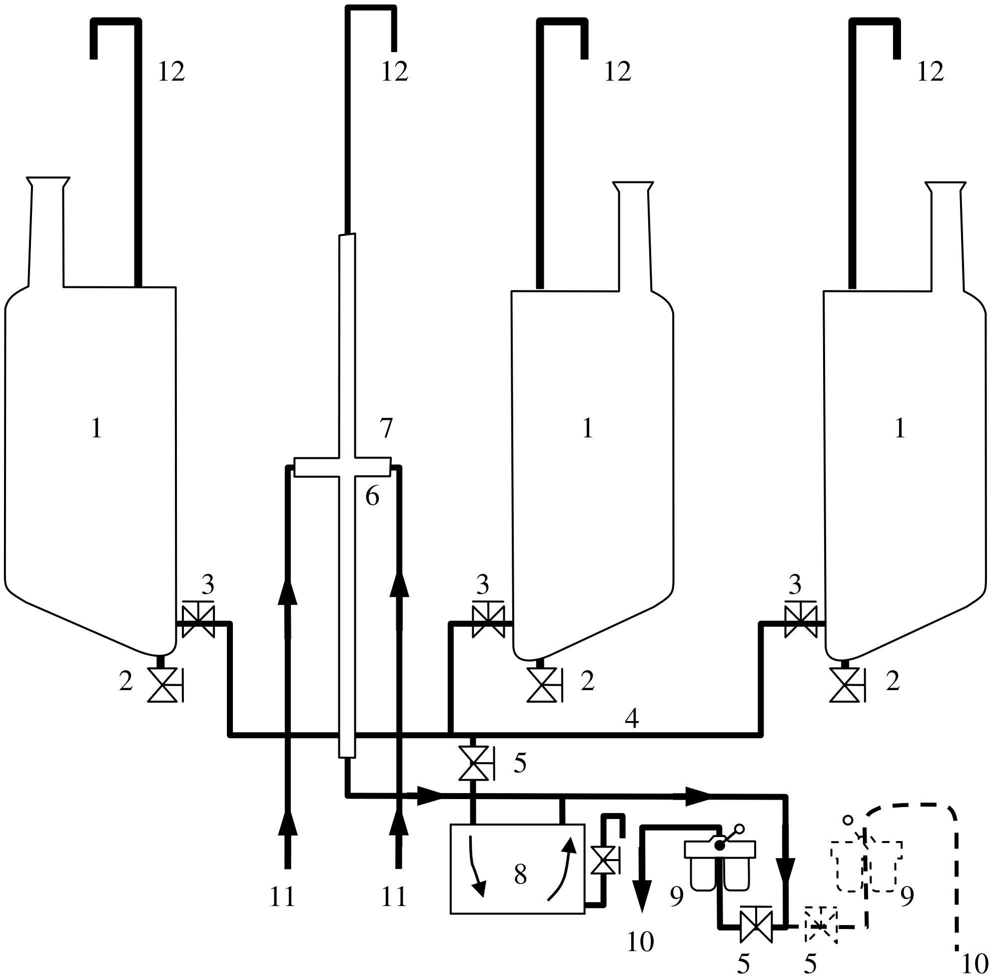
En una instalación de diesel no debe usarse el zinc ni en forma de placas ni como un componente mayor de una aleación. El zinc es inestable en presencia de azufre, principalmente si hay humedad en el combustible, los sedimentos (lodo) que se forman por la acción química son extremadamente dañinos al sistema de inyección de la máquina y pueden ocasionar depósitos en los pistones, rines, válvulas, etc. No se debe usar tubos galvanizados.

Todas las líneas, válvulas y tanques deben limpiarse bien antes de conectarse definitivamente a la máquina. Todo el sistema de combustible debe sopletearse antes de las pruebas.

Sistemas de filtros duplex para combustible

La mayoría de las Sociedades Clasificadoras en el mundo, requieren que la máquina esté equipada con un sistema de cambios de filtros con la máquina en marcha.

En algunos casos los filtros principales y los auxiliares están alojados en un solo cuerpo. El sistema permite los medios necesarios para cambiar los elementos de los filtros sean principales o auxiliares con la máquina en marcha, en cualquier condición de carga o velocidad.



1. Tanque de combustible
2. Drenaje del tanque de combustible
3. Válvula de salida del tanque
4. Manifold de suministro de combustible, debe estar más bajo que la salida de los tanques.
5. Válvula de cierre
6. Cañería vertical

7. Manifold de retorno de combustible
8. Trampas de sedimentos y agua
9. Filtro primario de combustible
10. Líneas de abastecimiento de combustible
11. Líneas de retorno de combustible desde la máquina.
12. Ventilación hacia la atmósfera.

(TOMADO DE LA GUIA DE INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)

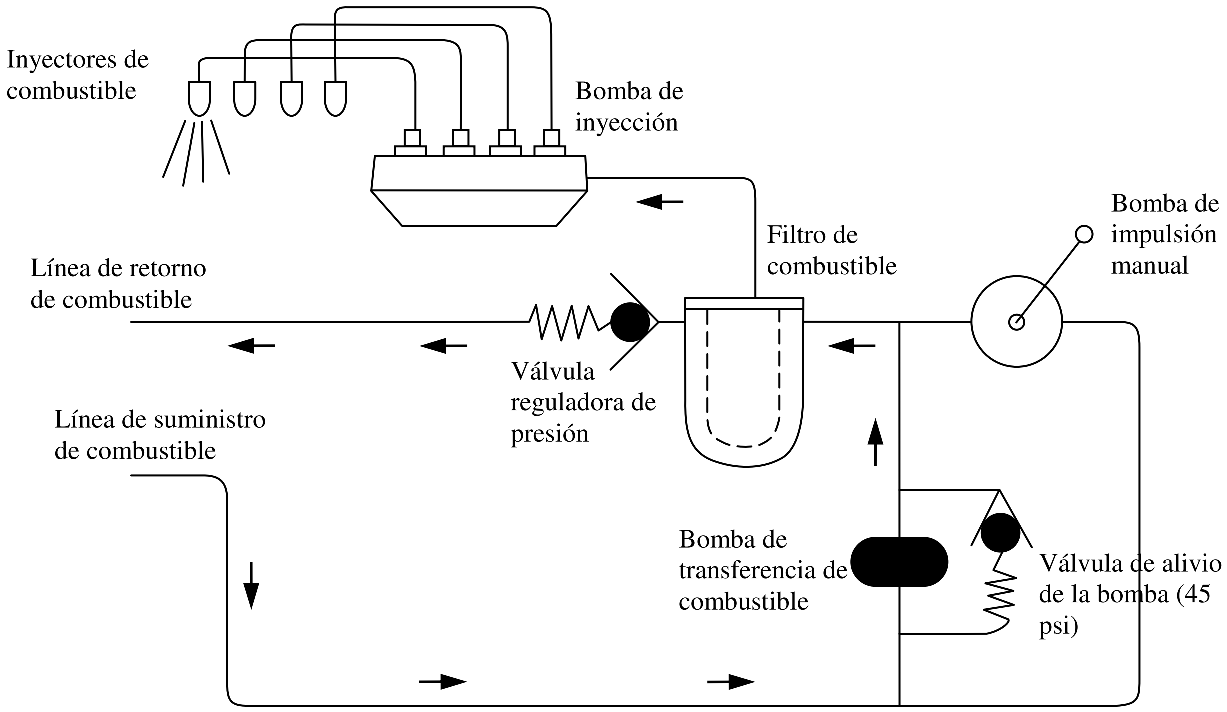


DIAGRAMA BASICO DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE AL MOTOR

8. LUBRICACIÓN

El mantenimiento de una lubricación adecuada de todas las partes en movimiento es una operación muy importante durante la operación de un motor de combustión.

La lubricación reduce la potencia requerida para superar las pérdidas por fricción y reduce el desgaste entre las superficies que están en contacto durante el movimiento.

Esto hace que haya más poder en la brida del cigüeñal y prolonga la vida de la máquina.

Si la lubricación fallara y no actuara correctamente se romperá la película de lubricante, la máquina se atascaría ocurriendo serios daños.

Una función secundaria del lubricante es su actuación como refrigerante, remueve el calor de los cojinetes, cilindros y pistones.

