



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Plan de Mantenimiento Autónomo en Motor BAZÁN-MAN
V6V 16/18TL*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Enrique Bellas Arribas

DIRECTORES: Miguel Ángel Álvarez Feijoo
Guillermo Lareo Calviño

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

UniversidadeVigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Plan de Mantenimiento Autónomo en Motor BAZÁN-MAN
V6V 16/18TL*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General / Infantería de Marina

UniversidadeVigo

RESUMEN

En el presente trabajo se realizará un plan de mantenimiento para el motor BAZÁN-MAN V6V 16/18 TL.

El mantenimiento es un conjunto de actividades que se deben de realizar en un motor para evitar averías y así conseguir que funcione correctamente durante un largo periodo de tiempo. También se realizan estas actividades para mejorar la calidad de los productos y reducir los costos de la empresa.

El mantenimiento tiene sus orígenes en la revolución industrial, pero fue en Japón cuando se comenzó a estudiar el mantenimiento para mejora la producción. El mantenimiento puede ser correctivo, preventivo y o predictivo. Estos mantenimientos tienen un importante papel en la Armada ya que debe de mantener sus barcos plenamente operativos durante un largo periodo de tiempo.

El plan de mantenimiento se realizará en un motor diésel de 4 tiempos, con 12 cilindros en “V”, refrigerado con agua dulce, no reversible, sobrealimentado y con intercooler. Para ello, se estudiarán sus componentes y sistemas principales.

Tras la descripción de estos componentes y los diferentes sistemas del motor, se desarrollará la gama de limpieza y el plan de mantenimiento con las averías frecuentes y los elementos críticos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo no habría sido posible sin la ayuda de varias personas que estuvieron ahí en el momento en el que los necesitaba.

Quisiera agradecerle a mis directores Don Miguel Ángel Álvarez Feijoo y Don Guillermo Lasreo Calviño por dirigirme y ayudarme en el trabajo, además de conseguirme información acerca de los mantenimientos y del motor.

También quisiera agradecerles a mi padre y a mi hermano Juan Carlos por ayudarme cuando no sabía que escribir y por conseguirme documentación a cerca de los mantenimientos de la Armada.

Además quisiera agradecerle al departamento de mantenimiento de la Escuela Naval, y en especial al Mayor Don José Ramón Pérez Domínguez, por su disponibilidad para cualquier duda sobre dicho motor y por conseguirme el manual de mantenimiento.

Por ultimo quisiera agradecerle a mi madre por el apoyo que he tenido durante la realización del trabajo.

CONTENIDO

Índice de Figuras	3
Índice de Tablas	5
1 Introducción	7
1.1 Objetivo y alcance del presente trabajo.	7
2 Estado del arte	9
2.1 El mantenimiento.	9
2.2 Mantenimiento Autónomo.	10
2.2.1 Gestión de Calidad Total (TQM.).....	10
2.2.2 Just in Time (JIT).	10
2.2.3 Mantenimiento del Producto Total (TPM).	11
2.3 Niveles de Mantenimiento en la Armada.	12
3 Metodología	15
3.1 Motor.	15
3.1.1 Características del motor BAZAN-MAN V6V 16/18 TL.	17
3.1.2 Particularidades.	18
3.1.3 Componentes principales del motor.	20
3.1.4 Sistemas.	29
4 Desarrollo y resultados.....	40
4.1 Gama de limpieza.	42
4.2 Plan de Mantenimiento.	43
4.3 Averías frecuentes.....	47
4.4 Elementos críticos.....	49
4.4.1 Bomba de inyección.	49
4.4.2 Mecanismo de válvulas.	50
4.4.3 Bomba de agua de refrigeración.	51
4.4.4 Inyector de combustible.	52
4.4.5 Motor de arranque.	53
4.4.6 Tanque de expansión.	54
4.4.7 Codo de refrigeración.	55
4.5 Repuestos.	56
5 Conclusiones y líneas futuras.....	59
5.1 Conclusiones.....	59

5.2 Líneas futuras.....	60
6 Bibliografía.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Carreras del ciclo de un motor de 4 tiempos	16
Figura 3.2 Motor en línea y en “V”	17
Figura 3.3 Sección longitudinal del motor	18
Figura 3.4 Sección trasversal del motor	18
Figura 3.5 Sistema de Refrigeración (Enfriamiento del agua de refrigeración por medio de agua salada en un circuito con intercambiador térmico)	19
Figura 3.6 Válvula de admisión y de escape	20
Figura 3.7 Bastidor y bandeja de aceite	21
Figura 3.8 Camisa seca.....	22
Figura 3.9 Camisa húmeda.....	22
Figura 3.10 Camisa de cilindro	23
Figura 3.11 Culata	24
Figura 3.12 Cigüeñal	25
Figura 3.13 Amortiguador de vibraciones.....	25
Figura 3.14 Émbolo.....	26
Figura 3.15 Biela	27
Figura 3.16 Válvulas de admisión y de escape	28
Figura 3.17 Sistema de refrigeración	29
Figura 3.18 Esquema del sistema de lubricación	30
Figura 3.19 Bomba de aceite.....	31
Figura 3.20 Válvula reguladora de presión	32
Figura 3.21 Filtro de aceite de lubricante y centrifugadora de lubricante.....	32
Figura 3.22 Esquema de combustible	33
Figura 3.23 Filtros dobles y bomba de alimentación	34
Figura 3.24 Bomba de inyección lineal mecánica de combustible	34
Figura 3.25 Esquema de arranque	36
Figura 3.26 Accionamiento de distribución	37
Figura 3.27 Tubería de gas de escape	38
Figura 3.28 Regulador Woodward	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Ficha del motor	41
Tabla 4.2 Gama de limpieza.....	42
Tabla 4.3 Plan de mantenimiento Sistema General.....	43
Tabla 4.4 Plan de mantenimiento Sistema de agua de refrigeración	43
Tabla 4.5 Plan de mantenimiento Sistema de control	43
Tabla 4.6 Plan de mantenimiento Sistema de admisión y de escape	44
Tabla 4.7 Plan de mantenimiento Sistema de accionamiento	44
Tabla 4.8 Plan de mantenimiento Sistema de aceite lubricante	45
Tabla 4.9 Plan de mantenimiento del Sistema de combustible	45
Tabla 4.10 Plan de mantenimiento del Sistema de distribución	45
Tabla 4.11 Tareas a realizar después de un W5 o un W6	46
Tabla 4.12 Listado de averías.....	48
Tabla 4.13 Ficha de la bomba de inyección	49
Tabla 4.14 Ficha del mecanismo de válvulas.....	50
Tabla 4.15 Ficha de la bomba centrífuga	51
Tabla 4.16 Ficha del inyector de combustible.....	52
Tabla 4.17 Ficha del motor de arranque.....	53
Tabla 4.18 Ficha del tanque de expansión	54
Tabla 4.19 Ficha del codo de refrigeración.....	55
Tabla 4.20 Listado de pedido de repuestos	57

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo y alcance del presente trabajo.

El principal objetivo de este trabajo es la redacción de un plan de mantenimiento para un motor generador auxiliar BAZAN-MAN V6V 16/18TL, ubicado en el barrio industrial de la Escuela Naval Militar.

Con ello se pretende que los operadores y los mantenedores responsables del equipo tengan una guía para conocer, y mantener correctamente el equipo, al igual que deben conocer su área de trabajo, manejando el motor con seguridad, compartiendo el conocimiento y experiencias que obtienen del trabajo diario, para así mejorar estas condiciones.

Para ello este trabajo se ha estructurado en diversas partes:

- Generalidades sobre el mantenimiento.
- Estudio general del motor diésel y su funcionamiento.
- Estudio de los sistemas, subsistemas y conjuntos del motor BAZÁN-MAN V6V 16/18 TL.
- Detección de averías y/o problemas que presenta el motor, y análisis de posibles soluciones.
- Con los datos recogidos, realizar un plan de mantenimiento para evitar posibles averías y asegurar su buen funcionamiento.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 El mantenimiento.

El mantenimiento se define como el conjunto de actividades que se tienen que llevar a cabo para obtener un funcionamiento correcto del motor, con el fin de evitar averías y accidentes. El mantenimiento hace que la vida útil del equipo sea mayor, a la vez que se obtiene también una mayor eficiencia.

Por lo tanto, hay que identificar las tareas que se deben de llevar a cabo en toda la instalación, con el objetivo de reducir cualquier posible avería que se pueda producir en el motor durante su funcionamiento.

Otro de los objetivos del mantenimiento es la reducción de costes, ya que si no hay averías no se para el funcionamiento de la instalación, y no se producen pérdidas por esta parada.

También es un objetivo la mejora de la calidad de los productos, pues al haber un mantenimiento continuo los equipos funcionan adecuadamente, y como consecuencia se mejora la calidad de los productos obtenidos.

Por último y no menos importante, el mantenimiento nos garantiza la operatividad de los equipos, además de la seguridad de los operarios, los cuales son una pieza clave para el mantenimiento y la producción.

El mantenimiento surgió con las primeras máquinas, que aparecieron cuando comenzó la revolución industrial. En esta época, los mantenimientos que se realizaban eran para corregir las averías producidas durante la producción, es decir, aparece lo que se llama el mantenimiento correctivo. Estos mantenimientos los realizaban los operarios de la máquina.

Años más tarde, Henry Ford comenzó con la producción en cadena y empezó a preocuparse por los paros forzosos que se producían cuando una máquina se averiaba, puesto que se generaban pérdidas económicas debidas a este tiempo no productivo. Para evitar estos parones, se comenzó a cambiar las piezas o elementos cada cierto número de horas de trabajo, para prevenir las averías. Esto supone el nacimiento de lo que se conoce como mantenimiento preventivo. Este mantenimiento no se preocupaba de la calidad del material producido, sino de que la máquina no se averiara.

Al mejorar los instrumentos de protección y medición, se comenzaron a detectar las causas de las averías y con esto comenzaron los mantenimientos predictivos.

Una vez implantados estos tres tipos de mantenimientos, se empezó a exigir que los productos, además de entregarlos a tiempo, que tuvieran mejor calidad. Con lo cual aparece una nueva rama de

mantenimiento, el mantenimiento productivo. Este mantenimiento comienza a preocuparse de la calidad de los productos mejorando el rendimiento y la fiabilidad de las máquinas. Se puede decir que este mantenimiento es el conjunto de los mantenimientos preventivos y correctivos.

Fue en Japón cuando empezaron a desarrollarse los primeros mantenimientos productivos, que se denominaron Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Tras el TPM comenzó a desarrollarse el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, (RCM) basado en la planificación y en la confianza. Esto hizo que las nuevas técnicas predictivas se fueran desarrollando.

Por último se desarrolló la metodología de “las 5 eses”: Seiri (Organización y clasificación), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Control visual, normalizado) y Shitsuke (Disciplina y Hábito). Consisten en mantener el lugar de trabajo ordenado y limpio, eliminando los elementos innecesarios y arreglando los desperfectos [1].

Para conseguir un buen funcionamiento de los equipos es necesario realizar los mantenimientos que, como se ha mencionado anteriormente, alarguen la vida útil del motor, nos proporcionen mejor calidad en los productos y que la producción se realice en el menor tiempo posible. Estos mantenimientos son:

- **Mantenimiento Preventivo.** Son aquellas actividades que se han programado para controlar los elementos críticos de un equipo aunque aún no hayan fallado. Esto se realiza estudiando diversos factores como el esfuerzo realizado por la pieza o su vida útil.
- **Mantenimiento Predictivo.** El Mantenimiento Predictivo se encarga de detectar defectos en la máquina y de tomar acciones para corregir esos defectos. Esto implica un gran gasto económico, aunque podría ser mayor si la pieza termina rompiéndose.
- **Mantenimiento Correctivo.** Se realiza cuando la pieza ha llegado a su límite y es el último recurso para que el equipo no quede inoperativo [2].

2.2 Mantenimiento Autónomo.

Desde el principio el mantenimiento se realizaba para alargar la vida útil de los equipos. Con el tiempo los mantenimientos han ido evolucionando y se han ido desarrollando diferentes teorías hasta llegar a las más importantes sobre la producción que existen en la actualidad que son: la Gestión de Calidad Total, Just In Time y el Mantenimiento Productivo Total.

2.2.1 Gestión de Calidad Total (TQM.)

Tiene como finalidad maximizar la eficiencia y fiabilidad de los equipos para obtener un producto en un periodo de tiempo corto.

Con este tipo de metodología se pretende no solo conseguir un número de ventas mayores, sino también conseguir un producto de la mejor calidad, en el menor tiempo posible, con las mejores tecnologías que puede obtener la empresa y las mejores condiciones para sus trabajadores.

La TQM tiene como principios básicos el tener contento al cliente y obtener la mejor calidad en los productos, todas las acciones tomadas se realizarán por sucesos pasados [2].

2.2.2 Just in Time (JIT).

La filosofía JIT fue desarrollada en los años 70 por la empresa Toyota para perfeccionar sus sistemas de producción.

Se basa en la fabricación de los productos en la cantidad necesaria, en el mínimo tiempo posible y con una buena calidad.

Para la realización de este sistema es necesario observar la producción desde el inicio de la fabricación del producto. Esto se realiza para controlar todas las fases a las que puede estar sometido un producto y evitar que en dicha fase se produzca un retraso o que haya un fallo en el sistema [3].

2.2.3 Mantenimiento del Producto Total (TPM).

Surgió también en Japón como herramienta para poder realizar el sistema JIT y así poder eliminar aquellos sistemas que perjudiquen a la producción y al mantenimiento, aunque su función es, como la de los dos sistemas anteriores, solucionar el problema de mantenimiento y producción, y así evitar pérdidas económicas.

Con este sistema se pretende evitar tiempos muertos o paros en la producción, funcionamiento de equipos con baja eficiencia y malfuncionamiento o eliminación de productos de mala calidad.

El Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta divide el mantenimiento productivo total en varias partes que son: **Mantenimiento Autónomo**, Mantenimiento Planeado, Mantenimiento de la Calidad, etc. [4].

El Mantenimiento Autónomo se basa en prevenir el deterioro de los equipos y de sus componentes para alargar su vida, consiguiendo la mayor eficiencia en el trabajo, equipos y producción. Todo esto se hace con la participación activa en este plan, de todo el personal implicado, desde el primer escalón, hasta el más alto que tenga algo que ver con esa producción.

Para realizar estos trabajos, deberán estar implicados todos los niveles de personal relacionado con la producción, sobre todo, el personal utilizador y el de mantenimiento que deberán estar adiestrados en el conocimiento del equipo, en el manejo de los sistemas, en su mantenimiento, en el entorno del lugar de trabajo, en las precauciones de seguridad, etc, y así evitar accidentes y mejorar el producto.

Por tanto, el Mantenimiento Autónomo se basa en el conocimiento que tiene que poseer el operador para conocer y dominar el equipo que tiene, su funcionamiento, su manejo, su mantenimiento, la conservación, las averías más probables, precauciones de seguridad, etc. Si el operario domina estos aspectos, será capaz de comprender lo importante que son los mantenimientos, las inspecciones, la seguridad, el análisis de los problemas, etc.

El Mantenimiento Autónomo se puede dividir en las siguientes fases:

- Restaurar. Se repara el problema limpiando todas las partes del equipo y restaurando las piezas que estén dañadas.
- Los operadores deben de limpiar, inspeccionar y restaurar los equipos con el fin de mejorar el funcionamiento de la máquina y evitar que la maquina falle y perder tiempo y dinero en reparaciones.
- Mejorar. Tras estudiar los problemas de los equipos se puede saber que hay piezas que pueden sustituirse por otras con mejores características.
- Mantener. Revisar los equipos periódicamente para ver si tiene algún problema.

Estos trabajos se deben realizar con una lista de incidencias y medidas de corrección que el equipo haya tenido.

Todas estas acciones suponen un gasto económico que, a la larga, harán que las empresas, en nuestro caso la Armada, puedan utilizar durante un mayor tiempo posible y con el mejor rendimiento todos los equipos que se utilicen.

2.3 Niveles de Mantenimiento en la Armada.

Para la Armada el mantenimiento es una función logística en la que hay que realizar una serie de acciones sobre los materiales que queremos conservar en las mejores condiciones de eficiencia y rendimiento. Dependiendo del tipo de mantenimiento o avería y de donde se produzca, estas acciones se realizarán en la propia unidad, en el arsenal, en un astillero o en una empresa especializada contratada para tal fin.

Dicho mantenimiento se realiza basándose en cuatro principios básicos:

1. Realizar el mayor número de los mantenimientos desde el Escalón de Mantenimiento más bajo posible.
2. Las unidades a las que se le van a realizar estos mantenimientos tienen que estar inmovilizadas durante un periodo de tiempo para que las dotaciones se centren en el mantenimiento.
3. Utilizar cuando sea posible la técnica de reparación por reemplazo de módulos o subconjuntos.
4. Se realizaran Obras Normales o de Gran Carena cando se estime.

La Armada diferencia entre cinco clases de mantenimientos en función de las acciones que se han de tomar para realizar los mantenimientos:

- **Mantenimiento de Comprobación.** Conjunto de actividades en las que se comprueba el buen funcionamiento de los equipos.
- **Mantenimiento Preventivo.** Como se ha visto anterior mente y como indica su nombre, este mantenimiento pretende prevenir aquellas averías que se pueden producir en los componentes que son críticos en un equipo. Para ello, en función del histórico de averías se controlan los equipos que aparecen en esta lista por ser los más problemáticos.
- **Mantenimiento Correctivo.** Conjunto de actividades que se realizan en un equipo cuando tiene una avería y queda fuera de servicio total o parcialmente.
- **Mantenimiento de Rehabilitación.** Es la comprobación periódica de todos los equipos o instalaciones para repararlos y que vuelvan a sus características iniciales, y así garantizar una fiabilidad durante un largo periodo de tiempo.
- **Mantenimiento de Modificación.** Son cambios que se realizan en un equipo para mejorar sus prestaciones.

