



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA

CARRERA LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN
CIENCIAS NAVALES**

AUTOR

CHRISTOPHER GERARDO PEÑARRETA VALLES

TEMA

**LA OPERATIVIDAD DEL MOTOR MTU Y SU CONTRIBUCIÓN A LA
INSTRUCCIÓN PRÁCTICA DE LOS GUARDIAMARINAS EN EL
LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL DE LA ESCUELA SUPERIOR
NAVAL "CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE"**

DIRECTOR

CPFG-EMS JULIO RICARDO ORTIZ MELO

SALINAS, DICIEMBRE DEL 2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo realizado por el estudiante Christopher Gerardo Peñarreta Valles cumple con las normas metodológicas establecidas por la Universidad de la Fuerzas Armadas – ESPE, y se ha desarrollado bajo mi supervisión, observando el rigor académico y científico que la Institución demanda para trabajos de titulación, por lo cual autorizo se proceda con el trámite legal correspondiente.

Salinas, 08 de Diciembre del 2014

Atentamente

CPFG-EMS JULIO RICARDO ORTIZ MELO
Director de Tesis

DECLARACIÓN EXPRESA

El suscrito, Christopher Gerardo Peñarreta Valles, declaro por mis propios y personales derechos, con relación a la responsabilidad de los contenidos teóricos y resultados procesados, que han sido presentados en formato impreso y digital en la presente investigación, cuyo título es: “La operatividad del motor MTU y su contribución a la instrucción práctica de los Guardiamarinas en el Laboratorio de Maquinaria Naval de la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”, son de mi autoría exclusiva, que la propiedad intelectual de los autores consultados, ha sido respetada en su totalidad y, que el patrimonio intelectual de este trabajo le corresponde a la Universidad de la Fuerzas Armadas - ESPE.

Christopher Gerardo Peñarreta Valles

Autor

AUTORIZACIÓN

Yo, Christopher Gerardo Peñarreta Valles

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, la publicación en la biblioteca de la institución de la Tesis titulada: “La operatividad del motor MTU y su contribución a la instrucción práctica de los Guardiamarinas en el Laboratorio de Maquinaria Naval de la Escuela Superior Naval Cmdte. Rafael Morán Valverde”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Salinas, a los 08 días del mes de Diciembre del año 2014

Christopher Gerardo Peñarreta Valles

Autor

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo principalmente a Dios
por haberme dado la fuerza y fortaleza necesaria
para terminar este largo crucero
abordo del Claustro Heroico
y lograr un éxito muy importante en mi vida profesional.

A mis padres Ángel Peñarreta y Mónica Valles,
por su apoyo incondicional durante toda mi vida,
que me supieron guiar de una manera correcta
con buenos valores y principios,
y quienes en todo este tiempo sin duda
han estado ahí en los momentos en los que más he necesitado
con su apoyo moral
y dándome ánimos para salir adelante.

Christopher Peñarreta Valles

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado valor y fuerza necesaria para cumplir las exigencias diarias de esta carrera,

A mis padres porque son los seres que me dieron la vida, que siempre están allí sin ningún interés y sin esperar retribución alguna por todo su apoyo, y que durante estos cuatro años han estado pendientes de todo brindándome su amor y comprensión.

A mi familia y amigos que han estado allí pendientes de mi progreso dándome alientos para seguir adelante.

A la Escuela Superior Naval, noble institución la cual ha fortalecido todos mis valores y me ha formado como un ser humano íntegro capaz de desempeñarse de una manera correcta en la carrera naval.

ÍNDICE GENERAL

Preliminares	Pág.
Portada externa	
Portada interna	i
Certificación	ii
Declaración Expresa	iii
Autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras	xii
Índice de Cuadros.....	xiv
Índice de Gráficos	xv
Índice de Anexos	xv
Resumen	xvi
Abstract.....	xvii
Introducción	xviii
CAPITULO I.....	1
LA OPERATIVIDAD DEL MOTOR MTU Y SU CONTRIBUCIÓN A LA INSTRUCCIÓN DE LOS GUARDIAMARINAS EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 GENERAL.....	3

1.4.2	ESPECÍFICOS.....	4
1.5	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	4
1.5.1	HIPÓTESIS.....	4
1.5.2	VARIABLES.....	4
CAPÍTULO II	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1	BANCO DIDÁCTICO.....	5
2.2	MOTORES SEGÚN SU COMBUSTIÓN.....	5
2.2.1	MOTOR DE COMBUSTIÓN EXTERNA.....	5
2.2.2	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	6
2.3	MOTORES SEGÚN LA IGNICIÓN O ENCENDIDO.....	7
2.3.1	ENCENDIDO POR CHISPA.....	7
2.3.2	POR COMPRESIÓN.....	7
2.4	MOTORES SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS... ..	8
2.4.1	CILINDROS EN LÍNEA.....	8
2.4.2	CILINDROS OPUESTOS.....	8
2.4.3	CILINDROS EN “W”.....	9
2.4.4	CILINDROS EN “V”.....	9
2.5	CICLOS DEL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS.....	10
2.5.1	ADMISIÓN.....	11
2.5.1.1	COMPRESIÓN.....	11
2.5.1.2	COMBUSTIÓN Y EXPANSIÓN.....	12
2.5.1.3	ESCAPE.....	12
2.6	ESTRUCTURA BÁSICA DE UN MOTOR.....	13
2.6.1	EL CABEZOTE.....	13
2.6.2	EL BLOQUE.....	14
2.6.3	EL CÁRTER.....	15