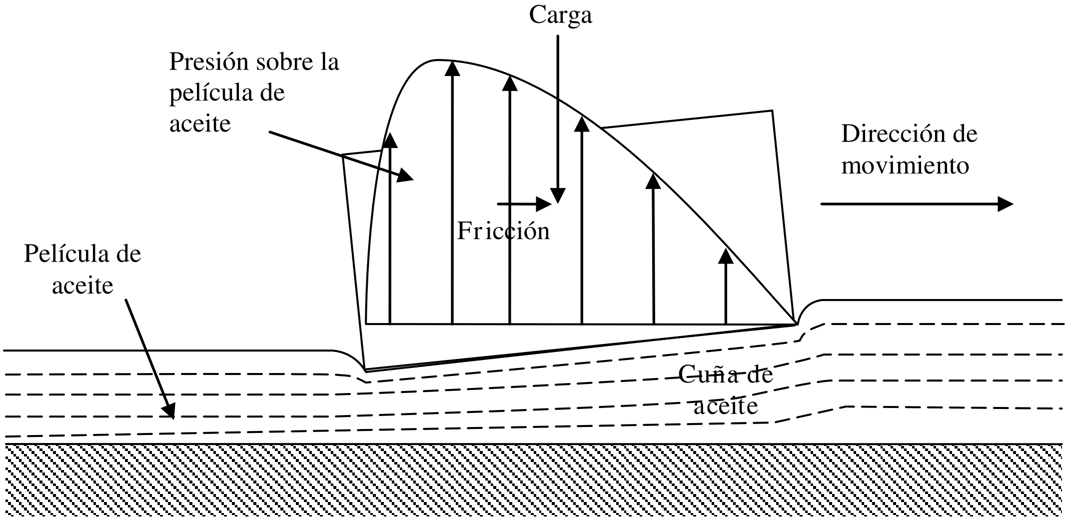
El aceite lubricante también actúa como sello entre el pistón y la paredes del cilindro, evitando que la compresión escape desde la cámara de compresión al carter.

Por tanto, la efectividad de la lubricación es muy importante para la vida de la máquina y su rendimiento.

8.1 Proceso mecánico de la lubricación

Las máquinas de combustión interna tienen un sinnúmero de partes en movimiento. Sin una película adecuada de aceite entre las superficies metálicas en oscilación, rotación y movimientos recíprocos, las perdidas mecánicas por fricción y el desgaste serían demasiados altos.

El proceso de lubricación se ilustra en la siguiente figura.



(TOMADO DE INTERNAL COMBUSTION ENGINES USA NAVAL ACADEMY)

Si una superficie que está inclinada con respecto a otra y se mueve, la viscosidad del aceite tiende a arrastrar el lubricante al espacio entre las superficies y se forma una cuña, esto desarrolla una película presurizada que puede soportar la carga.

Si las dos superficies fueran paralelas o si ellas no tuvieran un movimiento relativo, no se desarrollará la película presurizada en el espacio entre los dos cuerpos y la carga no podría ser soportada por el lubricante.

El parámetro que se usa para medir la efectividad de la película de lubricante se llama coeficiente de fricción. Este coeficiente puede definirse como la razón adimensional de la resistencia, debido a la fricción en la dirección de movimiento a la carga soportada (normal a la línea de movimiento).

El coeficiente varía dependiendo del tipo de lubricante y del tipo de película (fina o gruesa).

Si las superficies (en la figura) están completamente separadas por la película de aceite no hay metal en contacto y el desgaste de las superficies seria mínimo. A esto se le llama lubricación de película gruesa.

El fenómeno relacionado con este tipo de película es un proceso de flujo viscoso, donde la resistencia friccional es debido principalmente al esfuerzo cortante del lubricante.

El coeficiente de fricción para una película de lubricación gruesa es de 0,002 a 0,012 y la capacidad soportante de carga del cojinete puede llegar a ser tan alta como 18.000 p.s.i.
Un incremento en la carga o una disminución en la velocidad relativa de la superficie, o en la viscosidad del lubricante, disminuye el espesor de la película.

Cuando la película llega a ser muy delgada, de tal manera que las irregularidades superficiales entran en contacto, habrá contacto metálico, desgaste y posible apretamiento.

A este tipo de lubricación se lo llama de película fina (imperfecta o película parcial).

Con una lubricación de película fina, el coeficiente de fricción es más grande que el de película gruesa y está entre 0,012 a 0,10, mientras que la capacidad soportante de carga puede reducirse hasta 300 p.s.i.

La resistencia friccional depende de:

1. Las propiedades del lubricante
2. La rugosidad de la superficie
3. Los materiales de las superficies de los coginetes y,
4. La cantidad de aceite suministrado.

En la región de película fina las características de oleaginosas del lubricante es el factor principal en la determinación del coeficiente de fricción.

Entre los aceites que tienen la misma viscosidad en las mismas condiciones de prueba, mientras mayor es la oleosidad menor es el coeficiente de fricción. Esta característica es más pronunciada en los aceites orgánicos (ej.: aceites animales o vegetales).

Las superficies secas o no lubricadas tienen un muy alto coeficiente de fricción 0,10 y más. La capacidad soportante de estos coginetes es muy baja, solamente de unas pocas libras por pulgada cuadrada.

En máquinas de combustión interna reciprocas, la película de aceite debe establecerse y mantenerse bajo extremas condiciones de operación relacionadas con la temperatura, velocidad, carga y presión, en una variedad de tipos de coginetes y de movimiento.

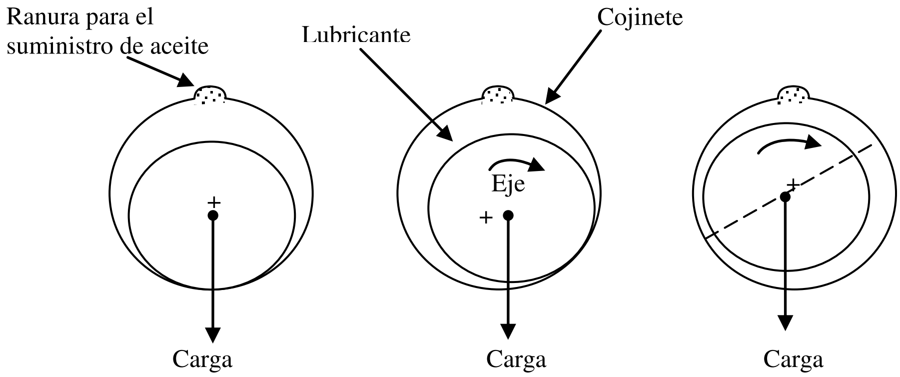
TIPO DE MOVIMIENTO	SUPERFICIE
a. Resbalamiento	
1. Rotatorio	Chumaceras – muñones Ejes de cigüeñal, árbol de levas mecanismos de válvulas, etc.

2. Oscilatorio	Chapas – crucetas, balancines, etc.
3. Reciproco	Coginetes de resbalamiento – pistones, rines de pistón, vástagos de válvula, crucetas , etc.
b. Engranajes	Gusanos, engranaje cónico, helicoidales
c. Rodamientos	Bolas, rodillos y agujas.

Hay una amplia variedad en los requerimientos de lubricación para los diferentes tipos de coginetes. Por tanto, el lubricante seleccionado para una máquina particular debe proporcionar el mayor número de propiedades lubricadoras que se requieren.

8.2 Chumaceras

El tipo más común de cojinete es la chumacera. Una chumacera con una claridad exagerada se muestra en la siguiente figura.



a) En reposo b) Arrancando c) En operación

(TOMADO DE INTERNAL COMBUSTION ENGINES U.S. NAVAL ACADEMY)

En a) no hay movimiento, el eje está en reposo sobre el cojinete. No hay presión en la película de aceite y el aceite no puede soportar la carga, el resultado es un contacto metálico entre las superficies.

En b) cuando el eje comienza a rotar, en sentido de las agujas del reloj, el eje trepa a la posición indicada en la figura. Puesto que el aceite lubricante se encuentra adherido a las paredes, el eje está operando en la región de película delgada o parcialmente lubricada.

En c) conforme aumenta la velocidad, se desarrolla un efecto de bomba (presión) y el centro del eje se mueve a la izquierda. Por efecto del bombeo el aceite es empujado desde la región (2) a la región (1) y se forma el efecto de cuña debajo del eje.

En condiciones normales de operación, las chumaceras funcionan con una lubricación de película gruesa, en tal forma que la fricción y el desgaste se reducen a un mínimo. Sin embargo, cuando la máquina arranca funciona bajo las condiciones de película delgada.

Así tenemos que casi todo el desgaste de la chumacera ocurre durante el proceso de arranque. Para mantener bajo el desgaste una máquina debe arrancar sin carga y a baja velocidad. Un arranque rápido con una máquina fría aumentará el desgaste de los coginetes de un motor.

El desgaste en el arranque se incrementa también por la presencia de partículas abrasivas presentes en el aceite. El desgaste se disminuye eliminando estas partículas abrasivas y minimizando la duración de la película delgada en el arranque.