Como consecuencia de lo expuesto anteriormente, para la ejecución de un mantenimiento desde el punto de vista del organismo responsable, la Armada define tres escalones en su Reglamento de Mantenimiento:

- **Primer Escalón.** Incluye todas las aquellas tareas de mantenimiento que se realizan por la dotación del buque, unidad o instalación. Este mantenimiento no se realiza necesariamente a bordo del buque, pero la responsabilidad es del Comandante.
- **Segundo Escalón.** Dentro de este escalón están incluidos los mantenimientos Preventivos, Correctivos, de Rehabilitación y de Modificación que, por ser mantenimientos complejos y de grandes magnitudes, se deben de realizar en establecimientos de la Armada (Arsenal) y el responsable es el Almirante del Arsenal.
- **Tercer Escalón.** Se recogen aquellas acciones de mantenimiento que por su complejidad y por sus grandes dimensiones las realizan empresas civiles. En este Escalón el responsable sigue siendo el Almirante del Arsenal, aunque la responsabilidad de las acciones realizadas por la empresa civil son de la propia empresa.

Además, la Armada tiene otras clasificaciones propias del mantenimiento.

- **Según la disponibilidad operativa.**
 - Mantenimiento en Periodo Operativo. Se realizan durante el periodo de operatividad de la unidad.
 - Mantenimiento en Periodo de Obras Normales o de Gran Carena. Se efectúan para aumentar el periodo de vida de los buques y mantener su fiabilidad, estando el buque inmovilizado durante su realización.
- **Según las capacidades.**
 - Nivel A. Capacidad de reparaciones a pequeña escala en la que se pueden sustituir partes del equipo.
 - Nivel B. Son aquellos mantenimientos capaces de construir piezas de las que no tienen repuestos para hacer un mantenimiento correctivo.
 - Nivel C. es el nivel con la capacidad de realizar mantenimientos complejos de rehabilitación de piezas, equipos y sistemas, además de a fabricación de cualquier elemento necesario.

La Armada considera de gran importancia el mantenimiento para mantener operativas sus unidades, pero esta la doctrina expuesta no fue la primera que realizo la Armada para el mantenimiento de sus unidades.

Las primeras instrucciones que realizó la Armada para sus unidades fue el Plan de Mantenimiento de la Clase (CMP). Este plan consistía en una serie de mantenimientos programados

fijado previamente (periodos en los cuales el buque iba a estar largo tiempo) que se realizaba en cada unidad.

Este plan de mantenimiento tenía un serio problema que era que cada buque tenía su propio CMP, es decir, cada buque tenía una base de datos independiente y que además no se producían intercambio de datos. Esto provocaba que un mismo equipo tuviera diferentes CMP.

Tras ver que este plan no funcionaba como la Armada quería se decidió sustituirlo e implantar el Plan de Mantenimiento Integrado de la Clase (ICMP). Este plan consistía en realizar dichos mantenimientos a seis clases de buques (PDA, F-100, F-80, LPD, LST y cazaminas). Estos mantenimientos se realizaban cuando las unidades y la instalación de mantenimiento estaban disponibles, además los planes de mantenimiento quedaban unificados.

Hoy en día se está utilizando el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, (Reliability Centered Maintenance, RCM), que se puede aplicar a bordo de los buques. Con lo cual para los mantenimientos correctivos o preventivos que se realizan a bordo se usaran las RCM.

El RCM se encarga de analizar las funciones del sistema, los modos de fallo y los efectos de cada modo de fallo en la operatividad del buque. Cuando se identifican los modos de fallos, se empieza a realizar investigaciones para minimizar la probabilidad del fallo y que la operatividad no se vea afectada [5].

Este trabajo se centrará en el Mantenimiento Autónomo que se debe realizar en el motor en cuestión.

3 METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo del trabajo, se debe analizar previamente ciertos aspectos relativos a los motores como el funcionamiento de los motores diésel, las características del motor BAZAN-MAN V6V 18TL, y las particularidades, además de las diversas partes que lo forman.

3.1 Motor.

Los motores son máquinas que transforman la energía térmica de la explosión de un combustible en energía mecánica generada por el movimiento lineal que realiza un pistón a causa de la explosión del combustible.

Así como en los motores de gasolina, el funcionamiento se basa en provocar la combustión con una chispa, el funcionamiento de los motores diésel se basa en el calentamiento del aire por medio de su compresión dentro de un cilindro, e introduciendo en el momento preciso, combustible.

El combustible líquido es pulverizado en el interior del cilindro que, al ponerse en contacto con el aire que está a una temperatura elevada, combustiona en el interior del cilindro. Se produce un rápido aumento de la presión y de la temperatura, lo que desplaza un émbolo (pistón) hacia abajo, haciendo girar el cigüeñal, con lo que se convierte el movimiento alternativo en giratorio.

Según el número de carreras que hacen los pistones para completar un ciclo, los motores se clasifican en: de 2 tiempos y motores de 4 tiempos.

En lo que respecta a los motores Diésel, los de 2 tiempos se denominan así porque necesitan 2 carreras del pistón para completar el ciclo térmico de combustión. Estos dos tiempos son:

- En el primer tiempo (1ª carrera del pistón) el pistón comienza a bajar a causa de la presión producida por la combustión. Esto hace que los gases se expandan hasta que el pistón descubre las lumbreras de escape (algunos motores tienen válvulas de escape en vez de lumbreras, con lo cual en este caso la válvula de escape bajaría para permitir la salida de los gases). El gas comienza a salir al exterior e inmediatamente después se abren las lumbreras de admisión, dejando entrar el aire para la siguiente combustión. Este aire ayuda a que los gases de la combustión salgan al exterior.
- Una vez que el pistón llega al PMI (Punto Muerto Inferior) comienza a subir hasta su PMS (Punto Muerto Superior), tapando las lumbreras de admisión y de escape. Con lo cual se comienza a comprimir el gas para la siguiente combustión.

En cambio, los motores diésel de 4 tiempos se denominan así porque necesitan 4 carreras del pistón para completar el ciclo térmico de combustión. Estos cuatro tiempos son:

- **Admisión** (1ª carrera). La válvula de admisión se encuentra abierta y la de escape cerrada, mientras el émbolo está bajando hasta llegar al punto más bajo (Punto Muerto Inferior, PMI). El movimiento de bajada del pistón provoca un vacío que hace que comience a entrar aire en el cilindro a presión atmosférica por la válvula de admisión.
- **Compresión** (2ª carrera). Se cierra la válvula de admisión y la de escape continúa cerrada. Comienza a subir el émbolo hasta llegar al punto más alto (Punto Muerto Superior, PMS) con el objetivo de comprimir y aumentar la temperatura del aire introducido en el cilindro.
- **Combustión-Expansión** (3ª carrera). Justo antes de llegar el pistón al PMS comienza la inyección de combustible en el interior del cilindro. La mezcla del aire caliente a alta presión con el combustible hace que haya una combustión, aumentando la presión y haciendo que el gas se expanda empujando el embolo hacia el PMI. Esta es la carrera que produce el trabajo.
- **Escape:** (4ª carrera): Una vez llegado el embolo al PMI se abre la válvula de escape y los gases son expulsados al ser empujados por el embolo que sube. A partir de este punto se reinicia el ciclo.

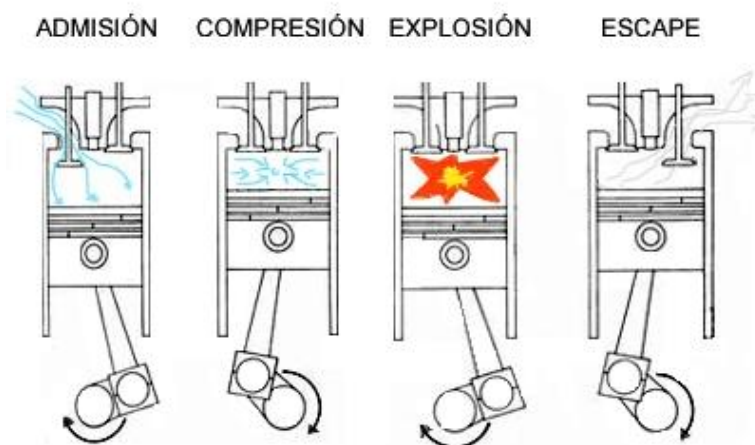


Figura 3.1 Carreras del ciclo de un motor de 4 tiempos

Cuanto mayor sea el número de cilindros, más regular será el giro. Lo habitual es llevar entre 4 y 16 cilindros según el motor de que se trate y su uso, aunque cada vez más, se están empezando a usar motores de 2 y 3 cilindros.

Las disposiciones más habituales de los cilindros suelen ser en línea o en “V”. Normalmente se prefieren en “V” porque son motores más compactos. En la figura se muestra como en la misma longitud que se ponen 4 cilindros en línea, cabrían 6 en “V” [6].

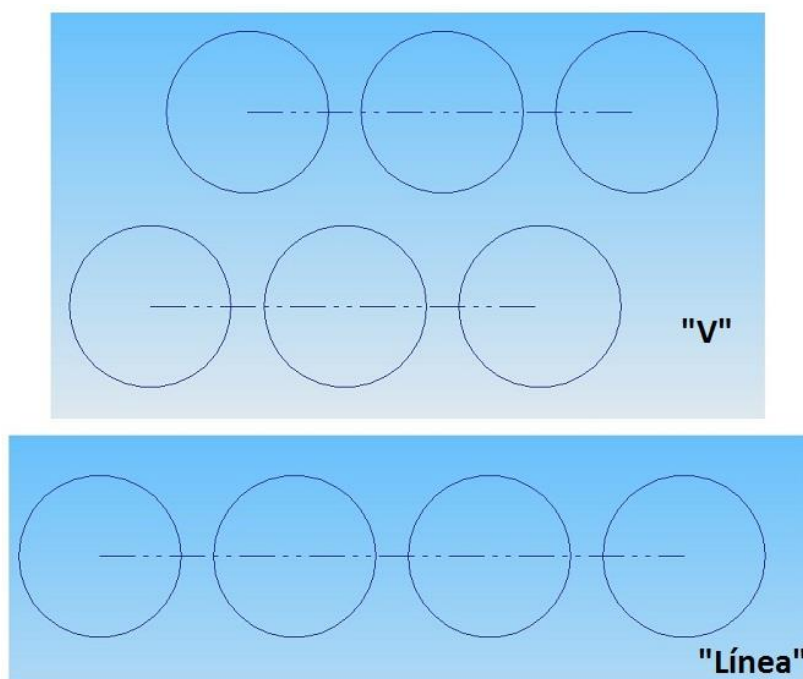


Figura 3.2 Motor en línea y en "V"

3.1.1 Características del motor BAZAN-MAN V6V 16/18 TL.

Una vez estudiado el funcionamiento de los motores de 4 tiempos, se procederá a describir las características del. Motor a estudiar

Se trata de un motor diésel de 4 tiempos fabricado por BAZAN-MAN en la factoría de la antigua Bazán, ahora Navantia, en Cartagena en el año 1985. Diseñado como un motor de aplicación en buques, se ha transformado y está operativo en la Escuela Naval de Marín como generador auxiliar de la Escuela, está situado en la zona de talleres.

El motor está formado por 12 cilindros en V, con una cilindrada de 43429 cm³ que desarrolla una potencia de 960 CV a 1200 r.p.m. Está refrigerado con agua dulce, no reversible, sobrealimentado y con intercooler.

Un motor sobrealimentado significa que se introduce en los cilindros más aire del que se penetra por aspiración natural. Normalmente, cuando se abre la válvula de admisión, la diferencia de presiones que existe entre el interior del cilindro y el de la atmósfera hace que entre aire al cilindro.

Para conseguir que entre más aire, se instala un turbocompresor, es decir, motor con una pequeña turbina. Esto se realiza porque cuanto más aire pueda entrar en el cilindro más combustible se podrá inyectar y la potencia del motor será mayor.

Para refrigerar el aire de sobrealimentación se utiliza el intercooler que es un intercambiador térmico [7].

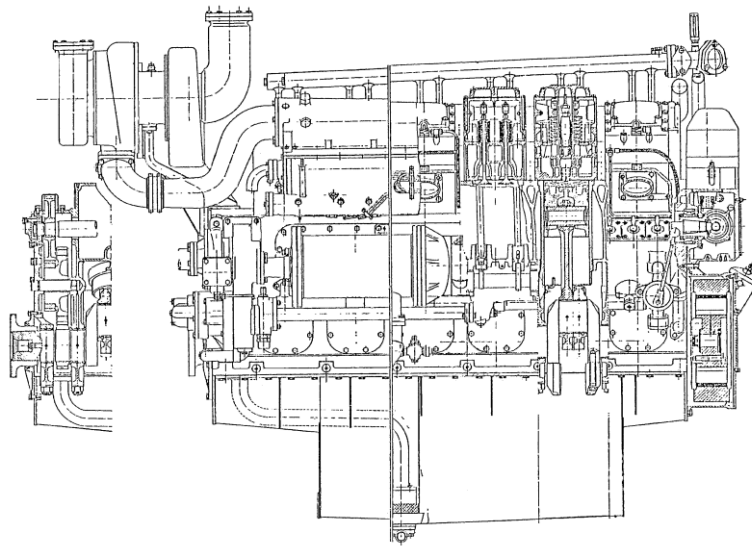


Figura 3.3 Sección longitudinal del motor

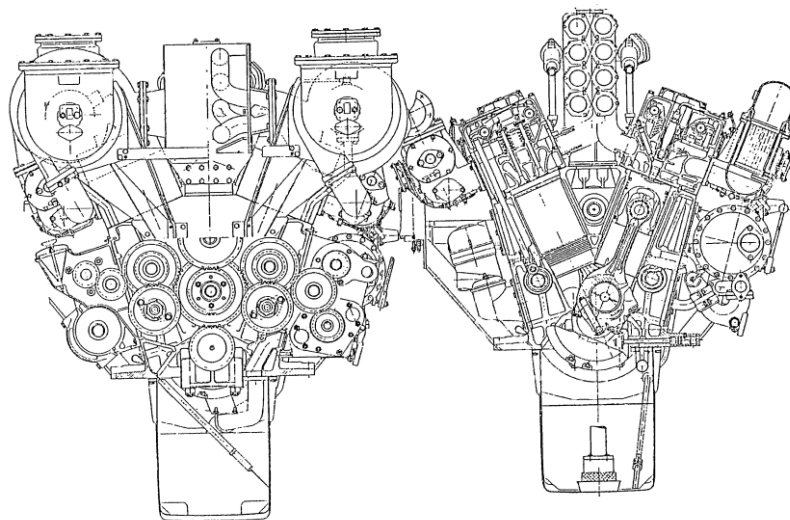


Figura 3.4 Sección transversal del motor

3.1.2 Particularidades.

Una de las peculiaridades más importantes del motor es que no fue fabricado para ser utilizado como generador auxiliar de un edificio, sino como generador de un barco. Por lo cual, el enfriamiento del agua de refrigeración, que normalmente se haría con agua salada de mar, en un enfriador o intercambiador, se realiza cediendo el calor al ambiente en un intercambiador aire-agua incorporado al circuito primario. Además dispone de un electroventilador que mejora el intercambio de temperatura del motor al aire, puesto que aumenta la convección (al ser forzada) y por consiguiente, la eficiencia del sistema.

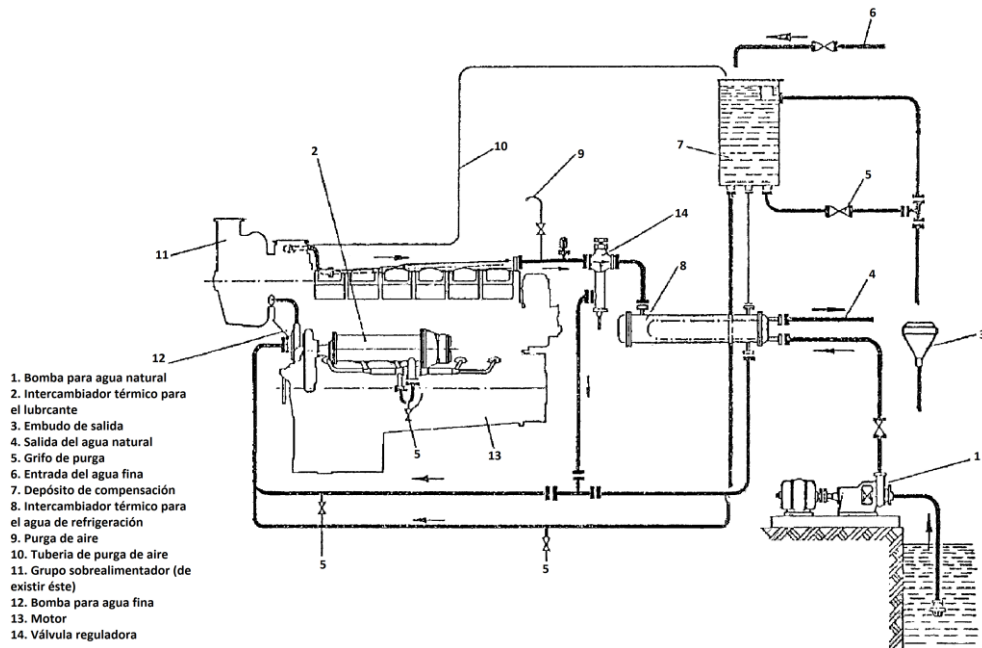


Figura 3.5 Sistema de Refrigeración (Enfriamiento del agua de refrigeración por medio de agua salada en un circuito con intercambiador térmico)

Otra de las peculiaridades es el número de válvulas. Para que la admisión sea más rápida, en vez de usar una sola válvula de admisión, se usan dos válvulas un poco más pequeñas. Además para el escape ocurre exactamente lo mismo. Las válvulas de admisión tienen un diámetro mayor que las válvulas de escape.