2.7	PARTES FUNDAMENTALES DE UN MOTOR.....	16
2.7.1	EL CIGÜEÑAL.....	16
2.7.2	EL PISTÓN.....	17
2.7.3	SEGMENTOS.....	17
2.7.3.1	DE COMPRESIÓN O FUEGO.....	18
2.7.3.2	DE LUBRICACIÓN.....	18
2.7.4	BIELA.....	18
2.7.4.1	BIELAS AHORQUILLADAS.....	19
2.7.4.2	BIELAS ARTICULADAS.....	19
2.7.4.3	BIELAS CONJUGADAS.....	20
2.7.5	VOLANTE.....	21
2.7.6	ÁRBOL DE LEVAS.....	21
2.7.7	EL BALANCÍN.....	22
2.7.7.1	BALANCINES OSCILANTES.....	23
2.7.7.2	BALANCINES BASCULANTES.....	23
2.7.8	VÁLVULAS.....	24
2.7.8.1	SISTEMA SV (SIDE VALVES).....	24
2.7.8.2	SISTEMA OHC (OVERHEAD CAM).....	25
2.7.8.3	SISTEMA OHV (OVERHEAD VALVE).....	25
2.7.9	INYECTOR.....	26
2.7.10	MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	26
2.7.11	MÚLTIPLE DE ESCAPE.....	27
2.7.12	FILTRO DE ACEITE.....	27
	CAPÍTULO III.....	28
	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.1.1	DOCUMENTAL.....	28

3.1.2	DESCRIPTIVA.....	28
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.3	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	28
3.3.1	ENCUESTA	28
3.3.2	ANÁLISIS.....	29
3.3.3	OBSERVACIÓN	29
3.4	MÉTODOS UTILIZADOS	29
3.4.1	HISTÓRICO.....	29
3.4.2	ANALÍTICO.....	29
3.5	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	29
3.5.1	ANÁLISIS DE LA ENCUESTA.....	29
CAPÍTULO IV		36
PROPUESTA PARA LA HABILITACIÓN Y SECCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN EL LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”		36
4.1	JUSTIFICACIÓN	36
4.2	OBJETIVO DE LA PROPUESTA	36
4.3	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	37
4.3.1	INSPECCIÓN TÉCNICA.....	37
4.3.2	MANTENIMIENTO.....	42
4.3.3	MONTAJE DE PARTES	47
4.3.4	PRUEBAS REALIZADAS	50
4.3.4.1	PRIMERA PRUEBA	51
4.3.4.2	SEGUNDA PRUEBA.....	51
4.3.4.3	TERCERA PRUEBA	52
4.3.4.4	CUARTA PRUEBA.....	53
4.3.4.5	QUINTA PRUEBA.....	54

4.3.4.6	SEXTA PRUEBA.....	54
4.3.4.7	SÉPTIMA PRUEBA.....	54
4.3.5	SECCIONAMIENTO	54
4.3.5.1	DISPOSICIÓN DE CILINDROS	55
4.3.5.2	TREN DE ENGRANAJE.	56
4.3.5.3	SECCIONAMIENTO DEL CIGÜEÑAL	57
4.3.5.4	SECCIONAMIENTO DE LA BIELA	58
4.3.5.5	SECCIONAMIENTO DEL PISTÓN	59
4.3.5.6	SECCIONAMIENTO DEL CABEZOTE	60
4.3.5.7	SECCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA.....	61
4.3.5.8	SECCIONAMIENTO DEL FILTRO DE ACEITE CENTRÍFUGO	62
4.3.6	CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO	63
4.3.7	LIMITACIONES AL MANTENIMIENTO DEL MOTOR.....	65
	CONCLUSIONES	66
	RECOMENDACIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	68
	ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Motor de combustión externa	6
Figura 2.2. Motor de combustión interna	6
Figura 2.3. Encendido por chispa	7
Figura 2.4. Encendido por compresión	7
Figura 2.5. Motor en "Línea"	8
Figura 2.6. Motor con cilindros opuestos	9
Figura 2.7. Motor en "W"	9
Figura 2.8. Motor en "V"	10
Figura 2.9. Disposición de cilindros en motor estudiado	10
Figura 2.10. Fase de Admisión	11
Figura 2.11. Fase de Compresión	11
Figura 2.12. Fase de Combustión y Expansión	12
Figura 2.13. Fase de Escape	12
Figura 2.14. Estructura del motor	13
Figura 2.15. El Cabezote	14
Figura 2.16. Bloque de motor MTU	15
Figura 2.17. El Cárter	15
Figura 2.18. El Cigüeñal	16
Figura 2.19. El Pistón	17
Figura 2.20. Segmentos del pistón	18
Figura 2.21. Bielas Ahorquilladas	19
Figura 2.22. Bielas Articuladas	19
Figura 2.23. Bielas Conjugadas	20
Figura 2.24. Biela del motor estudiado	20
Figura 2.25. El Volante	21
Figura 2.26. El Árbol de levas	22
Figura 2.27. El Balancín	22
Figura 2.28. Balancín oscilante	23
Figura 2.29. Balancín basculante	23
Figura 2.30. Válvula de admisión/escape	24