El aceite usualmente es suministrado a los coginetes a presión. Esta presión no ayuda a soportar la carga pero suministra un flujo positivo que retira el calor que se genera en el coginete por la fricción. Si el flujo de aceite que retira el calor del coginete se restringe, la temperatura puede elevarse rápidamente pudiendo fundirse el metal.

Un coginete para eje oscilatorio no tiene la tendencia de formar la cuña ni el efecto de bomba viscosa, como es el caso del eje rotatorio. Si la carga sobre el coginete cambia al otro lado (reversa) como en el caso de los pines (crucetas) de pistón, puede producirse una carga muy alta. El lubricante viscoso entre las superficies más próximas desarrolla una película presurizada que expulsa el aceite hacia afuera. Este aceite luego fluye al lado sin carga y está listo para soportar la carga cuando cambia de posición al otro lado.

8.3 Cogines para movimientos recíprocos

Los pistones, rines de pistón y vástagos de las válvulas operan con movimiento reciproco. Estas partes están sujetas a altas temperaturas y a presiones variables, causadas por la combustión del diesel. La película del aceite que se suministra a las paredes del cilindro debe proporcionar una adecuada lubricación bajo condiciones extremas.

Además el lubricante en las paredes del cilindro debe actuar como sellantes para minimizar la cantidad de gases de la combustión que pasan desde la cámara del pistón al carter.

Algunas pruebas indican que los rines de pistones y los cilindros operan en la región de la película delgada una gran parte del tiempo.

Proporcionar una película gruesa resultaría en un consumo excesivo de aceite o fricción excesiva debido a la alta viscosidad del aceite requerido.

En la región de película delgada el acabado (pulido) de la superficie y la oleosidad del aceite juegan un rol importante en reducir el desgaste entre las superficies en contacto.

8.4 Engranajes

La mayoría de los engranajes utilizados en motores de combustión interna operan en la región de película delgada.

La lubricación de los engranajes puede hacerse por un chorro de aceite dirigido a los dientes del engranaje, ó introduciendo el engranaje en un baño de aceite. La cantidad de aceite debe regularse.

Si se suministra mucho aceite, el aceite puede quedar entrampado entre los dientes, cuando ellos se aproximan, desarrollándose una película de aceite presurizado que tiende a empujar y separar los engranajes. Esto conduce a vibraciones, elevadas cargas de contacto y pérdida de poder.

8.5 Coginetes de bola, rodillo y aguja

Los coginetes de aguja tienen rodillos de diámetro pequeño comparado con el diámetro del eje. En este tipo de coginete se presenta algún resbalamiento entra las superficies del rodillo y del eje. En operación, este tipo generalmente se inunda con aceite para reducir la fricción, el resbalamiento y el desgaste.

Los coginetes de bolas y rodillos tienen escaso contacto rozante y con una pequeña neblina o chorro de aceite es suficiente para una lubricación adecuada.

Un exceso de aceite ocasiona una violenta agitación o batido que genera calor, una elevación de la temperatura y una perdida de poder.

El coginete de fricción de coginetes bolas y rodillos está en el orden de los 0,001 a 0,007.

9. LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

9.1 Condiciones a las que está sometido un aceite de motor

Es de gran utilidad, determinar las condiciones a la que se encontrará sometido un lubricante, dependiendo del ambiente, donde realizará el trabajo que ayudará al buen desempeño del motor. En el caso de motores de combustión interna, las principales condiciones a las que será sometido un aceite son las siguientes:

1. Elevadas temperaturas.
2. Grandes velocidades de fricción (0 – 500 m/min.).
3. Tolerancias mínimas.
4. Gases nocivos
5. Poca capacidad de carter.

Además de estas, existen condiciones especiales, determinadas por la aplicación del lubricante y la calidad del combustible disponible. Por ejemplo, los motores diesel funcionan normalmente a velocidades más bajas, pero a temperaturas más altas que los motores a gasolina, y estas condiciones fomentan la oxidación del lubricante, la formación de depósitos y la corrosión del metal de los cojinetes.

9.2 Características adecuadas para cumplir estas funciones

Para que el lubricante pueda realizar las funciones anteriormente descritas, hay que considerar en primera instancia la materia prima o aceite básico utilizado, y el paquete de aditivos que reforzarán o agregarán cualidades para que el lubricante pueda realizar dichas funciones; cualidades como:

1. Viscosidad adecuada.
2. Propiedades antidesgaste.
3. Propiedades inhibidoras de corrosión.
4. Propiedades detergentes.
5. Propiedades dispersantes.

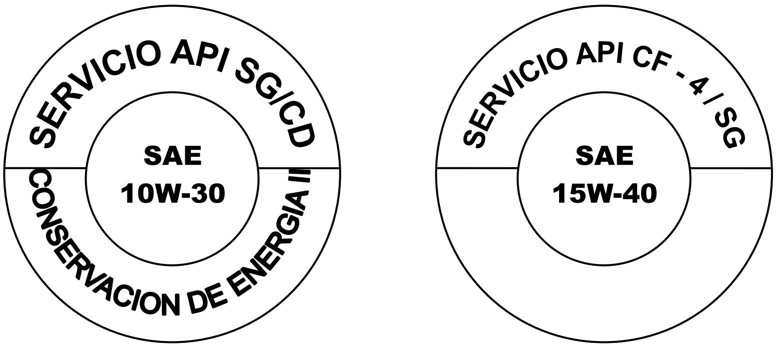
9.3 Clasificación de los aceites para motor

La clasificación de los aceites de motor, se basa en consideraciones precisas, casi todas ellas de origen estadounidense. Estas especificaciones han sido establecidas por las fuerzas armadas norteamericanas, después adoptadas por las fuerzas militares de otras naciones y finalmente por usuarios civiles. No obstante, entre los grandes fabricantes y usuarios, existe la tendencia de establecer especificaciones que sean más aptas a sus propias necesidades. Estas clasificaciones y especificaciones se pueden realizar generalmente, por la viscosidad y por el tipo de servicio del lubricante.

Su viscosidad (SAE).- Fue establecida por el organismo norteamericano SAE (Society of Automotive Engineers). Excluyendo cualquier otra consideración de calidad o de otras propiedades; por ejemplo: 0W – 5W – 10W – 15W – 20W – 25W – 30 – 40 – 50 – 60 y aceites multigrados (lubricantes de superior índice de viscosidad, por ejemplo 20W50, se comporta como SAE 20W a baja temperatura y SAE 50 en alta temperatura).

Por tipo de Servicio (API).- Es el complemento indispensable a la expresada por la viscosidad en grados SAE. Los sistemas más utilizados son de origen norteamericano establecidos por el API (American Petroleum Institute). Fueron implantados y aceptados en 1947. Aunque cualquier proveedor de aceite puede utilizar las categorías de servicio API, para indicar el nivel de rendimiento de cualquiera de sus aceites comerciales, sólo las compañías certificadas con licencia pueden imprimir el símbolo API (la dona) en sus etiquetas.

SIMBOLO A.P.I. “DONA” (5)



9.4 Aceites para Motores a Gasolina

La clasificación de los aceites para motores a gasolina, por el tipo de servicio que realiza es la siguiente:

CLASIFICACION A.P.I. DE ACEITES PARA MOTORES A GASOLINA

SA	Aceite mineral puro (sin aditivos).
SB	Aditivos antioxidantes, antiespumante pero sin detergentes.
SC	Protección contra depósitos causados por altas y bajas temperaturas, desgaste, herrumbre y corrosión.

SD	Mejor protección que los aceites SC.
SE	Mejor protección que los aceites SD.
SF	Mejor antidesgaste y antioxidación.
SG	Proporciona mejor control de los depósitos en el motor, de la oxidación del aceite y del desgaste del motor que los aceites SF
SH	Proporciona mejor control de los depósitos en el motor, de la oxidación del aceite y del desgaste, la herrumbre y corrosión que otros aceites, mejoría significativa en limpieza y durabilidad de los motores.
SJ	Mejor protección que los aceites SH, mayor economía de los combustibles.