Además las válvulas cada vez que son accionadas para abrirse, giran un cuarto de vuelta (rotocap) para evitar que se acumulen en el asiento de los conos de las válvulas carbonilla y otros residuos producidos por la combustión [7].

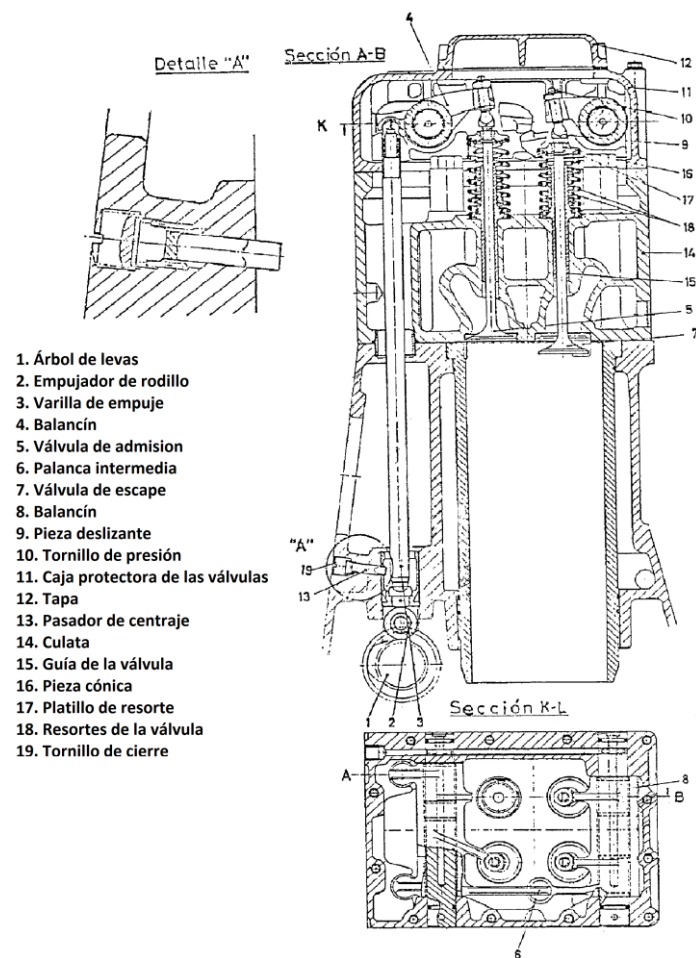


Figura 3.6 Válvula de admisión y de escape

3.1.3 Componentes principales del motor.

Tras hablar sobre los motores diésel, las características de este motor y de sus peculiaridades, a continuación se describirán las partes más importantes que componen este motor y sus subsistemas.

○ El Bastidor y la bandeja de aceite.

El bastidor es el bloque del motor. Mantiene sujetas todas las partes fijas y sirve de apoyo a las móviles. Mantiene unidos todos los elementos, que componen el motor y absorbe tanto las vibraciones durante su funcionamiento como los esfuerzos originados en la combustión.

Los bastidores, en general, tienen que tener gran robustez y rigidez ya que sufren grandes esfuerzos de tracción y compresión además de las vibraciones.

El bastidor además contiene la bandeja de recogida del aceite o cárter el cual cierra por debajo la cámara del mecanismo de accionamiento. Normalmente el aceite va en un depósito que no puede tener cerca el cigüeñal porque con su giro a alta velocidad lo convertiría en espuma y perdería sus características. El aceite es extraído del depósito por una bomba y pasado a través de un filtro que le quita las impurezas, para ser enviado limpio a todas las partes móviles: cojinetes, cilindros, bielas,

cigüeñal, etc. El sobrante cae por gravedad, se recoge en la bandeja de aceite. De ahí pasa al depósito, que puede estar pegado a la bandeja o aparte.

Las paredes laterales del bastidor tienen unas aperturas con su correspondiente tapa para facilitar el acceso al mecanismo de acción y a los cojinetes y así poder realizar los mantenimientos correspondientes [8].

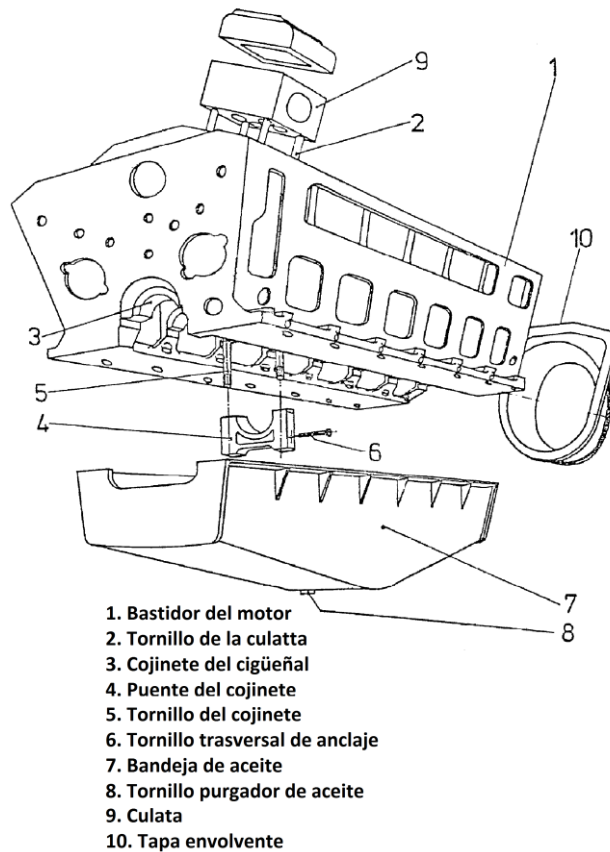


Figura 3.7 Bastidor y bandeja de aceite

○ **Camisa del cilindro.**

Es un cilindro de hierro fundido, ya que es el material más indicado para soportar el desgaste originado por el rozamiento, que sirve para guiar al pistón. La camisa transmite al bastidor la presión en la superficie de deslizamiento. Además una parte del calor producido por la combustión es absorbido por la camisa [8].

En la actualidad existen dos tipos de camisas:

- Camisa seca: Se denominan secas cuando no están en contacto con el líquido refrigerante, sino que tiene las paredes muy delgadas y van directamente en contacto con el bloque, que es el que soporta los esfuerzos mecánicos de las explosiones.

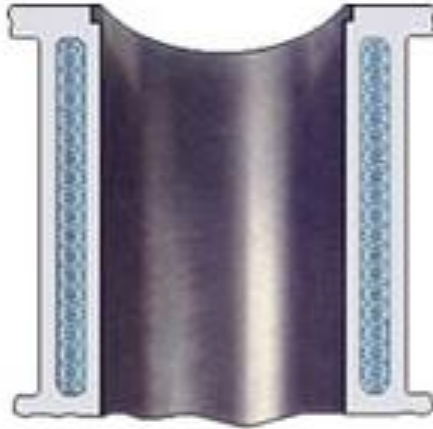


Figura 3.8 Camisa seca

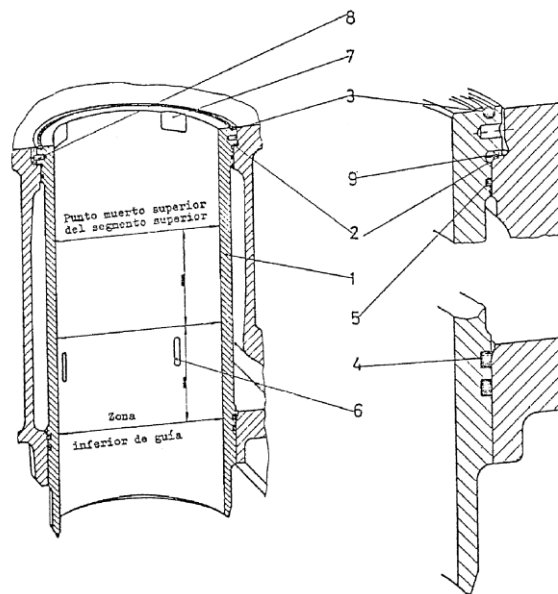
- **Camisa húmeda:** Este tipo de camisas guían al émbolo y lo refrigeran, ya que están rodeadas de agua de refrigeración. Además, son intercambiables, es decir si se desgastan se pueden cambiar por otra.

Esta camisa debe de tener una buena estanqueidad, por ello la parte superior termina con una brida circular que se asienta en el cilindro y en la parte inferior existen unas juntas tóricas para que existan fugas del agua de refrigeración. Este tipo de camisas absorben mejor el calor. Otra de las características de estas camisas es la facilidad que tiene de sustituir la camisa cuando se deteriora, puesto que son intercambiables [8] [9].



Figura 3.9 Camisa húmeda

Como se puede ver en la Figura 3.10, este motor consta de camisa húmeda.



1. Camisa de cilindro
2. Superficie de apoyo del collar de la camisa
3. Anillo de teflón
4. Anillo de silicona
5. Anillo de silicona
6. Ranura aliviadora
7. Escotadura para la válvula
8. Pasador de fijación
9. Anillo de suplemento

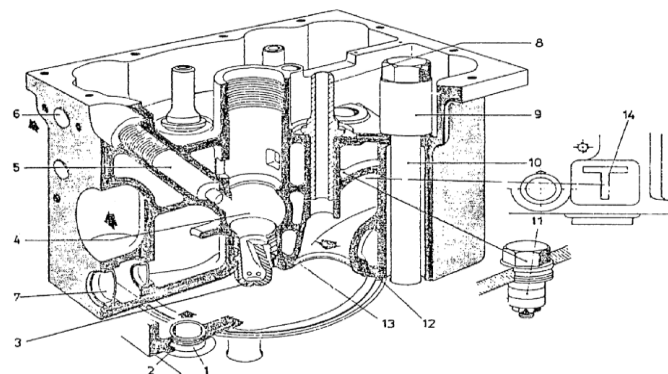
Figura 3.10 Camisa de cilindro

○ Culata.

La culata es el elemento que cierra la cámara de combustión. En ella están situadas las válvulas de admisión y de escape y los inyectores de combustible. La culata tiene que resistir las altas presiones y temperaturas de los gases de combustión.

Cada uno de los émbolos tiene su propia culata, las cuales se fijan al bastidor. Esto facilita la extracción de los émbolos y las bielas cuando es necesario reemplazarlos.

Normalmente este tipo de motores diésel tiene un sistema de precalentamiento del combustible que se va a inyectar durante el arranque, ya que al estar los cilindros, culata, émbolo, y en general la cámara de combustión fríos, es difícil conseguir el arranque inicial con la simple compresión del aire. Para ello se les instala una bujía de precalentamiento que alcanza grandes temperaturas cuando pasa la electricidad por ella con lo que calientan el combustible. Pero este motor es de inyección directa con arranque eléctrico, con lo cual no necesita de bujías para su precombustión. Aunque cabe destacar que posee un líquido altamente inflamable que ayuda a realizar la combustión cuando la temperatura del aire es muy baja (inferior a los 0°C) [7] [8].



1. Tubo para el paso de agua refrigerante
2. Anillo de junta
3. Mechero
4. Antecámara
5. Portamecha
6. Salida de agua refrigerante
7. Tapa de cierre
8. Guía de valvula
9. Tuerca de sombrerete
10. Espárrago de culata
11. Tornillo de cierre con anillo protector de cinc
12. Anillo de junta
13. Tornillo de presion
14. Marca

Figura 3.11 Culata

○ Cigüeñal.

El cigüeñal es un eje acodado que se apoya a los cojinetes de la bancada por los cuellos del eje. El cigüeñal es la pieza del motor a la que los cilindros transmiten la fuerza que ejerce la combustión. Transforma el movimiento rectilíneo que realizan los émbolos en movimiento circular del eje del motor.

Generalmente es de acero cementado, y templado con aleaciones de cromo y níquel, de alta resistencia ya que tiene que soportar los esfuerzos que las bielas producen al transmitir el movimiento de los émbolos. Además, por lo general, está diseñado de tal manera que, por el reparto de cargas, cada codo o manivela este entre dos apoyos de la bancada.

Los codos están formados por dos brazos denominados guitarras que sujetan al muñón por la cual va unida la biela al cigüeñal.

Por lo general, cuando el cigüeñal no tiene una gran longitud se construye en una sola pieza forjada, mientras que si son de gran longitud se suelen realizar varios tramos que se unen con flanges mediante numerosos pernos.

Aunque si la dimensión es importante se pueden seguir otros diseños como forjar por separado los codos y los brazos de manivela [7] [8].

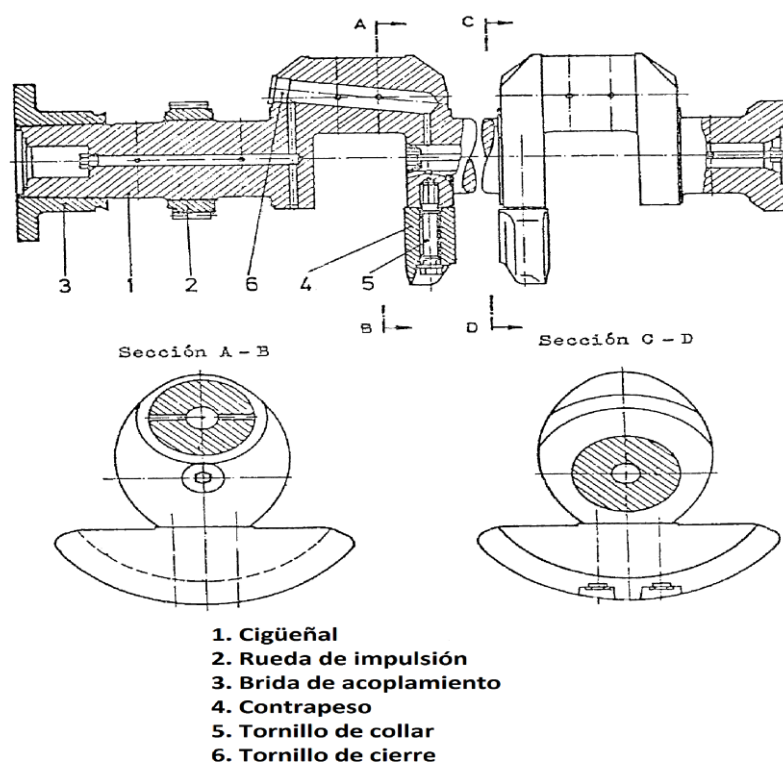


Figura 3.12 Cigüeñal

○ Amortiguador de vibraciones.

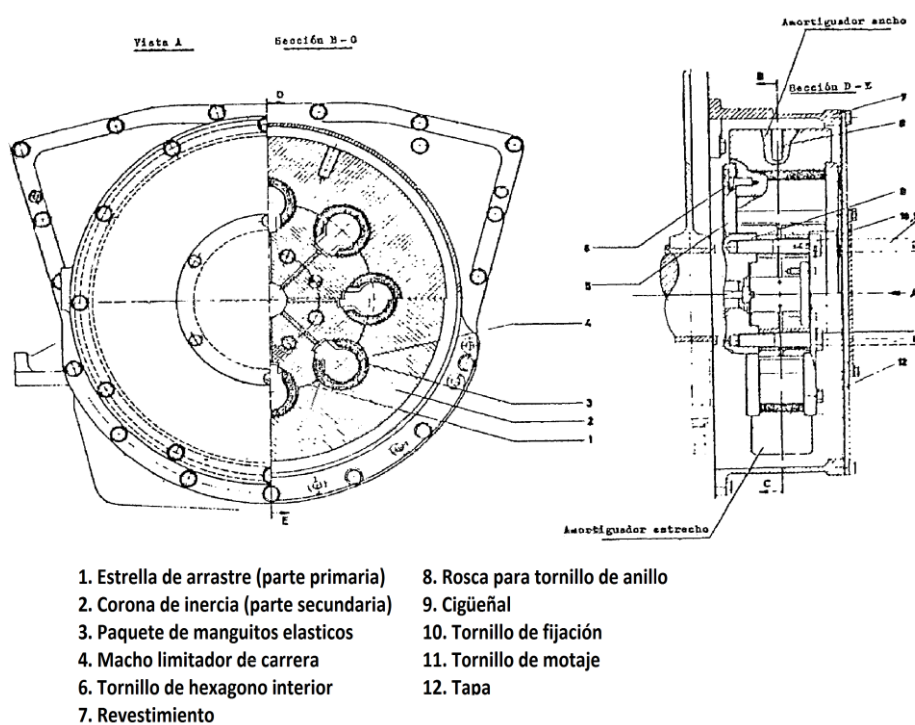


Figura 3.13 Amortiguador de vibraciones

El objetivo del amortiguador es impedir que se transmita al cigüeñal vibraciones de gran amplitud cuando el motor gira a un margen de revoluciones excesivo, puesto que aunque el árbol resista velocidades críticas durante un tiempo, puede suceder que tarde o temprano se rompa por fatiga. Con lo cual el amortiguador absorbe la energía de vibración causada por el motor y evita, como ya se ha mencionado, que las vibraciones lleguen al cigüeñal [7].

○ Émbolo.

El émbolo es el encargado de hermetizar la cámara de combustión con la ayuda de los segmentos, para que los gases formados por la combustión no entren dentro de los mecanismos, además permite comprimir el aire que se utiliza en la combustión. También es el encargado de hacer que el cigüeñal se mueva, ya que el movimiento lineal que realiza el émbolo es transmitido al cigüeñal por la biela y transformado en movimiento rotatorio.

Además, tiene que absorber parte del calor de la combustión y transmitirlo a las paredes del cilindro.

El émbolo está formado por dos partes, la primera es la cabeza que es la parte superior del émbolo y soporta el calor que produce la combustión, y la otra parte es la faldilla, que desliza por la pared del cilindro.

En la cabeza del émbolo existen los llamados aros o segmentos encargados de que el cilindro sea hermético, de asegurar que el cilindro este bien lubricado y de transmitir el calor absorbido por el émbolo a las paredes del cilindro.

Los émbolos pueden tener numerosas formas, por ejemplo, en los motores de dos tiempos, en comparación con los de cuatro tiempos, son más alargados. Además, la parte de arriba de la cabeza tiene numerosas formas destinadas para poder provocar la turbulencia del gas y así conseguir una mezcla más perfecta entre el aire y el combustible [7].

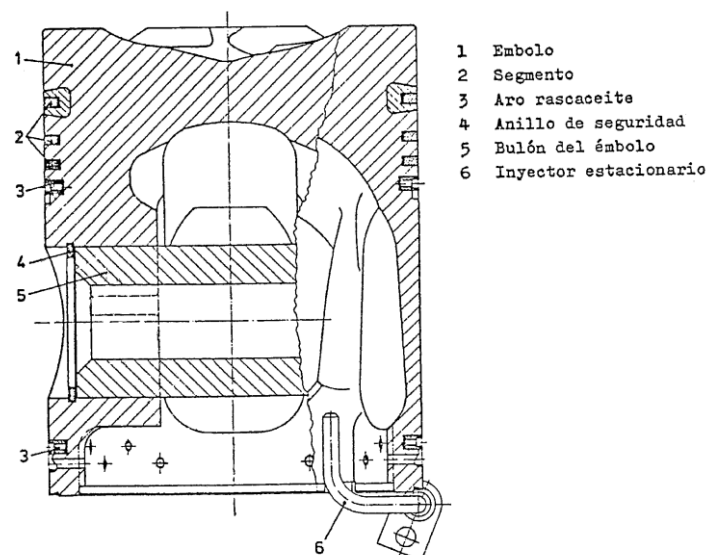


Figura 3.14 Émbolo

○ Biela.

La biela es el elemento que une al pistón con el codo del cigüeñal, además, transmite la presión de los gases producidos por la combustión que actúan sobre el embolo al cigüeñal, es decir, que es la encargada de transformar el movimiento lineal del embolo en movimiento rotatorio del cigüeñal.

Está sometido a esfuerzos de compresión y flexión, por su movimiento lineal y rotativo a la vez, por lo que, por lo general, está construida de acero forjado.

Básicamente podemos dividir la biela en tres partes, el pie, cuerpo y cabeza.

El pie es la parte que une la biela al pistón. El pie de biela está provisto de un cojinete de bronce sobre el que se mueve el émbolo. El engrase del cojinete se realiza mediante el lubricante que cae del émbolo o mediante el circuito de lubricación que conduce al lubricante por el interior de toda la biela.

El cuerpo es la parte media de la biela. Tiene normalmente una sección circular con una perforación para hacerlo más ligero y para que el aceite de lubricación pueda pasar, además es la encargada de aportar rigidez a la biela.

La cabeza es la que une la biela al codo del cigüeñal la cual tiene dos partes: la superior y la inferior. Estas dos partes forman una especie de collar que abrazan al muñón del cigüeñal [8].

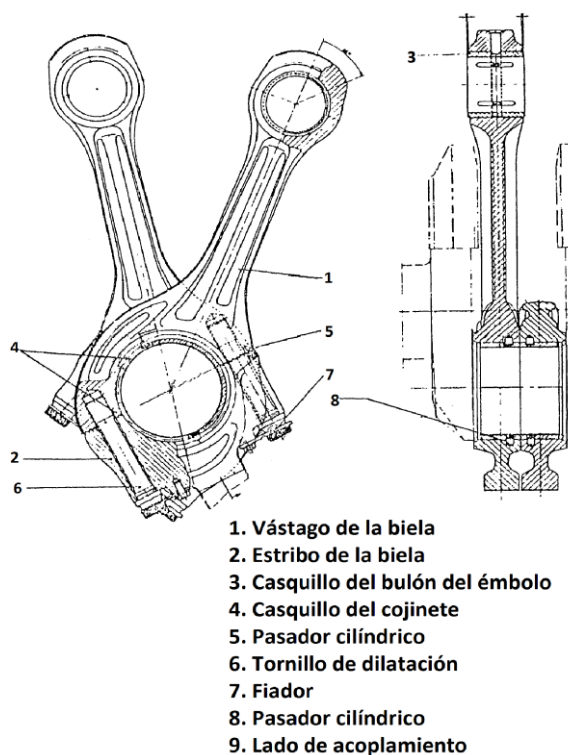


Figura 3.15 Biela

○ Válvulas de admisión y de escape.

Las válvulas de admisión son las encargadas de dejar pasar el aire a la cámara de combustión, y las válvulas de escape son las encargadas de facilitar la extracción de los gases quemados que se generan en la cámara de combustión.

Como ya se ha mencionado antes, cada cilindro tiene dos válvulas de admisión y dos de escape, además las válvulas de admisión tienen un diámetro mayor que las válvulas de escape.

Las válvulas de admisión no necesitan estar refrigeradas ya que utilizan el propio aire que se necesita para la combustión como refrigerante. En cambio las válvulas de escape sí que necesitan de un sistema de refrigeración, ya que por él pasan los gases a elevada temperatura. Esta refrigeración se realiza mediante el agua de refrigeración del sistema.

Las válvulas están compuestas por la cabeza y el vástago. La cabeza sirve para cerrar la entrada y salida de los gases, y el vástago es el que guía a la cabeza. El movimiento del vástago es producido por el empuje de la leva y la fuerza del muelle. Para que la cabeza funcione correctamente tiene que tener una buena estanqueidad, para ello la forma que tiene la superficie de la válvula es cónica. La cabeza es apoyada sobre un asiento que tiene la forma de un contra cono para asegurar la estanqueidad. Las válvulas se abren cuando el vástago empuja a la cabeza hacia el interior de la cámara de

El accionamiento de la válvula (cuando se abre) se realiza con los balancines los cual se mueve con el movimiento del cigüeñal.

Las válvulas tienen que permitir que se llenen por completo los cilindros y que la salida de los gases se produzca con la menor resistencia posible. Para ello la apertura y el cierre de las válvulas tiene que ser en el momento preciso y con la máxima velocidad posible [7] [10].

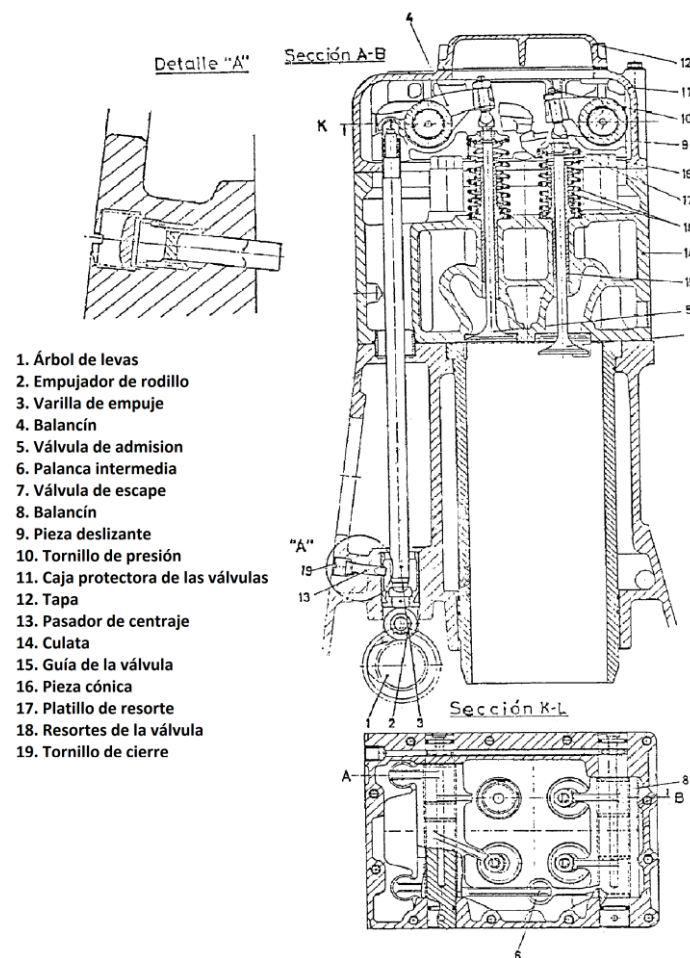


Figura 3.16 Válvulas de admisión y de escape

3.1.4 Sistemas.

Una vez que se han visto los componentes principales del motor se comenzara a hablar acerca de los sistemas que componen el motor que son: el sistema de refrigeración, el sistema de lubricación, el sistema de combustión, el sistema de arranque, el sistema de distribución, el sistema de admisión y el sistema de escape.

Para una adecuada clasificación de los distintos conjuntos es necesario conocer:

Sistema: conjunto de subsistemas o equipos que juntos realizan una de las funciones esenciales para el correcto funcionamiento del motor.

Subsistema: una parte del sistema que realiza una de las funciones esencialmente completa dentro del mismo.

Componentes: Conjunto de elementos estrechamente unidos entre sí que forman parte de los diferentes subsistemas y que posibilitan las distintas funciones de los mismos.

○ Sistema de refrigeración.

Durante la combustión, los gases de la combustión pueden llegar a alcanzar temperaturas de 2500 °C. Este calor es transmitido por los gases hacia las paredes de los cilindros, los pistones, culatas y a las válvulas. Si todas estas partes no están bien refrigeradas, al alcanzar temperaturas tan elevadas pueden dañarse, lo que haría que el motor no tuviera un buen rendimiento, o incluso romperse.

La refrigeración se utiliza para que el motor no trabaje a temperaturas elevadas, es decir, que no se sobrecaliente. Este sobrecalentamiento puede producir la descomposición del aceite de lubricación y la dilatación de las camisas y pistones.

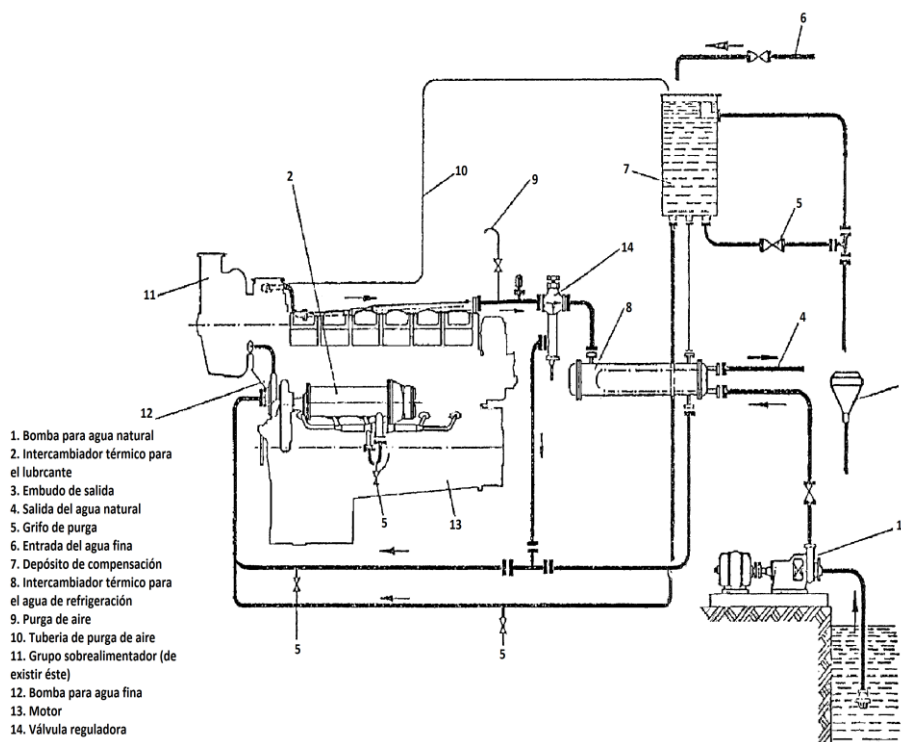


Figura 3.17 Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración enfría las paredes externas del cilindro, los pistones y la culata.

El sistema de refrigeración mantiene la temperatura de funcionamiento del motor para la que está diseñada. Es necesario que el motor trabaje a una temperatura lo más alta posible sin llegar a una temperatura que propicie la formación de sustancias sólidas por precipitación o que puedan evaporar el agua de refrigeración.

Cuando el agua está demasiado fría hace que se condense los gases de combustión en la superficie de las camisas de los cilindros, esta condensación puede producir un desgaste más rápido de lo normal.

El agua de refrigeración que se utiliza tiene que tener una serie de características específicas de dureza del agua, contenido en cloruros y valor del pH.

Aunque los planos que se tienen del sistema de refrigeración de este motor son refrigeración por circulación con intercambiador térmico agua-agua, como ya se ha mencionado antes, la refrigeración de nuestro motor es por circulación con radiador, es decir, el calor absorbido por el agua de refrigeración es extraída por el aire que genera un ventilador [7].

○ Sistema de lubricación.

Al moverse dos cuerpos metálicos que deslizan uno sobre otro se produce un calentamiento por el rozamiento y tienden a soldarse dándose el fenómeno de “agripamiento”. Además si se aumenta más la temperatura a causa de una fuente de calor, como es en los motores por la combustión, este fenómeno se agrava.

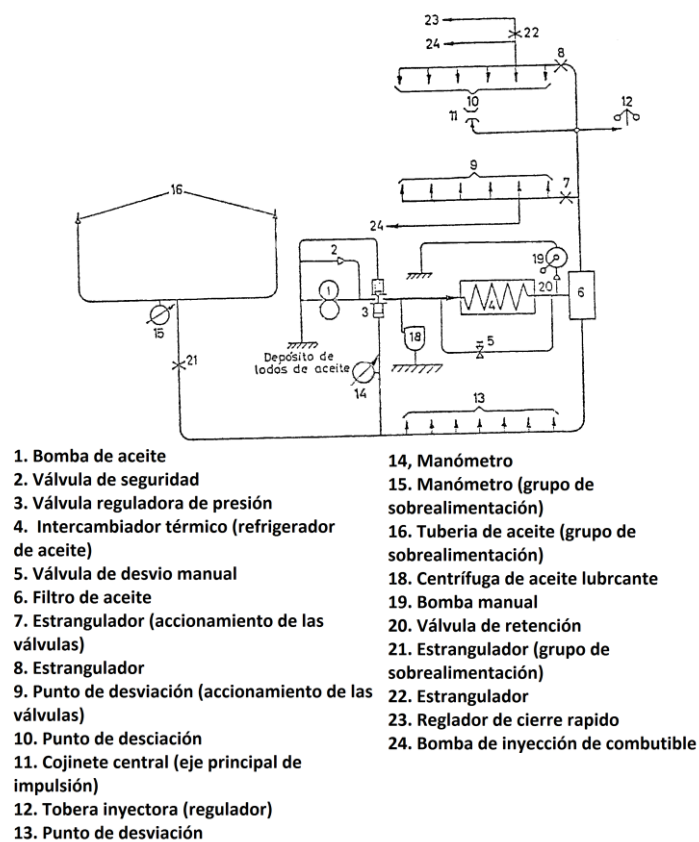


Figura 3.18 Esquema del sistema de lubricación

Para evitar esto, se creó el sistema de lubricación que consiste en una pequeña capa de aceite que impide el contacto de dos cuerpos metálicos que se desplazan uno sobre otro. Con esta capa, la resistencia de rozamiento entre los dos cuerpos disminuye y también el desgaste entre estos elementos.

En este sistema, una bomba lleva el aceite situado en la bandeja hacia diversas partes del motor para lubricar y además también refrigera los cojinetes y las superficies de los cuerpos que se mueven.

Las partes más importantes de este sistema son las bombas de aceite, las válvulas reguladoras de presión, los filtros de aceite lubricante y la centrifugadora de lubricante.

La bomba de aceite es la encargada de recoger el aceite de lubricación de la bandeja y bombearla a los cojinetes. Este aceite es el lubricante del motor que permite alargar la vida útil del motor ya que evita los rozamientos que no deseamos en las partes móviles del motor. Este aceite es llevado a los inyectores estacionarios que es la parte del motor encargada de dirigir el aceite lubricante a los lados de los cilindros para refrigerar y lubricar.

La bomba de aceite es una bomba de engranajes accionada por el cigüeñal. Para evitar daños en la bomba por culpa de la presión, tiene una válvula de seguridad que cierra la bomba en cortocircuito. Esta bomba es capaz de conseguir una presión constante en el circuito.