9.5 Aceites para motores a Diesel

La clasificación de los aceites para motores a diesel, por el tipo de servicio que realiza es la siguiente:

CLASIFICACION A.P.I. DE ACEITES PARA MOTORES A DIESEL

CA	De servicio ligero; cumple las especificaciones militares anticuadas MIL – L – 2104A
CB	De servicio moderado; cumple las especificaciones militares MIL – L – 2104A
CC	Para servicio moderado a severo; satisface las especificaciones militares MIL – L – 2104A
CD	Para servicio severo; protege contra la formación de depósitos a alta y baja temperatura, desgaste, herrumbre y corrosión; cumple las especificaciones militares MIL – L – 2104A
CD II	Para servicio severo de motores diesel de dos tiempos; controla el desgaste y la formación de depósitos.
CE	Para motores diesel turboalimentados fabricados desde 1983; puede reemplazar a los aceites API CD
CF	Actualización sobre los aceites API CD para usar con aquellos combustibles que contengan un alto nivel de derivados de azufre; esta categoría reemplaza a la API CD
CF II	Actualización sobre los aceites API CD – II para motores diesel de dos tiempos; reemplaza la categoría API CD – II
CF – 4	Para motores diesel de cuatro tiempos y de alta velocidad, excede los requisitos de la categoría API CE
CG – 4	Para contrarrestar el desgaste y la formación de depósitos en motores diesel causados por las especificaciones de combustible y diseños de motor que tienen que satisfacer las normas de emisiones de la EPA de 1994 para combustibles con bajo contenido de azufre (0,05%) (5)
CH – 4	Mejor control de oxidación, capacidad de trabajar con más carga de hollín, reduce el desgaste del tren de válvulas, mínima formación de espuma a alta temperatura.

9.6 Componentes de desgaste de los motores

Es de gran importancia, conocer los componentes metálicos de los que están constituidas las diferentes partes de un motor, para luego determinar a través de un análisis de aceite usado los posibles elementos que podrían tener un desgaste acelerado y tomar las debidas acciones correctivas; entre los principales elementos tenemos:

Hierro (fe).- Camisas de cilindro, engranajes, manivelas o árbol de levas, pasadores de biela, bomba de aceite, tren de válvulas, compresor de aire, seguidor de levas.

Cobre (cu).- Bujes ó cojinetes, turboalimentador, regulador, bomba de aceite, pasador de biela, balancín, eje de rodillo de leva, compresor de aire, bomba de inyección de combustible, engranajes de sincronización o engranaje intermedio, bomba de agua, mando de bomba de aceite, engranaje impulsor del medidor de servicio, cojinete de empuje, aditivos del aceite.

Cromo (cr).- Cojinetes de rodillos/bolas, compresor de aire, anillos de pistón, válvulas de escape, cigüeñal.

Aluminio (al).- Cojinetes de bancada, cojinete de biela, cojinete de árbol de levas, cojinete de balancín, cojinete de empuje de cigüeñal, soporte de balancín, cojinete de bomba de aceite, cojinete de engranaje de sincronización, pistones de compresores de aire, levantador de válvula de inyector de bomba de combustible, entrada de polvo (suelo arcilloso).

Plomo (pb).- Revestimiento de cojinetes de bancada y de biela, revestimiento de cojinetes de árbol de levas, cojinete del turboalimentador.

Molibdeno (mo).- Aros superiores (algunos motores), grasa con contenido de molibdeno.

Sílice (si).- Entrada de tierra, grasa con contenido de sílice, aditivo antiespumante.

Sodio (na).- Escape del enfriador, entrada de agua, condensación, aditivo del aceite.

10. ARREGLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE

La función principal del sistema de escape es expulsar a la atmósfera los gases de escape del motor. Generalmente se emplea dos sistemas: el escape seco y el escape húmedo. Los dos cumplen el mismo propósito, la diferencia es que, en el escape húmedo se utiliza agua para enfriar el escape, a fin de que el ducto de escape se enfríe y pueda atravesar áreas donde una tubería caliente no puede admitirse.

La tubería del escape debe conectarse al motor utilizando una conección flexible, la cual debe estar colocada lo más cerca del motor como sea posible. La conección flexible tiene un doble propósito: El uno es aliviar o reducir los esfuerzos de fatiga de los componentes del escape, que se producen debido a las vibraciones del motor. El segundo propósito es absorber la dilatación de los componentes del escape, para minimizar las cargas que se producen por los cambios de temperatura.

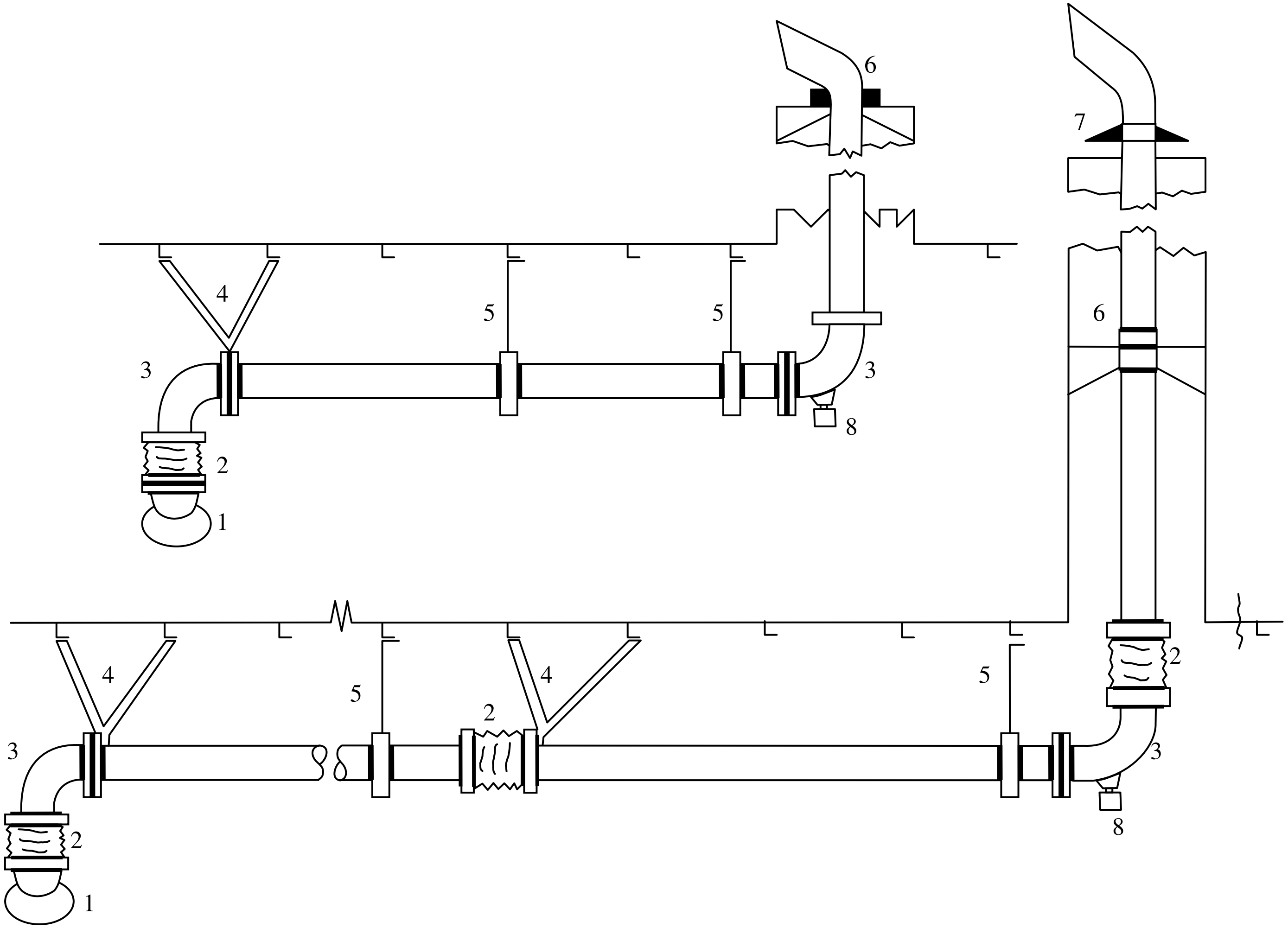
Para los dos casos la “suavidad” o flexibilidad de la conección es muy importante.

Los tramos largos de tubería pueden estar sujetos a muy severos esfuerzos, debido a la expansión y contracción que se producen al cambiar de caliente a frío.

Al cambiar de frío a caliente (aproximadamente 400° C) un tramo de tubería de acero de 3,0 m se expandirá 1,50 cm. Esta expansión puede afectar al motor, a los componentes del escape y/o a la estructura de la embarcación.

Los tramos largos deben ser seccionados, teniendo juntas de expansión entre secciones. Cada sección debe estar fijada en un extremo y debe permitírsele expandir al otro.