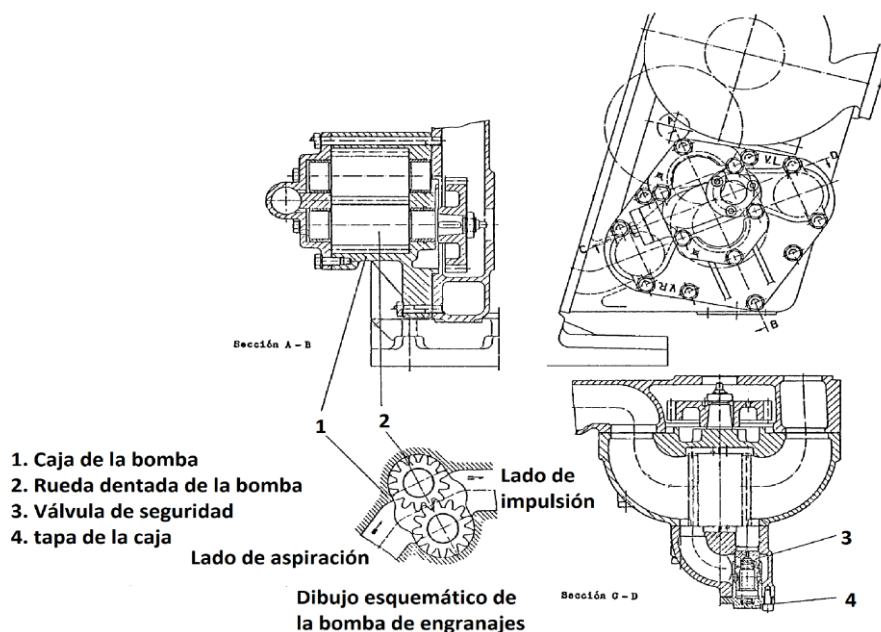


Figura 3.19 Bomba de aceite

La válvula reguladora de presión está situada después de la bomba de aceite, en la tubería de impulsión. La válvula evita que haya una presión elevada en el circuito de lubricación. Actúa cuando la presión del aceite supera los $4,5 \text{ kg/cm}^2$ y hace que parte del aceite vuelva al cárter.

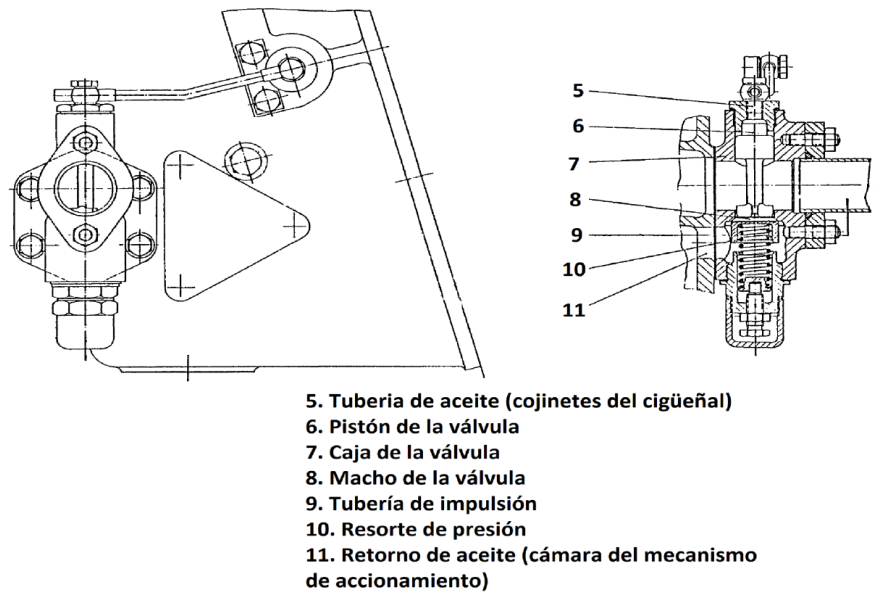


Figura 3.220 Válvula reguladora de presión

La funcionalidad del filtro de aceite lubricante es la de retirar las impurezas del aceite antes de que entre en el motor para que no se produzca ninguna avería a causa de estas impurezas.

La centrifugadora de lubricación es otro elemento para limpiar el aceite de las impurezas que contenga. La energía que se suministra a la centrifugadora proviene del motor, aunque lo hace indirectamente a través de la bomba de aceite [6] [7].

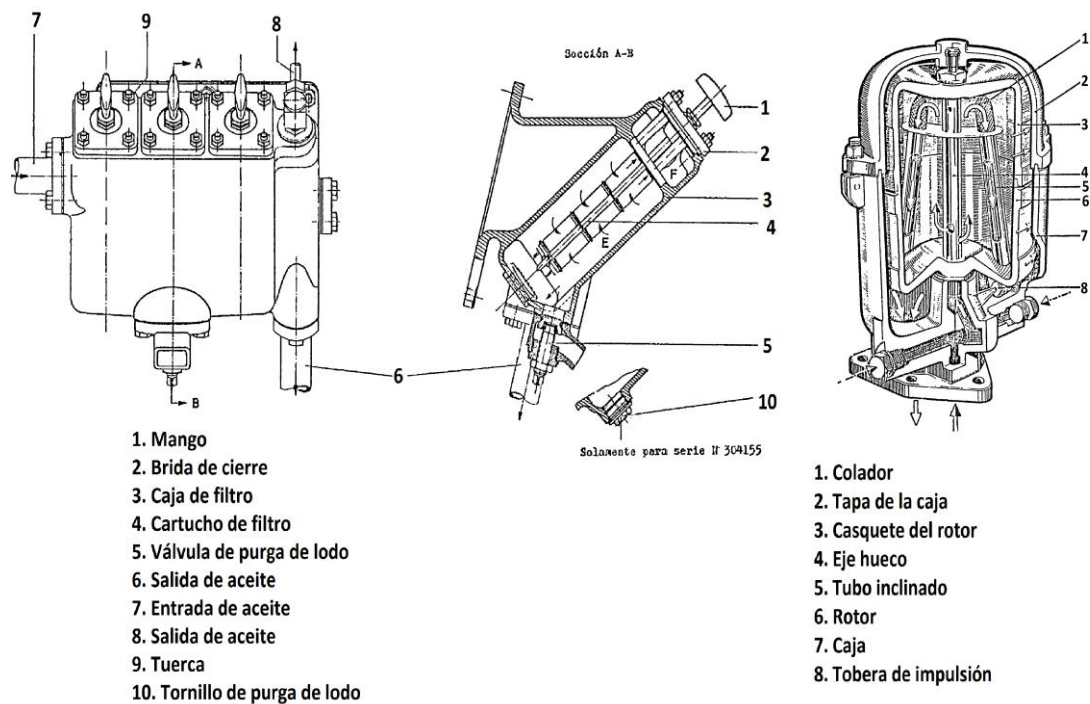


Figura 3.21 Filtro de aceite de lubricante y centrifugadora de lubricante

○ Sistema de combustible.

El sistema de combustible está compuesto por los filtros dobles, la bomba de alimentación, dos bombas de inyección, la tobera de inyección y antecámara.

Las bombas de alimentación son las encargadas de llevar el combustible del depósito hacia la cámara de aspiración de las bombas de inyección pasando antes por los filtros dobles para limpiar el combustible.

Este motor dispone de bombas de alimentación de doble efecto. Esto significa que la bomba traslada el combustible continuamente con el movimiento del émbolo. Esto se puede realizar porque tiene dos válvulas de aspiración y otras dos de impulsión que, cuando el émbolo realiza una carrera están abiertas una válvula de aspiración y otra de impulsión.

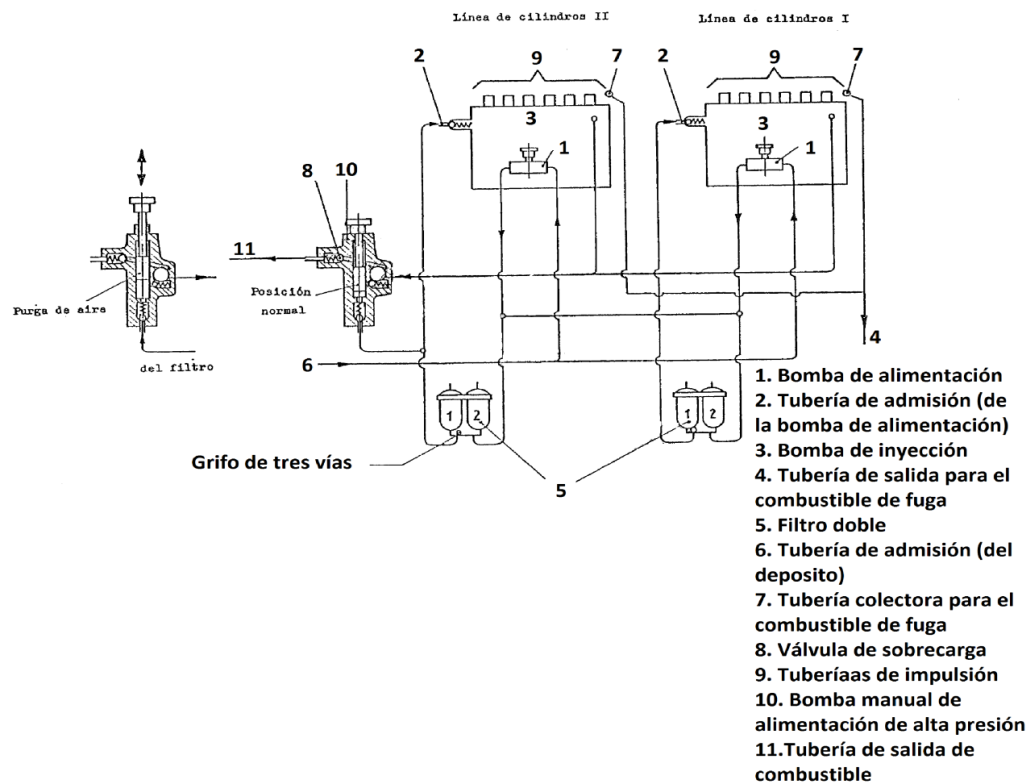


Figura 3.22 Esquema de combustible

Los filtros de combustible se encargan de retener las impurezas que contiene el combustible para evitar que las bombas y los inyectores se puedan obstruir y averiarse.

El combustible entra por un lado del filtro llegando a una cámara, luego pasa por los filtros hasta la cámara de salida y de ahí por un tubo hasta la bomba de combustible.

Para que los filtros funcionen correctamente, hay que llenarlos de combustible. Además, tienen unas válvulas de rebosadura para evitar la sobrepresión y para purgar el aire que existe en los filtros.

Los filtros que tiene este motor son los denominados filtros gemelos conmutables. Estos filtros tienen la peculiaridad de que si se necesita limpiar uno se pone a funcionar el otro, así el motor no tiene la necesidad de ser parado para el mantenimiento de los filtros.

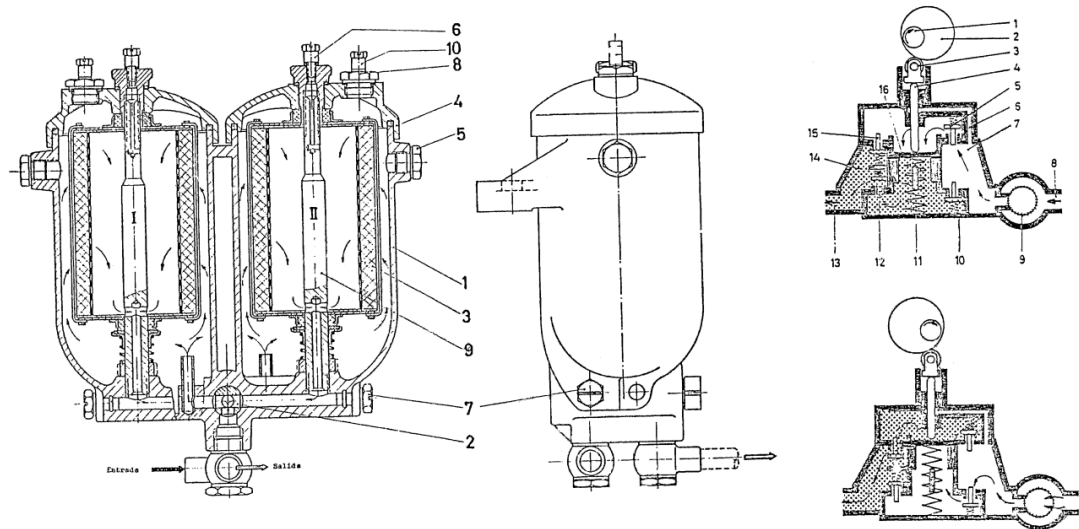


Figura 3.23 Filtros dobles y bomba de alimentación

Las bombas de inyección lineal mecánica son las encargadas de enviar el combustible a cada cilindro en el momento y cantidad precisa. El combustible es inyectado a través de la tobera de impulsión y la tobera de inyección.

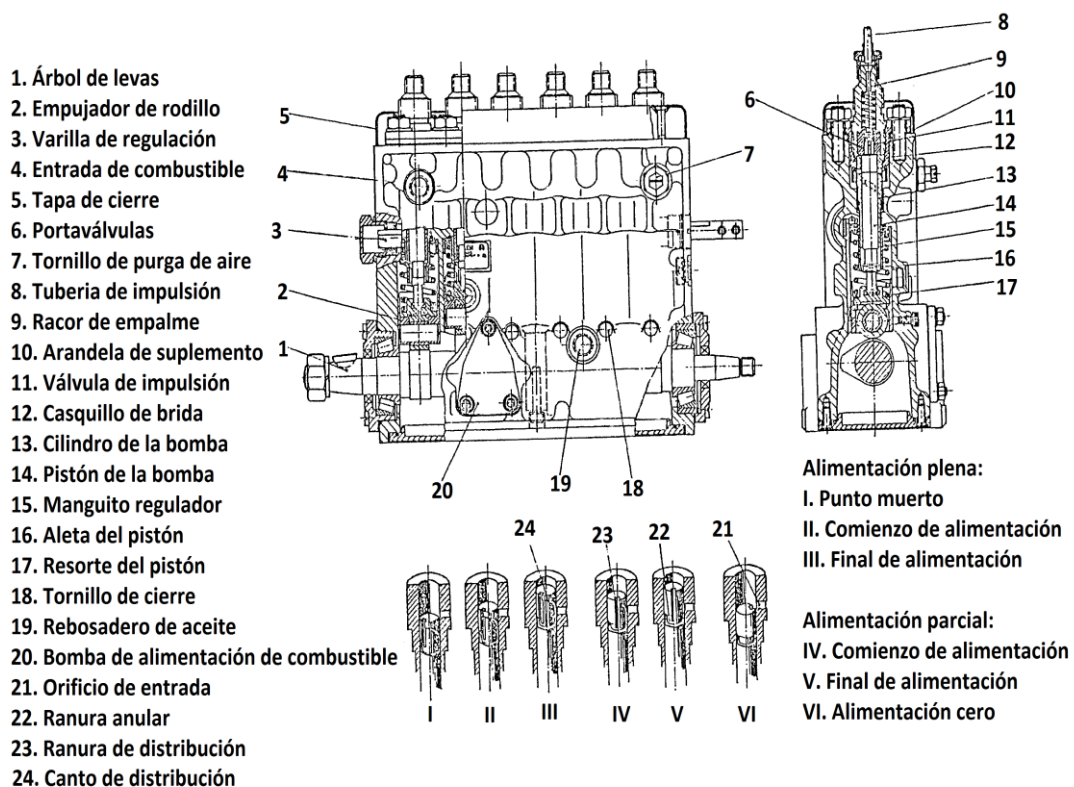


Figura 3.24 Bomba de inyección lineal mecánica de combustible

La inyección del combustible se realiza mediante el movimiento del motor. Tiene que haber un sincronismo entre estas y los árboles de levas. El combustible es inyectado en la cámara de forma pulverizada, ya que así se crea un mayor número de gotas que pueden mezclarse mejor con el aire.

La inyección de combustible se realiza directamente (inyección directa), es decir, el combustible se introduce en la cámara de combustión que está formada por la cabeza del pistón y por la culata. Como se dijo en la explicación de émbolo, la cabeza tiene una superficie de tal forma que favorece la turbulencia de los gases para mezclar el aire con el combustible y así mejorar la combustión [7] [10].

○ Sistema de arranque.

Cuando la temperatura ambiente es baja, los motores diésel tienen mayores dificultades para el arranque que los motores de explosión. Esto es debido porque en la primera compresión no se ejerce suficiente calor para que se produzca la combustión en el interior del cilindro.

De la misma manera, el principal problema del arranque de los motores diésel es el esfuerzo que se tienen que realizar para conseguir la presión necesaria para la combustión ya que, para realizar la compresión, los motores diésel tienen que realizar el doble de esfuerzo para mover el eje del cigüeñal que los motores de explosión.

Es decir, la combustión no depende solo de la temperatura que tenga el aire de admisión, sino también de la temperatura del combustible y de las paredes del cilindro, y de la velocidad de giro del cigüeñal.

Para conseguir la velocidad de giro necesaria para realizar la combustión es necesario que el sistema de arranque tenga una gran potencia. Para conseguir esta potencia se necesita un sistema que permita conseguir la potencia necesaria en muy poco tiempo. Estos sistemas de arranques son:

1. Arranque por aire comprimido.

El aire comprimido es el encargado de hacer girar el motor a la velocidad requerida en el arranque.

El aire comprimido se inyecta en los cilindros del motor a través de las válvulas de arranque y durante la carrera de trabajo. Esto hace que se pueda vencer la resistencia que tiene el aire al ser comprimido y así poder alcanzar más rápido la temperatura necesaria para que se produzca la combustión. Una vez alcanzado las revoluciones necesarias para realizar la combustión, es cuando se empieza a inyectar el combustible y se para de inyectar el aire comprimido.

2. Arranque mediante un motor de explosión acoplado.

Este sistema consiste en poner un pequeño motor de explosión con un sistema de acoplamiento que transmite su giro al motor diésel, de modo que una vez arrancado el motor de explosión se le engrana con un piñón en una rueda dentada que mueve el cigüeñal del motor diésel. Así con el motor de explosión se consigue la velocidad necesaria en el diésel para que durante la compresión el aire coja la temperatura necesaria para que se produzca la ignición del combustible. En cuanto arranca el motor diésel, el de explosión se desengrana del diésel por medio del sistema de acoplamiento.

3. Arranque por medio de una batería eléctrica

El sistema es similar al del motor de explosión, pero en este caso, al accionar el arranque, la batería energiza un motor eléctrico (motor de arranque) que, al girar, produce el atacado de un piñón para que engrane con la corona dentada que mueve el cigüeñal del diésel.

Una vez ha arrancado el diésel, se deja de actuar sobre el arranque y el piñón de ataque del motor de arranque se retrae y se desengrana de la corona del diésel.

Este motor utiliza el arranque por medio de batería eléctrica (ver Figura 3.25).

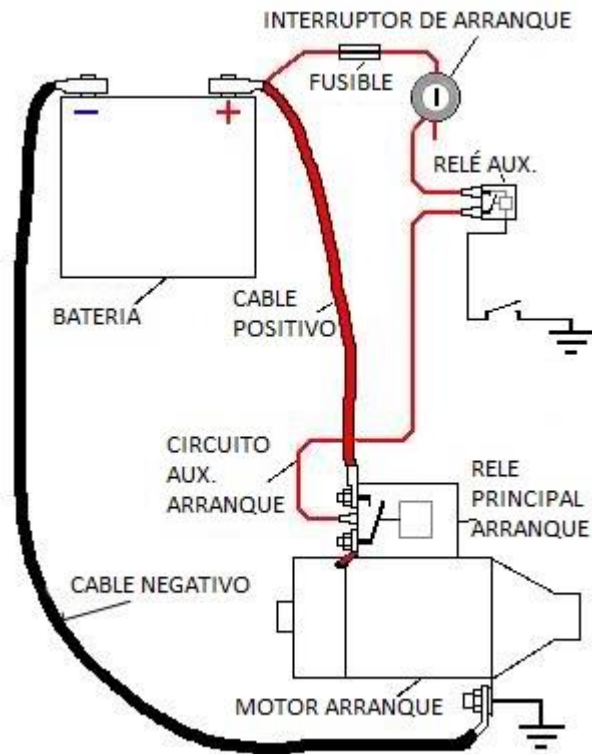


Figura 3.25 Esquema de arranque

○ Sistema de distribución.

El sistema de distribución es el conjunto de elementos que regula la salida y la entrada de los gases de los cilindros. Para ello el distribuidor (conjunto de engranajes) mueve las válvulas de admisión y de escape cuando el cigüeñal gira.

El movimiento es realizado por una rueda dentada que está fijada al cigüeñal. Con el giro del cigüeñal hace que se muevan los árboles de levas para que las válvulas de admisión y de escape se pongan en funcionamiento, además también se activan las bombas de admisión.

Los principales elementos que forman parte del sistema de distribución son: las válvulas de admisión y de escape, el árbol de levas, los empujadores y balancines, y los elementos de regulación.

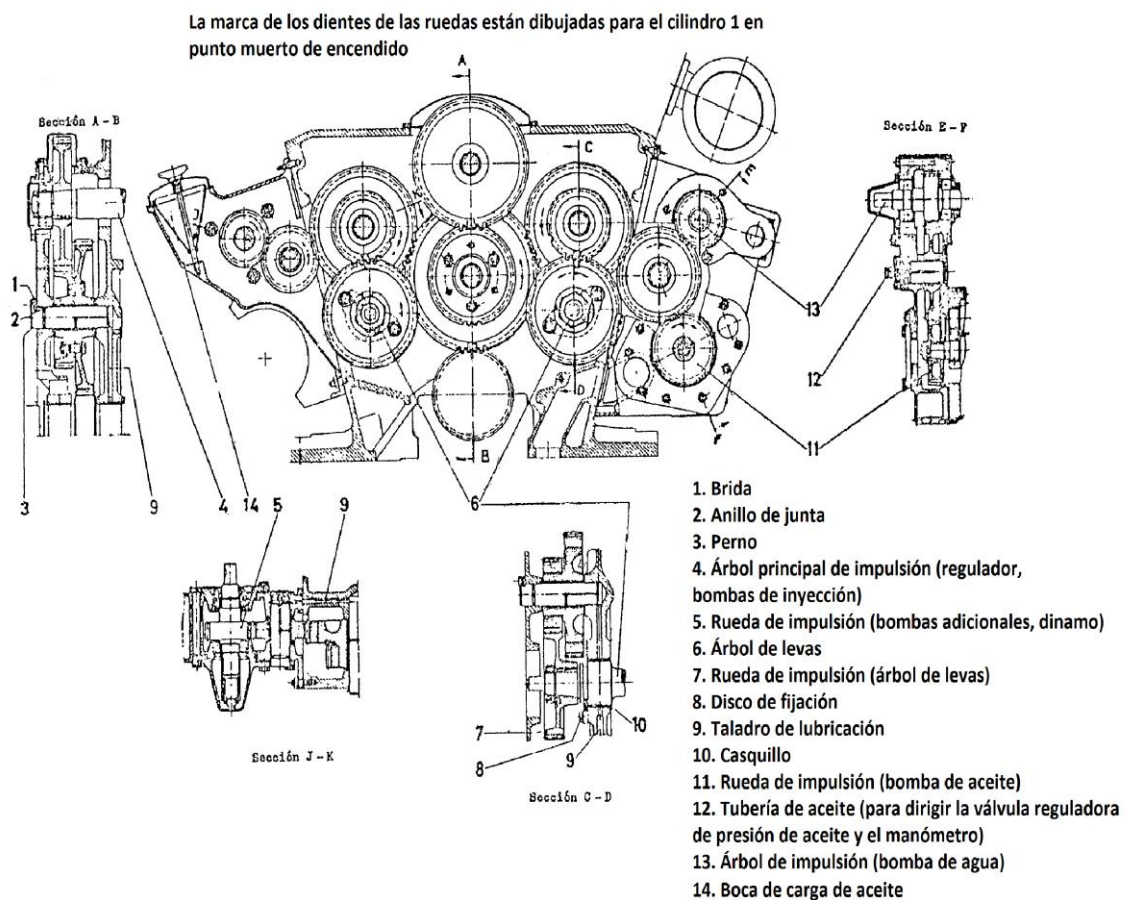


Figura 3.26 Accionamiento de distribución

- **Sistema de admisión y de escape.**

El sistema de admisión se encarga de introducir aire en los cilindros para que se produzca la combustión. Para ello, este motor cuenta con un turbocompresor y un intercooler.

El turbocompresor es una turbina movida por los gases de escape unida por un eje a un compresor que comprime el aire de admisión para que entre en el cilindro más cantidad de aire.

Un problema que tienen los turbocompresores es que los gases de admisión al ser comprimidos aumentan su temperatura con lo que es necesario enfriarlo. Para ello se utiliza el intercooler.

El sistema de escape es el encargado de dirigir los gases que se produjeron en la combustión hacia el exterior. Esto se realiza mediante la válvula de escape y los conductos de los gases de escape.

Por cada dos o tres cilindros hay un tubo de escape. Estos tubos se unen en la tubería de gases de escape. Además los tubos están divididos en secciones longitudinales que la tensión térmica no sea demasiado elevada.

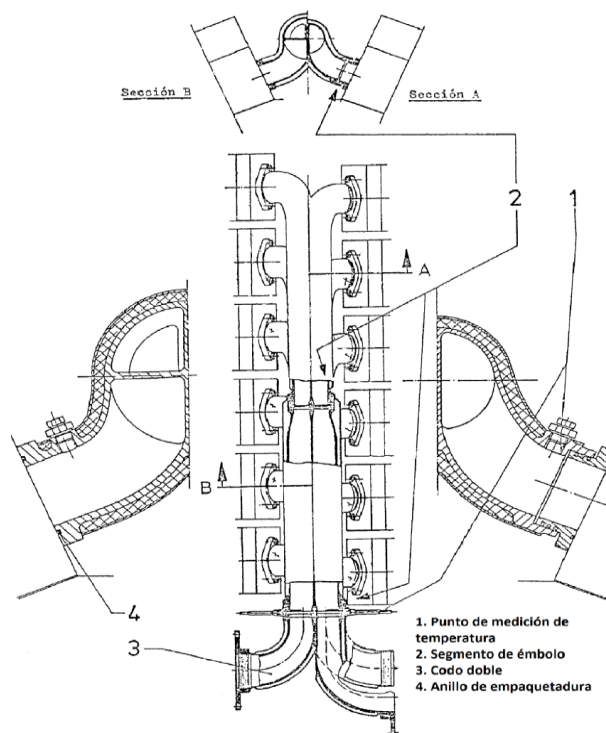


Figura 3.27 Tubería de gas de escape

- Sistema de control.

Los sistemas de control son aquellos elementos que tienen como función controlar el buen funcionamiento de la máquina. Estos elementos pueden ser termómetros, controladores de presión, controladores de revoluciones, etc.

Uno de los elementos más importantes en este sistema es el controlador de la presión de aceite. Este dispositivo tiene como objetivo parar el motor automáticamente en caso de que la presión de aceite en el circuito descienda hasta valores mínimos.

Otro de los elementos más importantes es el regulador Woodward. Este regulador es el encargado de regular la velocidad hidráulicamente. El regulador funciona con el aceite del motor, aunque también puede tener un pequeño tanque de aceite incorporado.

El regulador es de simple efecto, es decir, utiliza la presión del aceite en una sola dirección. Para controlar las revoluciones, el regulador tiene un muelle que desplaza el varillaje de control del combustible.

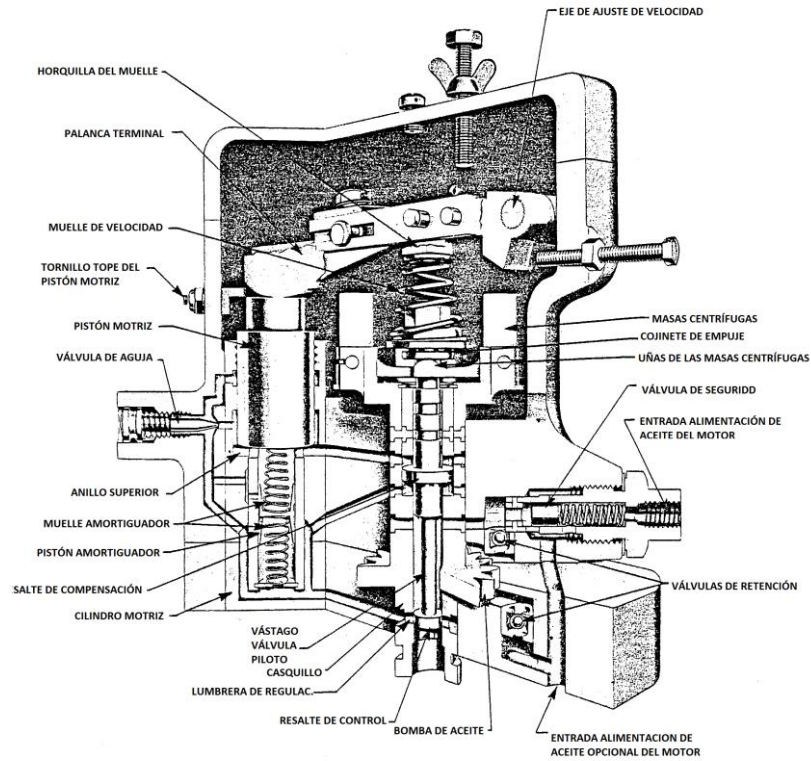


Figura 3.28 Regulador Woodward

4 DESARROLLO Y RESULTADOS

Como se ha mencionado anteriormente, este motor es un motor auxiliar generador, es decir, que el uso que se le da en la Escuela Naval Militar es muy reducido. Solo se enciende después de un periodo largo en el que ha estado parado. Esto se hace para comprobar su funcionamiento y para los mantenimientos que se le debe de realizar.

Al tener poco uso el motor, el mantenimiento que se ejerce sobre el motor también es prácticamente nulo. Los únicos mantenimientos de importancia que se realiza por el personal de la Escuela Naval es la comprobación de los filtros de gasolina y de aceite, realizar un análisis de aceite cada cierto tiempo y comprobar su correcto funcionamiento cada vez que se arranca.

Con lo cual, para realizar el plan de mantenimiento se han tenido en cuenta los motores similares que la Armada lleva incorporado en sus buques, ya que estos tienen más horas de funcionamiento que el motor generador de la Escuela Naval. Estos motores son los que se utilizan como generador en el patrullero Tabarca, en las Corbetas o en el Juan Carlos I.

En la mayoría de los casos las únicas diferencias que existen entre el motor generador de la Escuela Naval y el de algunos buques de la armada son el número de cilindros, el cual en el motor del presente trabajo tiene 12 cilindros y los situados en los buques, que suelen tener entre 16 y 18 cilindros.

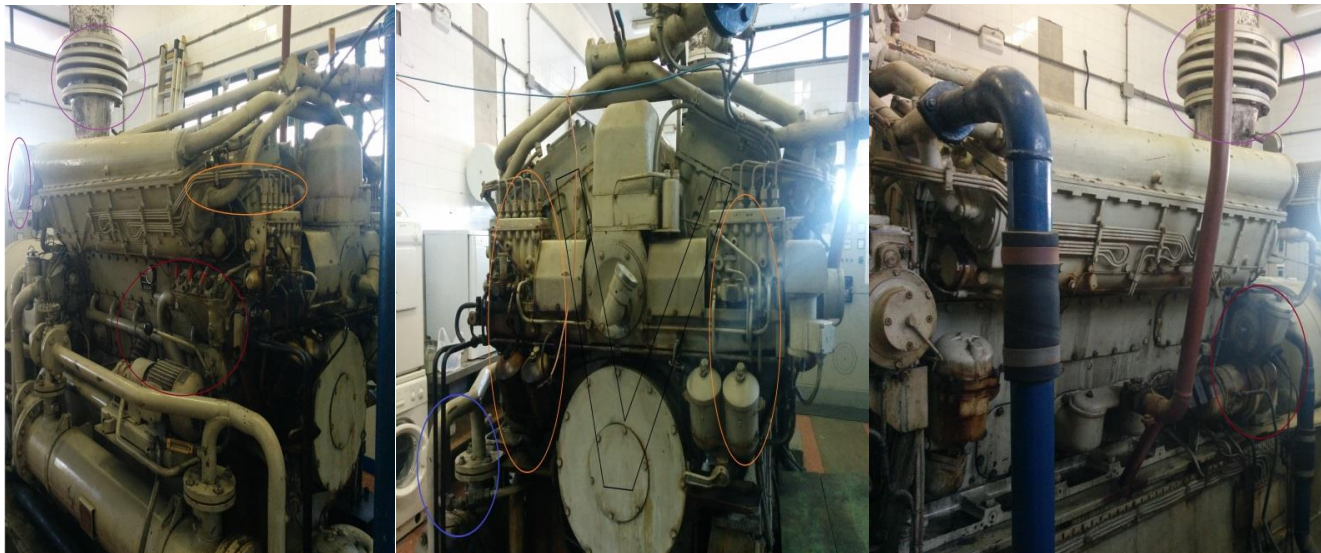
Otra de las diferencias es el sistema de refrigeración que como se ha explicado anteriormente, en los motores de los buques la refrigeración es de circuito cerrado con intercambiador térmico, es decir, el agua de refrigeración es refrigerada por el agua de mar la cual se va recogiendo y expulsando continuamente mientras el motor funcione. En cambio el motor auxiliar generador al estar situado en tierra es muy difícil que el agua de refrigeración se refrigere por el agua de mar, con lo cual esta refrigeración se realiza mediante el intercambio térmico con el aire generado por un ventilador.

Además para la realización de la gama de limpieza, la gama de mantenimiento, averías frecuentes y elementos críticos se va a realizar una tabla en la que el motor se dividirá en 8 sistemas y cada sistema se dividirá en los elementos que lo componen. Esto hará más fácil la identificación del elemento y su situación en el motor.

En la tabla siguiente se muestran las características del motor.

FICHA DE MÁQUINA

MOTOR BAZÁN-MAN V6V 16/18 TL



DATOS DE LA MAQUINA		ZONA DE LA MAQUINA
FABRICANTE	BAZÁN-MAN	S. General S. de admisión y de escape S. de control S. de agua de refrigeración S. de aceite lubricante S. de combustible S. de accionamiento S. de distribución
MODELO	V6V 16/18 TL	
AÑO DE FABRICACION	1985	
ARQUITECTURA	12 CILINDROS EN V	
CILINDRADA	43429 cc	
POTENCIA	960 CV	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	TURBO E INTERCOOLER	
DIAMETRO×CARRERA (mm)	160×180	
Nº DE VÁLVULAS DE ADMISIÓN POR CILINDRO	2	
Nº DE VÁLVULAS DE ESCAPE POR CILINDRO	2	
ORDEN DE ENCENDIDO	A1-B6-A4-B3-A2-B5-A6-B1-A3-B4-A5-B2	S. de distribución
REVOLUCIONES DE GIRO	1200 r.p.m	

Tabla 4.1 Ficha del motor

4.1 Gama de limpieza.

La gama de limpieza es un mantenimiento que se debe de realizar diariamente para evitar la aparición de averías y que por si algún casual haya alguna, poder encontrarla antes de que se produzca una situación más grave.