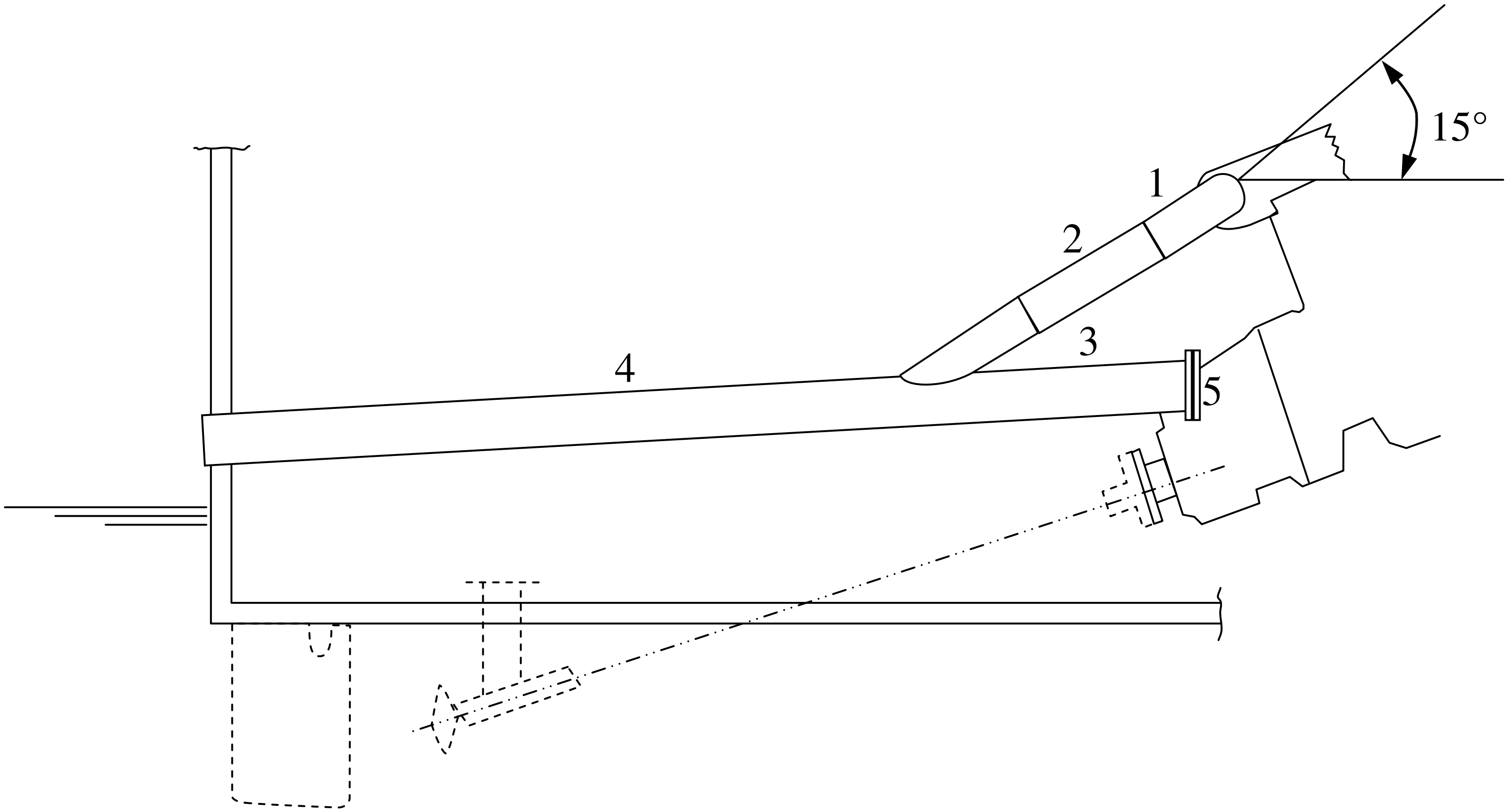
En las figuras a continuación se muestran los diferentes tipos de instalación de escapes en embarcaciones de menor tamaño.



1. Salida del escape de la máquina.
2. Tubo flexible de Conección.
3. Codo.
4. Soporte fijo de tubería.
5. Soporte de tubería lateral (permite la expansión longitudinal).
6. Punto de anclaje para tubería vertical.
   NOTA: Debe permitirse la expansión a cada lado del punto de anclaje. Si se usa silenciador debería instalarse como una sección de tubería.
7. Camisa de expansión.
8. Trampa de condensado (removible para limpieza).

SISTEMA DE ESCAPE SECO USANDO TRAMOS CORTOS DE TUBERIA

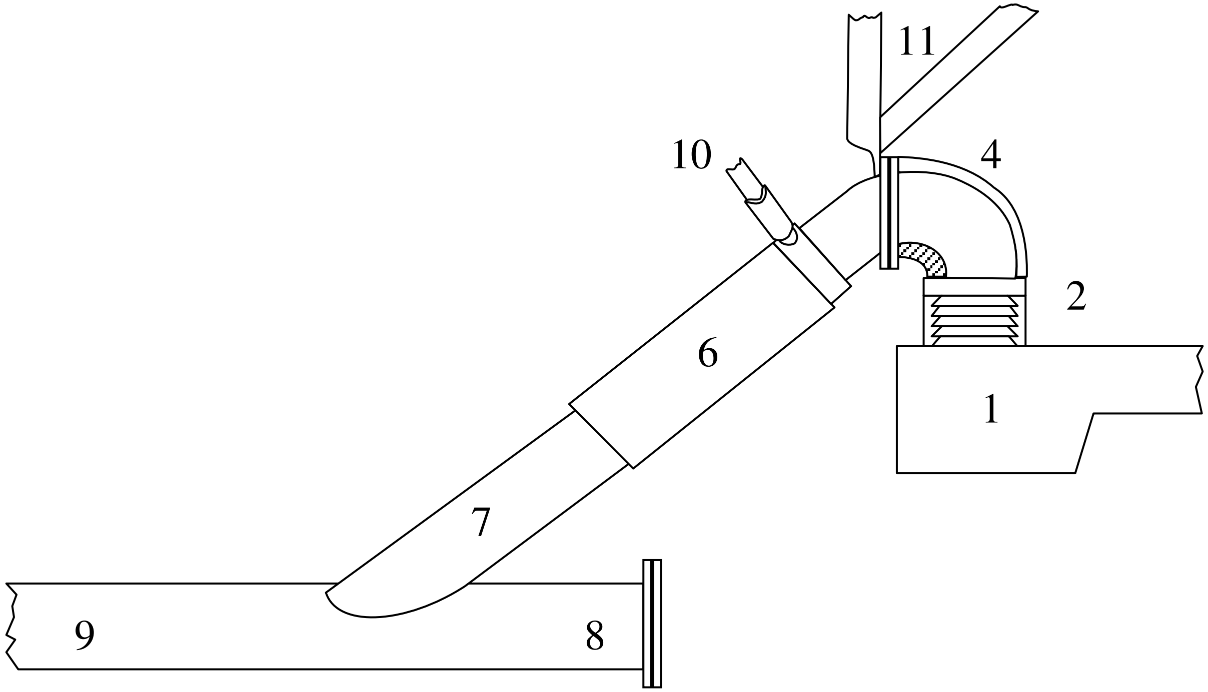
(TOMADO DE LA GUIA PARA LA INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)



SISTEMA DE ESCAPE HUMEDO 1

1. Codo de escape de la máquina enfriado con agua. El agua salada enfría el codo luego lo descarga a través de la ranura periférica a la parte baja del tubo en el tubo de escape.
2. Conexión flexible de manguera de caucho. El caucho debe ser resistente al aceite, al vapor y al calor.
3. Cañería posterior del reflujo de agua. Previene que el reflujo del agua penetre al escape de la máquina cuando el buque está en reposo y las olas le golpean por popa.
4. Cañería de escape. Debería tener una ligera pendiente hacia abajo hacia el extremo de la descarga.
5. Plancha de cobertura del extremo. Debe ser removible para inspección y limpieza.

(TOMADO DE LA GUIA PARA LA INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)



SISTEMA DE ESCAPE HUMEDO 2

1. Guardacalor del turbocargador.
2. Conexión flexible
3. Codo con radio de curvatura mayor que el diámetro.
4. Aislamiento.
5. Codo (15° mínimo) con anillo de descarga de agua.
6. Manguera de escape resistente al aceite, vapor y al calor.
7. Tubería de Conección del escape.
8. Segmento para permitir el reflujo de agua.
9. Tubería de descarga.
10. Conección de descarga de agua de enfriamiento.
11. Soporte desde la estructura.

(TOMADO DE LA GUIA PARA LA INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)

10.1 Escape con eyector y ventilación automática

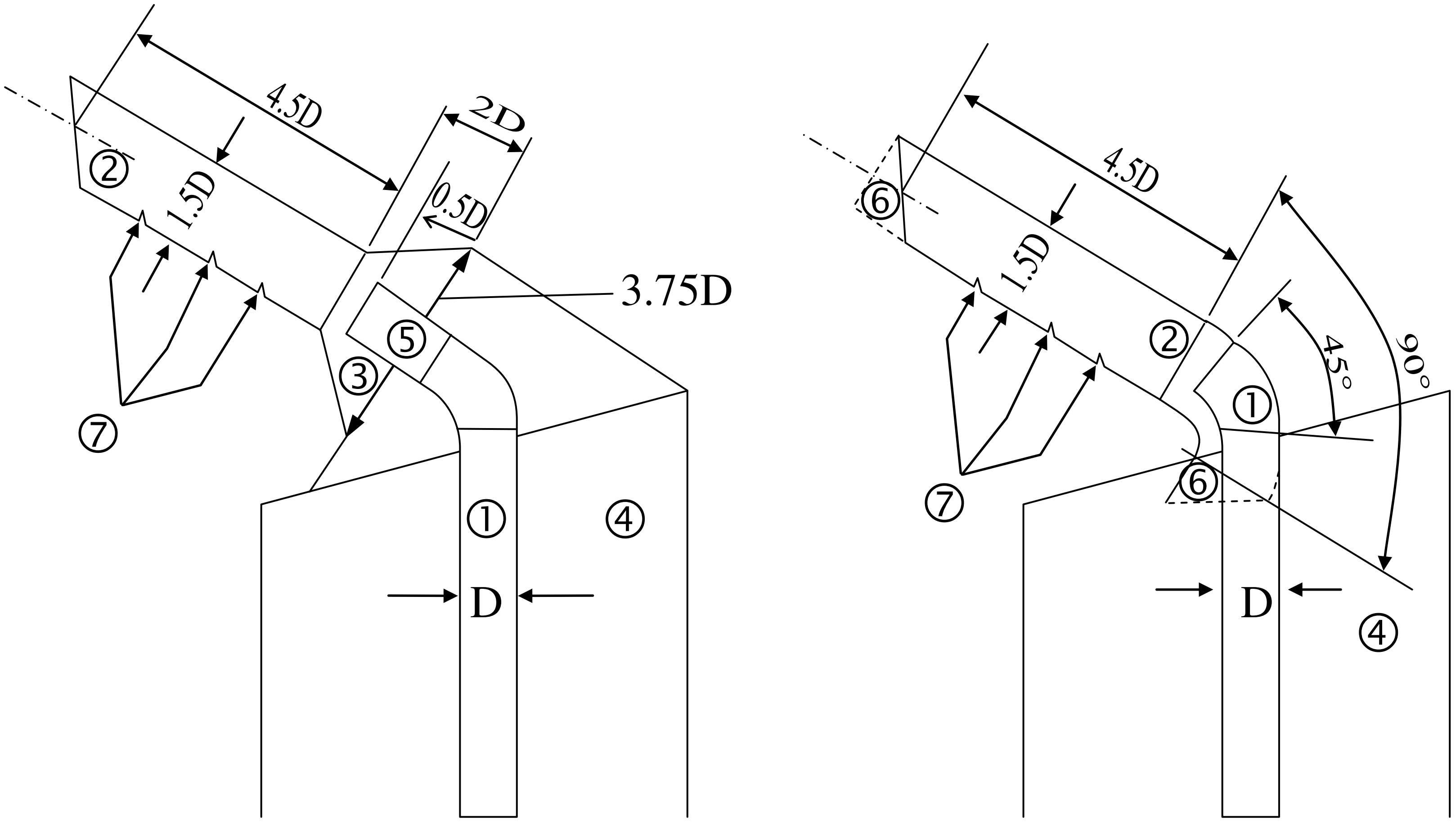
Un sistema relativamente simple, que utiliza el escape de la máquina, para ventilar la sala de máquinas puede hacerse con la mayoría de los escapes secos.

Utilizando el flujo de descarga de los gases de escape del motor, se puede absorber una cantidad de aire “de ventilación” aproximadamente igual al flujo de los gases de escape.

El aire seccional requerido para el ducto de entrada de aire a la sala de máquinas debería ser de aproximadamente 6,5 cm^2 (1 $pulg.^2$) por cada hp del motor. El ducto de entrada de aire debe descargar el aire fresco al interior de la sala de máquinas cerca del nivel del piso. Luego de que el aire ha sido calentado por el contacto con las superficies calientes de la sala de máquinas, el aire de ventilación debería ser absorbido desde un punto ubicado sobre el motor, cerca de la cubierta.

El eyector debe colocarse en el tubo de escape justamente antes de su descarga a la atmósfera, para así evitar contrapresión sobre la mezcla de los gases del escape con el aire de ventilación que está siendo succionado desde la sala de máquinas.

Los siguientes dibujos ilustran los métodos que se usan para implementar este sistema.



ESCAPE TIPO EYECTOR

1. Tubería de escape
2. Tramo de escape de salida
3. Campana del eyector
4. Chimenea
5. Eyector del escape
6. Pieza terminal cortada a un ángulo de 45°
7. Drenaje de agua lluvia.

(TOMADO DE LA GUIA DE INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)

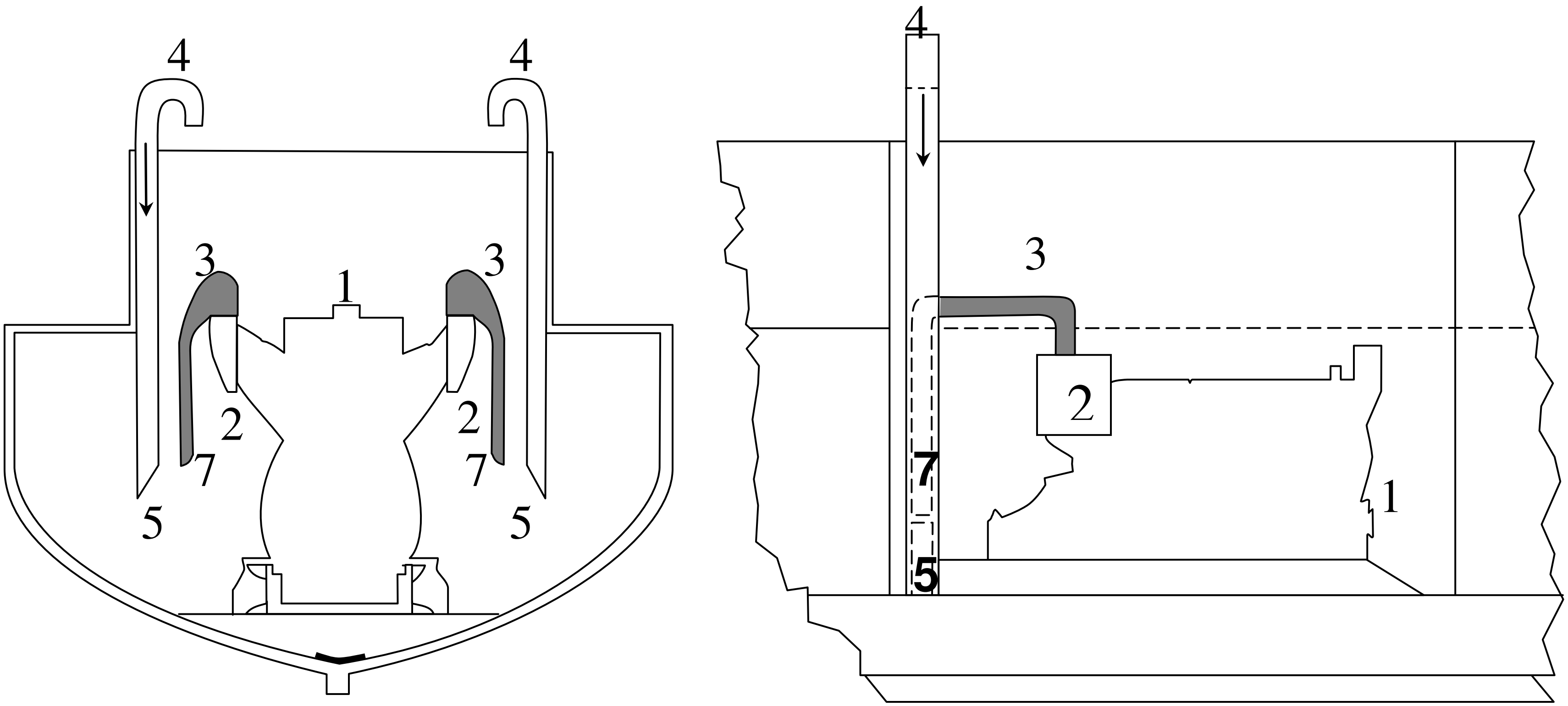
11. ENTRADA DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN DEL MOTOR

Una máquina diesel requiere de una gran cantidad de aire para su funcionamiento. Los requerimientos normales para la combustión es de aproximadamente 2,5 pies cúbicos por minuto por BHP, esto sin considerar los requerimientos adicionales para el aire de barrido.