Este plan de limpieza establece los equipos que se deben de revisar o mantener y como se debe de realizar dicho mantenimiento. Además, establece los equipos que se deben de usar para que el operador que realiza el mantenimiento no tenga ningún percance.

La gama de limpieza asigna elementos del motor al personal que debe de mantener el equipo y lo hace responsable, además debe de establecer los equipos necesarios para poder realizar dicho mantenimiento.

PLAN DE LIMPIEZA DIRIGIDA			
MOTOR BAZAN-MAN V6V 16/18TL			
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	MEDIOS	EPI
S. General	Escucha de los ruidos de marcha.		GAFAS
S. General	Control de los conductos del motor a estanqueidad.	VISUAL	GUANTES Y GAFAS
S. General	Control desaireación bloque motor.	VISUAL	GUANTES Y GAFAS
S. de admisión y escape	Determinación del color de los gases de escape.	VISUAL	GUANTES Y GAFAS
S. de control	Control r.p.m. motor, temperaturas y presiones de operación.	VISUAL	GAFAS
S. de agua de refrigeración	Bomba de agua de refrigeración sin fugas.	VISUAL, TRAPO	GUANTES Y GAFAS
S. de agua de refrigeración	Control de nivel agua refrigerante.	VISUAL	GUANTES
S. de agua de refrigeración	El codo de refrigeración sin cuarteamientos y sin fugas	VISUAL	GUANTES Y GAFAS
S. de aceite lubricante	Control de nivel de aceite motor.	VISUAL	GUANTES Y GAFAS
S. de aceite lubricante	Accionar algunas veces la palanca de carraca (manilla) del filtro de rendijas de aceite.	MANUAL	GUANTES Y GAFAS
S. de combustible	Accionar algunas veces la palanca de carraca (manilla) del prefiltro de combustible	MANUAL	GUANTES Y GAFAS
S. de combustible	Control de existencia de combustible.	VISUAL	GUANTES Y GAFAS
S. de combustible	Vaciar el depósito de fugas de combustible.	VISUAL, DESTORNILLADOR	GUANTES Y GAFAS
S. de distribución	La culata debe de realizar bien la estanqueidad	VISUAL	GUANTES Y GAFAS

Tabla 4.2 Gama de limpieza

4.2 Plan de Mantenimiento.

Los planes de mantenimientos son las actividades que se deben de realizar en una máquina, en unos tiempos predeterminados, para su buen funcionamiento y así evitar averías. También, el mantenimiento aumenta la vida útil del motor, haciendo que sea más eficiente.

A continuación se detallan los mantenimientos que se deben de realizar en cada sistema y en que periodos.

ELEMENTO DEL MOTOR	DESCRIPCIÓN	250 HORAS	500 HORAS	1000 HORAS	3000 HORAS	12000 HORAS
S. General	Control del varillaje de transmisión de regulación sobre su buena movilidad. Lubricar después de limpiarlo.					
S. General	Limpiar exteriormente la instalación motriz.					
S. General	Examinar el estado del acoplamiento elástico (control visual).					
S. General	Cambiar la grasa/aceite para la lubricación de los cojinetes del generador.					
S. General	Examinar los anillos colectores y escobillas del generador.					
S. General	Limpiar el filtro de desaireación del bloque de motor.					
S. General	Control de la alineación del motor.					
S. General	Desmontaje, reacondicionamiento y montaje de todos los componentes del motor					

Tabla 4.3 Plan de mantenimiento Sistema General

S. de agua de refrigeración	Tomar una muestra de agua de refrigeración y examinarla.					
S. de agua de refrigeración	Examinar el nivel del tanque de expansión de agua refrigerante.					
S. de agua de refrigeración	Limpiar el sistema de agua refrigerante cambiar los ánodos y renovar el agua de refrigeración.					
S. de agua de refrigeración	Control visual de las piezas, detectando grietas en eje y cambio de las juntas, retenes y cojinetes en bomba de agua refrigerante.					
S. de agua de refrigeración	Controlar el precalentamiento del agua de refrigeración de motor.					
S. de agua de refrigeración	Limpiar el tanque de expansión del agua de refrigeración de motor.					

Tabla 4.4 Plan de mantenimiento Sistema de agua de refrigeración

S. de control	Control de la presión del aire de carga.					
S. de control	Verificar los aparatos de vigilancia sobre su correcto funcionamiento.					
S. de control	Cambiar el termoelemento del aparato de regulación y mando.					

Tabla 4.5 Plan de mantenimiento Sistema de control

S. de admisión y escape	Con una marcha de inercia, controlar los ruidos de marcha del turbosobrealimentador.					
S. de admisión y escape	Limpiar filtro de aire, interior y exteriormente.					
S. de admisión y escape	Examinar el nivel de aceite en el filtro de aire por baño de aceite.					
S. de admisión y escape	Examinar la lubricación de la caja de balancines y taqués (control visual).					
S. de admisión y escape	Examinar la holgura de las válvulas y ajustarlas.					
S. de admisión y escape	Control de conductos de gases de escape en cuanto a obstrucciones.					
S. de admisión y escape	Control de la fijación de los tubos de escape.					
S. de admisión y escape	Control visual de la distribución de válvulas.					
S. de admisión y escape	Limpiar el desagüe de los tubos conductores del aire de carga.					
S. de admisión y escape	Culatas: control visual del quemador. Además deberá comprobarse que está completamente fijo en su alojamiento por medio del dispositivo de desmontaje					
S. de admisión y escape	Desmontar los conductos de llegada de aire y limpiarlos.					
S. de admisión y escape	Desmontar el filtro de aire y limpiar.					
S. de admisión y escape	Desmontar, limpiar y cambiar juntas en tuberías de gases de escape.					
S. de admisión y escape	Desmontar el turbosobrealimentador, despiezarlo y controlar la holgura de los rodamientos.					
S. de admisión y escape	Desmontar los balancines y examinarlos.					
S. de admisión y escape	Examinar los taqués de las válvulas sobre desgaste.					
S. de admisión y escape	Comprobar apriete del quemador en culatas.					
S. de admisión y escape	Desmontar las culatas, repasar los asientos de válvulas y rectificar las válvulas.					
S. de admisión y escape	Cambiar las juntas y anillos de estanqueidad para el paso de agua y aceite de las culatas.					
S. de admisión y escape	Reemplazar la empaquetadura de la precámara de las culatas.					

Tabla 4.6 Plan de mantenimiento Sistema de admisión y de escape

S. de accionamiento	Control de la imagen de rodadura de las camisas de cilindro.					
S. de accionamiento	Examinar las cabezas de los pistones sobre su estado.					
S. de accionamiento	Desmontar y examinar dos pistones y biela.					
S. de accionamiento	Desmontar dos camisas de cilindro, examinar las camisas y la cámara de agua de refrigeración en el bloque de motor.					

Tabla 4.7 Plan de mantenimiento Sistema de accionamiento

S. de aceite lubricante	Tomar una muestra de aceite de motor y examinarla.					
S. de aceite lubricante	Evacuar el fango de aceite del filtro de aceite y examinarlo sobre residuos metálicos.					
S. de aceite lubricante	Examinar el grueso de la capa de residuos en filtro centrífugo de aceite y limpiar el filtro.					
S. de aceite lubricante	Lubricar los puntos de lubricación del motor.					
S. de aceite lubricante	Cambiar el aceite de motor. Limpiar la bandeja.					
S. de aceite lubricante	Lavado del circuito de aceite de motor.					

Tabla 4.8 Plan de mantenimiento Sistema de aceite lubricante

S. de combustible	Limpiar el prefiltro de combustible.					
S. de combustible	Vaciar el filtro de combustible. Cambiar elementos filtrantes de papel y limpiar los cuerpos.					
S. de combustible	Desmontar los inyectores de combustible y examinarlos. En caso necesario cambiarlos (se recomienda reponerlos todos por los de repuesto, siendo enviados los desmontados a NAVANTIA-Motores o a un servicio oficial BOSCH para su reacondicionado).					
S. de combustible	Cambiar el elemento tubular del filtro de combustible.					
S. de combustible	Desmontar y examinar caudales y estanqueidad de la bomba de inyección de combustible.					
S. de combustible	Cambiar los anillos de estanqueidad de la bomba de inyección de combustible.					
S. de combustible	Control del acoplamiento de accionamiento de la bomba de inyección de combustible.					
S. de combustible	Limpiar tanque y verificar fugas en conductos de combustible.					

Tabla 4.9 Plan de mantenimiento del Sistema de combustible

S. de distribución	Control en estado montado (control visual) del tren de engranajes.					
--------------------	--	--	--	--	--	--

Tabla 4.10 Plan de mantenimiento del Sistema de distribución

Los mantenimientos W5 y W6 son mantenimientos que se tienen que realizar cada 3000 horas y cada 12000 horas.

Tareas a realizar tras después de un W5 o un W6:					
S. de aceite lubricante	Cambiar el aceite del motor.				
S. de aceite lubricante	Limpiar los filtros de aceite				
S. de combustible	Cambiar los cartuchos y limpiar los cuerpos de los filtros de combustible				
S. de admisión y escape	Examinar los tornillos y tuercas sobre su apriete en conducción de aire de aspiración				
S. de admisión y escape	Examinar los tornillos y tuercas sobre su apriete en instalación de conductos de escape				
S. General	Examinar los tornillos y tuercas sobre su apriete en apoyo del motor				
S. de distribución	Examinar la holgura de las válvulas, y en caso necesario ajustarlas de nuevo				

Tabla 4.11 Tareas a realizar después de un W5 o un W6

4.3 Averías frecuentes.

Este tipo de motores, al cabo de un tiempo comienzan a averiarse y normalmente suelen tener las mismas averías. Con lo cual, hay que identificar estos elementos más problemáticos y, cada vez que se ponga en marcha el motor, comprobar que funcionen correctamente y que no tengan ningún fallo como corrosión, desgaste o mal funcionamiento.

A continuación se describirán las averías frecuentes que se pueden encontrar en los distintos elementos y sistemas.

El sistema de refrigeración es el que más averías sufre. Estas averías se producen en los siguientes elementos: en la bomba de refrigeración, en los manguitos de refrigeración, en el radiador y en el tanque de expansión.

En la bomba de refrigeración se puede encontrar una pérdida de aceite por el testigo de acople entre los manguitos y la bomba centrífuga de refrigeración. Esta pérdida es producida por un fallo en el obturador de aceite. Normalmente esta avería se produce una vez al mes.

Otra de las averías que se encuentran en el sistema de refrigeración, como ya se ha mencionado antes, es la que se produce en los manguitos de refrigeración ya que existen pérdidas de agua de refrigeración en unos codos del circuito causado por la holgura que existe en el codo. Esta avería se produce cada mes.

En el radiador se tiene también una pérdida del agua de refrigeración ya que no existe una buena estanqueidad en el radiador. La avería se produce cada mes.

Otra de las averías encontradas en el sistema de refrigeración es la que está situada en el tanque de expansión. La avería consiste en un poro en el tanque producido por la corrosión que se produce en el elemento. Esta avería se produce normalmente cada año.

En el sistema de refrigeración existe una avería en los filtros de aceite, los cuales pierden aceite por el desgaste natural que se produce en los filtros.

El sistema de combustible también tiene una serie de averías frecuentes en los conductos de combustible producido por el desgaste natural de las mangueras de neopreno existentes en dicho circuito; y en el inyector de combustible el cual en el prefiltro el combustible no pasa con la cantidad requerida en el cilindro ya que se obstruye.

Otro de los elementos que suele tener averías es el motor de arranque situado en el sistema de arranque el cual tiene un mal funcionamiento por un fallo en la bobina.

En el sistema de distribución existe otra avería que suele aparecer cada año. Esta avería consiste en que la holgura de los balancines es excesiva.

LISTADO DE AVERÍAS				
MOTOR BAZÁN-MAN V6V 16/18 TL				
SISTEMA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CAUSA
S. refrigeración	Bomba de refrigeración	Pérdida aceite por testigo acople manguito-bomba refrigeración	1 vez/mes	Fallo obturador aceite
S. refrigeración	Manguitos de refrigeración	Pérdida codo agua refrigeración	1 vez/mes	Holgura codo
S. refrigeración	Radiador	Perdida de agua por radiador refrigeración	1 vez/mes	No hay estanqueidad
S. refrigeración	Tanque de expansión	Poro tanque expansión	1 vez/año	Corrosión
S. de accionamiento	Motor de arranque	Mal funcionamiento motor de arranque	1 vez/año	Fallo bobina
S. de combustible	Conducto de combustible	Obstrucción conducto aspiración gasoil	1 vez/mes	Gomas sueltas
S. de combustible	Conducto de combustible	Sustitución cuatro mangueras neopreno circuito combustible	1 vez/6años	Desgaste natural
S. de combustible	Inyector	Cilindro no recibe inyección combustible	1 vez/año	Prefiltro de combustible obstruido
S. de lubricación	Filtro de aceite	Pérdida de aceite junta filtro aceite	1 vez/mes	Desgaste natural
S. de distribución	Balancín	Holgura excesiva en los balancines del sistema de distribución	1 vez/año	Movimiento motor

Tabla 4.12 Listado de averías

4.4 Elementos críticos.

Los elementos críticos son aquellos elementos que habiendo estado con frecuencia en la lista de averías, siguen fallando con frecuencia y es necesario realizar un mantenimiento de estos elementos en profundidad.

4.4.1 Bomba de inyección.

Las bombas de inyección se encargan de elevar la presión en los inyectores para que el combustible salga pulverizado con la cantidad necesaria y en el momento preciso.

Para su buen funcionamiento hay que evitar que la bomba se obstruya y que su accionamiento esté perfectamente sincronizado con el movimiento del árbol de levas.

Para evitar una avería por obstrucción es necesario revisar la estanqueidad de la bomba de inyección y los filtros de aspiración de la bomba de combustible.

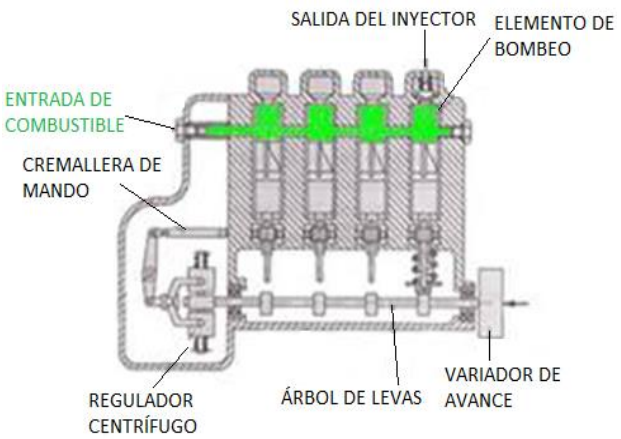
FICHA DE ELEMENTOS CRITICOS	
MAQUINA	MOTOR BAZAN-MAN V6V 16/18 TL
ELEMENTO: BOMBA DE INYECCIÓN	
	
DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	
Se encargan de elevar la presión en los inyectores para que el combustible salga pulverizado con la cantidad necesaria y en el momento preciso.	
CONDICIONES BASICAS	
Hay que evitar que la bomba se obstruya y que su accionamiento esté perfectamente sincronizado con el movimiento del árbol de levas.	
ACCIONES PREVENTIVAS	AVERÍAS MÁS HABITUALES
Revisar la estanqueidad de la bomba de inyección y revisar filtros de aspiración de la bomba de combustible	Obstrucción

Tabla 4.13 Ficha de la bomba de inyección

4.4.2 Mecanismo de válvulas.

El mecanismo de válvulas es el encargado de que las válvulas se abran con el movimiento del árbol de levas. Este movimiento se realiza a través de unos elementos mecánicos.

Para que el mecanismo de válvulas funcione correctamente se debe de comprobar que todos los componentes funcionen a la perfección y que aquellos elemento no móviles permanezcan fijos ya que podrían cambiar el ciclo térmico y con esto disminuir la vida del motor.

Las vibraciones del motor producen que el mecanismo de válvulas no funcione correctamente, con lo cual se deberá de revisar que los elementos están bien apretados.