El aire para la combustión no debería exceder los 43° C, en la toma de aire de la máquina, punto 7.

La toma de aire de la máquina (7) no debe estar colocada al frente, ni muy pegada a la descarga del ingreso de aire (5), para evitar que partículas de agua salada que pueden ingresar por el ducto de entrada de aire (4) ingresen al motor.

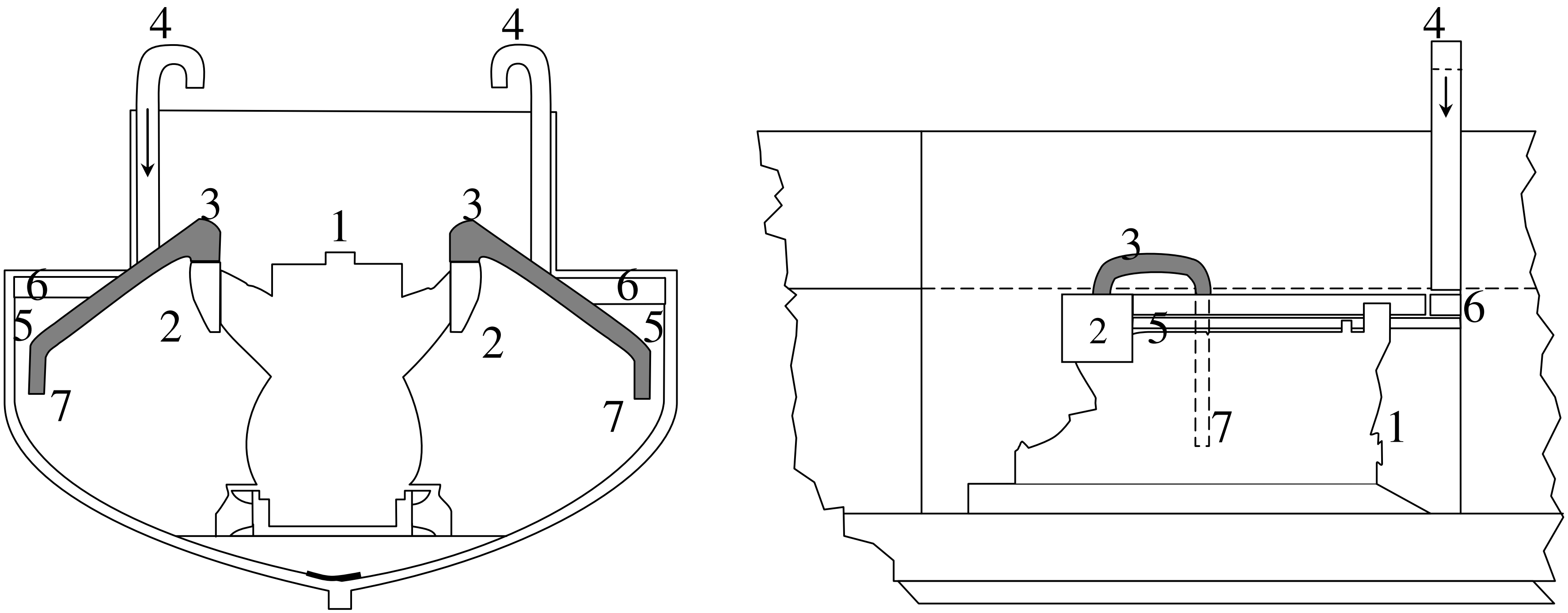
La presencia de sal en la entrada de aire puede resultar muy dañino al motor. Los siguientes diagramas sugieren dos formas de entrada de aire a máquinas.



FLUJO DEL AIRE AL INTERIOR DEL CUARTO DE MAQUINAS

1. Máquina.
2. Filtro de aire.
3. Ducto de aire de ingreso.
4. Entrada de aire.
5. Descarga del ingreso de aire.
6. ranura de descarga del aire de ventilación.
7. Toma de aire de la máquina.

(TOMADO DE LA GUIA DE INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)



FLUJO DEL AIRE AL INTERIOR DEL CUARTO DE MAQUINAS

1. Máquina.
2. Filtro de aire.
3. Ducto de aire de ingreso.
4. Entrada de aire.
5. Descarga del ingreso de aire.
6. Ranura de descarga del aire de ventilación.
7. Toma de aire de la máquina.

(TOMADO DE LA GUIA DE INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)

12. VENTILACION DEL CUARTO DE MAQUINAS

La ventilación del cuarto de máquinas debe satisfacer dos propósitos:

a. Proveer una temperatura ambiental adecuada para que los motores y equipos funcionen adecuadamente y,
b. Proporcionar un ambiente adecuado para que el personal pueda trabajar confortablemente.

La ventilación puede ser natural o forzada. Para el primer caso se requiere aberturas muy grandes para que el aire pueda entrar y salir del compartimento de máquinas. La circulación natural no ayuda mucho a tener un ambiente adecuado dentro de la sala de máquinas a no ser que la lancha sea de velocidad y las tomas de aire sobre cubierta sean lo suficientemente grandes para que el aire ingrese sin problemas. Cantidades adecuadas de aire fresco se obtiene con ventiladores, o sea con ventilación forzada.

Una circulación de aire correcta es vital para una adecuada operación del conjunto: motores-equipos y personal.

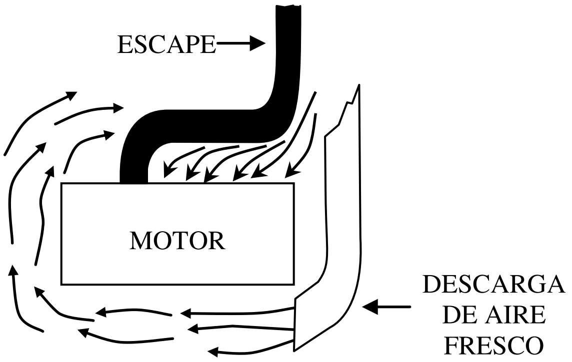
La mejor ruta para la ventilación del aire es como sigue:

a. Introducir aire fresco desde el exterior hacia la sala de máquinas, por sitios que estén lo más alejados de las fuentes de calor. Se utilizaran ventiladores o tomas de aire grandes.
b. Permitir que el aire fluya a través de la sala de máquinas, desde los puntos de entrada de aire frío hacia las fuentes de calor del cuarto de máquinas como son: motores, escapes, generadores.
c. Remover el aire de ventilación caliente con extractores o eyectores de aire caliente, cuyas tomas están ubicadas directamente sobre las fuentes de calor. Hay que tener cuidado que el aire que se descarga al exterior no se mezcle con el aire fresco que entra a la sala de máquinas.

La descarga del aire fresco que ingresa desde el exterior debe hacérselo lo más abajo posible a fin de que por convección, el aire caliente ascienda por la chimenea hacia fuera.

Los sistemas de ventilación deben proveer la suficiente cantidad de aire para tener temperaturas de trabajo seguras. El suministro debe ser de por lo menos 0,14 m^3/s en áreas de trabajo próximas a las fuentes de calor o donde la temperatura exceda los 38° C.

Todos los componentes de los escapes deben ser convenientemente aislados.



FLUJO DEL AIRE DE VENTILACIÓN

12.1 Cantidad de aire requerido para la ventilación

La cantidad mínima de aire requerido para que la sala de máquinas se mantenga a una temperatura confortable, es aproximadamente igual a la que consume el motor.

Por ejemplo un motor CATERPILLAR modelo D399 que desarrolla 1125 hp a 1225 rpm, estando el aire a 29,4° C (85° F), requiere 5910 pies^3/min. de aire para su funcionamiento y la cantidad de aire necesario para su ventilación debe ser aproximadamente igual.

Este volumen de aire es solo para disipar el calor generado por el motor y no incluye los requerimientos de ventilación de otras fuentes como generadores, motores, bombas, etc.

Un motor de 240 hp trabajando a 1225 rpm con el aire a 29,4° C (85° F) requiere aproximadamente 1470 pies^3/min. y un motor de 125 hp trabajando a 2000 rpm, requiere aproximadamente 820 pies^3/min.