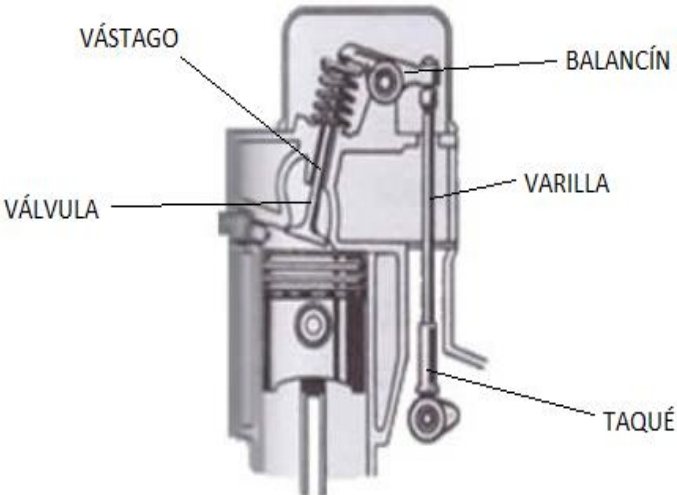
FICHA DE ELEMENTOS CRITICOS	
MAQUINA	MOTOR BAZAN-MAN V6V 16/18 TL
ELEMENTO: MECANISMO DE VÁLVULAS	
	
DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	
Encargado de que las válvulas se abran con el movimiento del árbol de levas. Este movimiento se realiza a través de unos elementos mecánicos.	
CONDICIONES BASICAS	
Comprobar que todos los componentes funcionen a la perfección y que los elemento no móviles permanezcan fijos	
ACCIONES PREVENTIVAS	AVERÍAS MÁS HABITUALES
Revisión de la estanqueidad de los distintos componentes	Holguras producidas por las vibraciones del motor que modifican su funcionamiento

Tabla 4.14 Ficha del mecanismo de válvulas

4.4.3 Bomba de agua de refrigeración.

La bomba de refrigeración se encarga de dar presión al circuito de refrigeración para que pueda circular por el motor sin ningún problema.

Para que funcione correctamente es necesario que los engranajes estén en perfectas condiciones, que haya una buena estanqueidad y que exista un acople perfecto entre la bomba de refrigeración y el motor.

Uno de los grandes problemas que puede tener es que sufra un calentamiento (o como se dice vulgarmente que se “gripe”) causado por algún cuerpo extraño que se haya podido introducir en el circuito. Para evitar esto es aconsejable que se revise su estanqueidad periódicamente.

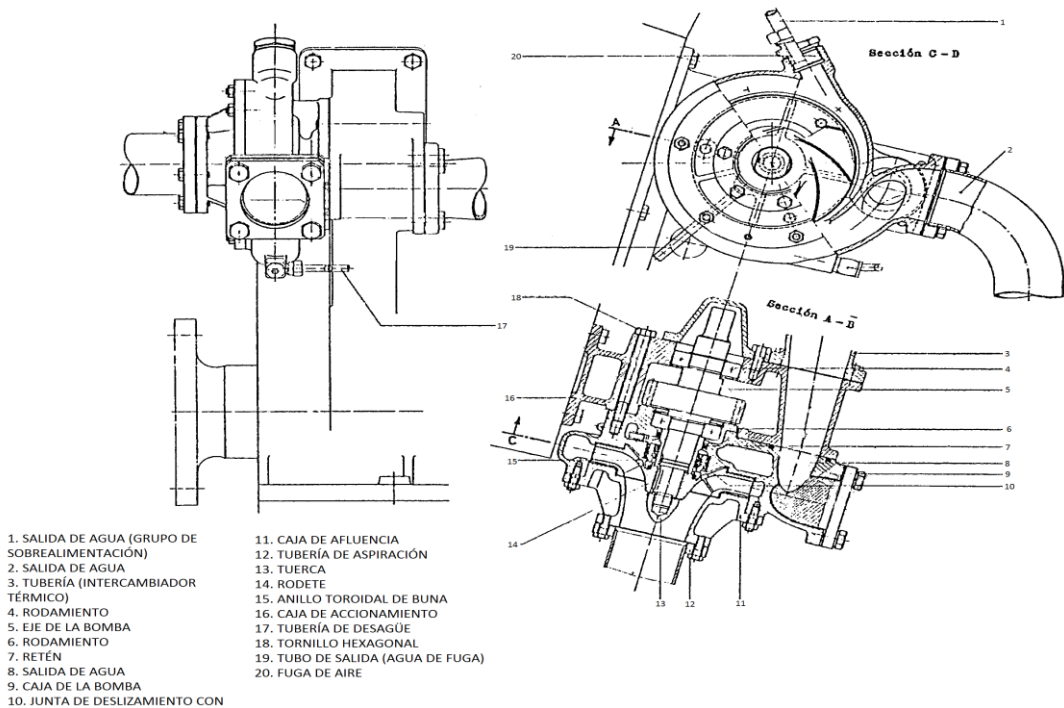
FICHA DE ELEMENTOS CRITICOS	
MAQUINA	MOTOR BAZAN-MAN V6V 16/18 TL
ELEMENTO: BOMBA CENTRÍFUGA	
 1. SALIDA DE AGUA (GRUPO DE SOBREALIMENTACIÓN) 2. SALIDA DE AGUA 3. TUBERÍA (INTERCAMBIADOR TÉRMICO) 4. RODAMIENTO 5. EJE DE LA BOMBA 6. RODAMIENTO 7. RETÉN 8. SALIDA DE AGUA 9. CAJA DE LA BOMBA 10. JUNTA DE DESLIZAMIENTO CON 11. CAJA DE AFLUENCIA 12. TUBERÍA DE ASPIRACIÓN 13. TUERCA 14. RODETE 15. ANILLO TOROIDAL DE BUNA 16. CAJA DE ACCIONAMIENTO 17. TUBERÍA DE DESAGÜE 18. TORNILLO HEXAGONAL 19. TUBO DE SALIDA (AGUA DE FUGA) 20. FUGA DE AIRE	
DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	
Se encarga de dar presión al circuito de refrigeración para que pueda circular por el motor sin ningún problema.	
CONDICIONES BASICAS	
Engranajes en perfectas condiciones, buena estanqueidad y acople perfecto entre bomba de refrigeración y motor.	
ACCIONES PREVENTIVAS	AVERÍAS MÁS HABITUALES
Revisión de la estanqueidad de los distintos componentes	Perdida de agua y "gripado"

Tabla 4.15 Ficha de la bomba centrífuga

4.4.4 Inyector de combustible.

La función de los inyectores de combustible es de introducir el combustible de forma pulverizada y con la cantidad precisa a los cilindros del motor.

Uno de los problemas que puede tener el que se obstruya el inyector. Para evitar esto, es aconsejable que se realice la revisión de los filtros y de las mangueras de neopreno, y si estuviesen estropeadas, realizar su cambio.

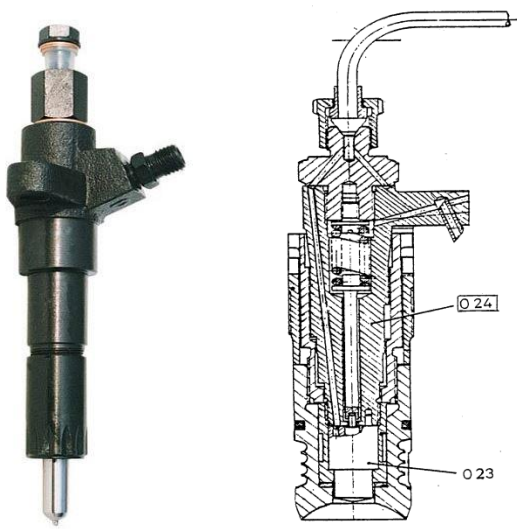
FICHA DE ELEMENTOS CRITICOS	
MAQUINA	MOTOR BAZAN-MAN V6V 16/18 TL
ELEMENTO: INYECTOR DE COMBUSTIBLE	
	
DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	
Introducir el combustible de forma pulverizada y con la cantidad precisa a los cilindros del motor.	
CONDICIONES BASICAS	
Inyectores sin obstrucción y correctamente alimentado por la bomba de inyección	
ACCIONES PREVENTIVAS	AVERÍAS MÁS HABITUALES
Revisión de los filtros y mangueras de neopreno, con posibilidad de cambiarlos	Obstrucción del inyector

Tabla 4.16 Ficha del inyector de combustible

4.4.5 Motor de arranque.

El motor de arranque es el encargado de realizar las primeras combustiones en los motores ya que necesita vencer la resistencia inicial que tienen los elementos del motor al estar fríos.

El problema que tiene el motor eléctrico es que algunos de sus elementos rozan debido a la humedad. Además, la alimentación de tensión es defectuosa. Las medidas a tomar para que no se produzcan estas averías son revisar las baterías del motor con frecuencia y la estanqueidad frente a la humedad.

FICHA DE ELEMENTOS CRITICOS	
MAQUINA	MOTOR BAZAN-MAN V6V 16/18 TL
ELEMENTO: MOTOR DE ARRANQUE	
	
DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	
Encargado de realizar las primeras combustiones porque necesita vencer la resistencia inicial	
CONDICIONES BASICAS	
Circuito eléctrico aislado y alimentado de tal manera que permita el giro del motor	
ACCIONES PREVENTIVAS	AVERÍAS MÁS HABITUALES
Revisar las baterías del motor con frecuencia y la estanqueidad frente a la humedad	Rozamiento debido a la húmeda. Alimentación de tensión defectuosa

Tabla 4.17 Ficha del motor de arranque

4.4.6 Tanque de expansión.

El tanque de expansión es el dispositivo encargado de controlar las presiones que se producen en el líquido de refrigeración al aumentar el volumen y cambiar la temperatura.

El problema que tiene este dispositivo son los poros que aparecen en las paredes a causa de los ataques químicos que se pueden producir en su interior debido a la corrosión del fluido. Con el objetivo de evitar que este dispositivo se averíe frecuentemente es necesario que se vigile por si hay alguna corrosión o ataque químico en el dispositivo que se extienda.

FICHA DE ELEMENTOS CRITICOS	
MAQUINA	MOTOR BAZAN-MAN V6V 16/18 TL
ELEMENTO: TANQUE DE EXPANSIÓN	
	
DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	
Encargado de controlar las presiones que se producen en el líquido de refrigeración al aumentar el volumen y cambiar la temperatura	
CONDICIONES BASICAS	
Debe de estar limpio y protegido de ataques químicos	
ACCIONES PREVENTIVAS	AVERÍAS MÁS HABITUALES
Revisar y vigilar la existencia de cualquier corrosión y de ataques químicos	Poros a causa de ataques químicos

Tabla 4.18 Ficha del tanque de expansión

4.4.7 Codo de refrigeración.

El codo de refrigeración es un tubo metálico que tiene como objetivo conducir el agua de refrigeración.

El problema que se produce en el codo es la pérdida de agua por las juntas a causa de una mala estanqueidad. Para evitar que se produzca este problema se debe de revisar la estanqueidad de las juntas y revisar el agua de refrigeración, ya que puede tener partículas que no se hayan filtrado.

Si por algún casual se avería el codo de refrigeración, se tienen 2 repuestos para poder cambiarlo y así hacer que el agua de refrigeración llegue a todas las partes del motor.

FICHA DE ELEMENTOS CRITICOS	
MAQUINA	MOTOR BAZAN-MAN V6V 16/18 TL
ELEMENTO: CODO DE REFRIGERACIÓN	
	
DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	
Tubo metálico que tiene como objetivo conducir el agua de refrigeración	
CONDICIONES BASICAS	
Sin fisuras	
ACCIONES PREVENTIVAS	AVERÍAS MÁS HABITUALES
Revisar la estanqueidad de las juntas y revisar el agua de refrigeración, ya que puede tener partículas que no se hayan filtrado.	Perdida de agua por las juntas a causa de una mala estanqueidad

Tabla 4.19 Ficha del codo de refrigeración

4.5 Repuestos.

Como se mencionó anteriormente, el uso de este motor es muy reducido, con lo que los repuestos de las piezas del motor que debe de tener no son muchos.

En la actualidad, se ha pedido una serie de repuestos para realizar unos mantenimientos específicos, puesto que no se tiene ningún repuesto para realizar dichos mantenimientos.

TEXTO BREVE-OBJETO	CANTIDAD
TOMA MUESTRA ACEITE	1
BOTELLA COMPLETA TOMAS	2
BOTELLA TOMA MUESTRA	2
BOLSA DE PLASTICO	2
ETIQUETA ADHESIVA	2
FICHA ANALISIS ACEITE	2
FICHA ANALISIS AGUA	2
TOMA MUESTRA AGUA	1
BOTELLA COMPLETA TOMAS	2
BOTELLA TOMA MUESTRA	2
BOLSA DE PLASTICO	2
ETIQUETA ADHESIVA	2
FICHA ANALISIS ACEITE	2
FICHA ANALISIS AGUA	2
LIMPIAR LODO FILTRO ACEITE	1
CARTUCHO FILTRANT RESP	1
JUEGO JUNTAS PARA FILT	1
LIMPIAR FILTRO CENTRIFUGO ACEITE	1
PAPEL FILTRANTE	1
KIT JUNTAS	1
VERIFICAR LUBRICACION BALANCINES	12
FRISA	12
FRISA	12
ANILLO DE ESTANQUEIDAD	12
FRISA	48
VERIFICAR HOLGURA VALVULA	12
FRISA	12
FRISA	48
ANILLO DE ESTANQUEIDAD	12
ANILLO DE ESTANQUEIDAD	12
LIMPIAR FILTRO COMBUSTIBLE	1
CARTUCHO FILTRO COMBU.	2
FRISA ANULAR DIN7603-A10X16-CU	2
FRISA ANULAR	10
FRISA ANULAR DIN7603-A14X20-CU	1

FRISA ANULAR DIN7603-A18X22-CU	4
FRISA	2
CONTROLAR TUBOS ESCAPE	12
FRISA-ONDACAR	12
FRISA ANULAR	12
LIMPIAR FILTRO DESAIR. MAN 16-18 V6 Y V8	1
ANILLO DE ESTANQUEIDAD	3
FRISA	2
FRISA ANULAR DIN7603-A10X16-CU	16
RELLENO FILTRO	1
TUBO DE NYLON	6,4
TOMAR UNA MUESTRA DE COMBUSTIBLE	1
BOTELLA COMPLETA MUESTRA DE COMBUSTIBLE	1
FICHA ANALISIS COMBUST	1
ETIQUETA ADHESIVA	1
BOTELLA TOMA DE MUESTRAS	1
ETIQUETA ADHESIVA DE PELIGRO 100X100 MM	1
ETIQUETA ADHESIVA DE PELIGRO 30X30 MM	1
ETIQUETA ADHESIVA DE FLECHAS ORIENTACION	1
BOLSA DE PLASTICO	1

Tabla 4.20 Listado de pedido de repuestos

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones.

Este trabajo refleja el plan de mantenimiento autónomo desarrollado para el motor Bazán-Man V6V 16/18 TL. Como este motor carencia hasta la fecha de historial de mantenimiento y averías, se ha buscado la colaboración de la Escuela Naval para poder realizar su plan de mantenimiento, la cual ha proporcionado toda la información disponible.

En primer lugar, este trabajo ha servido para familiarizarse con los motores Diésel de uso naval, estudiando las diversas partes y sistemas que lo componen.

Se ha desarrollado un plan de mantenimiento autónomo, basado en los mantenimientos elaborados por la experiencia del manejo de este motor y en los mantenimientos que le corresponden originalmente a los motores de este tipo, ya que el mantenimiento de este motor era escaso a causa del uso reducido que se realiza por parte de la Escuela Naval.

Este documento simplificado permite una primera toma de contacto con este motor en concreto, y sirve de resumen del manual técnico del motor, además de proporcionar la información relativa a su plan de mantenimiento que puede ser revisado por cualquier operario de mantenimiento que sea destinado a tal fin. Y así conseguir una mayor eficiencia y conseguir una mayor vida útil en cuanto a operatividad del motor.

A partir de este documento se podrá elaborar el historial de mantenimiento de este motor, del que carecía hasta ahora.

Por último, la realización de este plan ha servido para detectar los elementos críticos de los motores similares a este, que recibirán una mayor atención en las revisiones posteriores.

También, se ha detectado la ausencia de cualquier repuesto para la realización del mantenimiento. Por lo tanto, se ha colaborado con el personal de mantenimiento del motor para elaborar una lista de pedidos para realizar los mantenimientos.

5.2 Líneas futuras.

Para seguir realizando un adecuado mantenimiento en el motor, se deberá actualizar el plan de mantenimiento periódicamente, ya que pueden aparecer otras averías que no están contempladas en la lista de averías frecuentes y/o aparecer nuevos elementos críticos.

Otra de las líneas futuras constituye es el estudio de la eficiencia del intercooler de este motor, ya que en la actualidad no enfría el aire, sino que lo calienta. Esto es causado por que se usa el agua de refrigeración que ya se ha utilizado en el motor (agua caliente) para enfriar los gases, con lo cual pierde rendimiento y podrían aparecer otras averías. Otro elemento a estudiar sería el electroventilador, ya que funciona de manera continua.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Puig Novell, «Mantenimiento e Ingeniería. Instalaciones Industriales,» 2013. [En línea]. Available: <http://puigenginyindustrial.blogspot.com.es/2013/07/historia-del-mantenimiento-industrial.html>.
- [2] «MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO EN PLANTAS, [En línea]. Available: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9686/tesisUPV3387.pdf>.
- [3] «<http://www.pdcahome.com/tqm/>,» [En línea].
- [4] E. J. Hay y M. Cárdenas, Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva, Norma, 2003.
- [5] Navarro, Gestión Integral de Mantenimiento, Marcombo, 1997.
- [6] Mantenimiento en la Armada, 1982.
- [7] D. Giacosa, Motores endotérmicos, Omega.
- [8] BAZÁN, Manual técnico: Motor diesel vv 16/18. Instrucciones de manejo.
- [9] D. C. Mesas, Motores de combustión interna, Barcelona: Graficas Benaiges, 1995.
- [10] « <http://www.fierrosclasicos.com/los-cilindros-y-las-camisas/>,» [En línea].
- [11] «Distribución,» [En línea]. Available: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/distribucion.pdf>.