Un método para calcular la cantidad de aire necesario para alcanzar una predeterminada temperatura del aire caliente que es descargado desde la sala de máquina se hace utilizando la siguiente formula:

$$C = \frac{H}{0{,}24\ W\ (Te-Ti)}$$

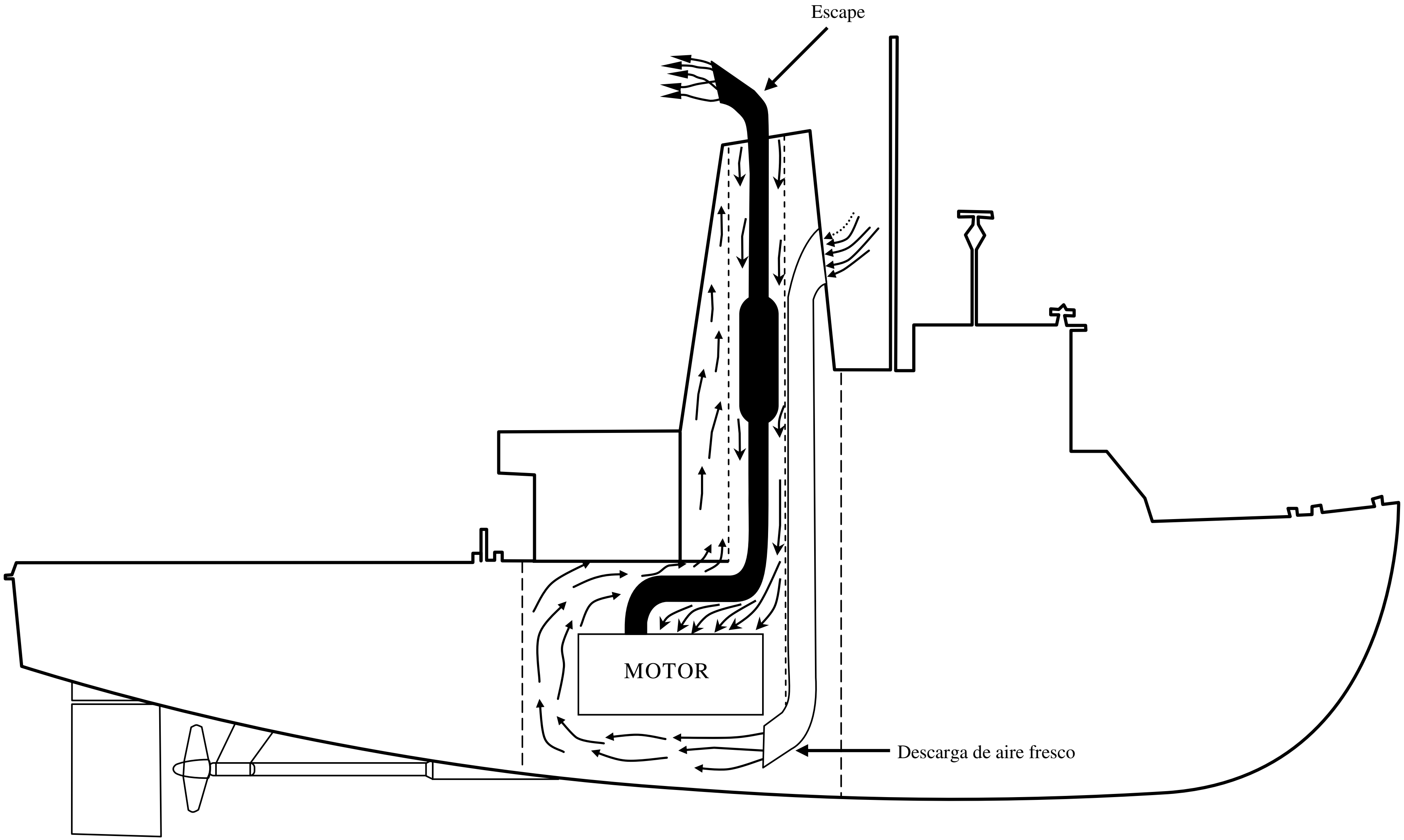
C = Volumen de aire requerido en pies^3/min.
H = Calor generado por el motor a la sala de máquina en BTU/min.
W = Peso especifico del aire en Lbs/pie^3.
(Te-Ti) = Diferencia de temperatura del aire que sale y el que ingresa a la sala de máquina.

AIRE DISIPADO POR EL MOTOR A LA ATMOSFERA BTU/min.

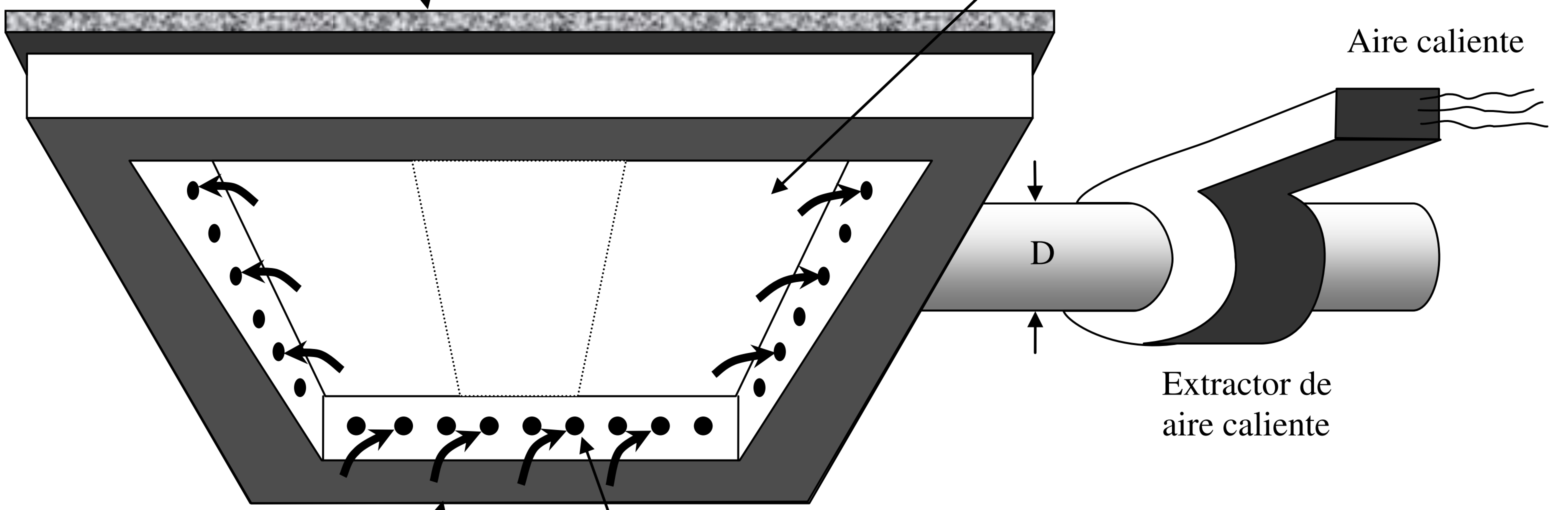
MOTOR CATERPILLAR MODELO	29,4° C (85° F)	37,7° C (100° F)	46,1° C (115° F)
D330T	910	775	637
D342T	1950	1660	1360
D349	6840	5810	4790
D399	9260	7870	6480

PESO ESPECIFICO DEL AIRE A VARIAS TEMPERATURAS

° C	° F	Lb/pie3
4,44	40	0,079
10,00	50	0,078
15,55	60	0,076
21,11	70	0,075
26,67	80	0,074
32,22	90	0,072
37,78	100	0,071
43,33	110	0,070
48,89	120	0,068
54,44	130	0,067



(TOMADO DE LA GUIA DE INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)



Ducto cerrado de sección constante, de forma o sección opcional. El área seccional no debe ser menor que el área por donde ingresa el aire a la sala de máquinas

Area total de las perforaciones, no debe exceder a $2D^2$

DESCARGA DE AIRE CALIENTE DESDE EL CUARTO DE MAQUINAS

(TOMADO DE LA GUIA DE INSTALACION DE MOTORES CATERPILLAR)

BIBLIOGRAFIA

BOWYER, PETER, Boat Engines.

CABRONERO, D. Motores de Combustión Interna.

CATERPILLAR MARINE ENGINE, Guide Application and Installation.

LICHTY; Procesos de los Motores de Combustión.

U.S. NAVAL ACADEMY, ANAPOLIS, Internal Combustion Engines.

UNIVERSITY OF MICHIGAN, Marine Engineering an Introduction.

UNIVERSITY OF MICHIGAN, Small Craft Engineering.

WITT, GLEN, HANKINSON, Inboard Motor Installations.