Figura 2.31. Sistema de válvulas SV	24
Figura 2.32. Sistema de válvulas OHC	25
Figura 2.33. Sistema de válvulas OHV	25
Figura 2.34. El Inyector	26
Figura 2.35. Múltiple de admisión	26
Figura 2.36. Múltiple de escape	27
Figura 2.37. Filtro de aceite	27
Figura 4.1. Estado inicial del motor	37
Figura 4.2. Cabezote y Tapas de cabezote	38
Figura 4.3. Pistón botado	38
Figura 4.4. Cabezote corroído	39
Figura 4.5. Múltiple de escape	39
Figura 4.6. Múltiples y Enfriador de aire	40
Figura 4.7. Diferentes piezas	40
Figura 4.8. Bomba de combustible y enfriador de aceite	41
Figura 4.9. Piezas recolectadas	41
Figura 4.10. Sistema de Fuerza desmontado	42
Figura 4.11. Verificación en el interior del bloque	42
Figura 4.12. Extracción de sombreros	43
Figura 4.13. Desmontaje de Pistón	43
Figura 4.14. Limpieza del bloque	44
Figura 4.15. Lubricación de cilindros	44
Figura 4.16. Limpieza del cabezote	45
Figura 4.17. Cepillado del exterior de los cabezotes	45
Figura 4.18. Limpieza de residuos en el cabezote	46
Figura 4.19. Pintada de cabezotes	46
Figura 4.20. Reparación de la base del sistema de fuerza	47
Figura 4.21. Montaje de Pistones	47
Figura 4.22. Colocación de la base	48
Figura 4.23. Montaje del motorreductor	49
Figura 4.24. Montaje de Cabezotes	49
Figura 4.25. Montaje de múltiples de admisión	50
Figura 4.26. Iluminación en el motor	50
Figura 4.27. Adaptación de cable para conexión	51

Figura 4.28. Conversión trifásica a monofásica	52
Figura 4.29. Distancia entre el cabezote y bloque	53
Figura 4.30. Rotulación del motor	55
Figura 4.31. Tren de engranaje	56
Figura 4.32. Seccionamiento del cigüeñal	57
Figura 4.33. Seccionamiento de la biela	58
Figura 4.34. Seccionamiento del pistón	59
Figura 4.35. Seccionamiento del cabezote	60
Figura 4.36. Seccionamiento de la válvula	61
Figura 4.37. Seccionamiento del filtro de aceite centrífugo	62
Figura 4.38. Mantenimiento del motor	64
Figura 4.39. Aplicación de aceite lubricante	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Conocimientos de la estructura básica del motor	30
Cuadro 3.2. Frecuencia de uso de un motor como ayuda didáctica	31
Cuadro 3.3. Frecuencia de participación en la limpieza o mantenimiento de un motor.....	32
Cuadro 3.4. Necesidad de una ayuda académica que permita conocer la composición básica de un motor en el laboratorio de Maquinaria Naval	33
Cuadro 3.5. Conocimientos del funcionamiento interno de un motor	34
Cuadro 4.1. Rotulación del motor.....	55
Cuadro 4.2. Rotulación del tren de engranaje.....	57
Cuadro 4.3. Rotulación del cigüeñal	58
Cuadro 4.4. Rotulación de la biela	59
Cuadro 4.5. Rotulación del pistón	60
Cuadro 4.6. Rotulación del cabezote	61
Cuadro 4.7. Rotulación de la válvula.....	62
Cuadro 4.8. Rotulación del filtro de aceite centrífugo.....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1. Gráfica de conocimientos de la estructura básica del motor ...	30
Gráfico 3.2. Frecuencia de uso de un motor como ayuda didáctica	31
Gráfico 3.3. Frecuencia de participación en la limpieza o mantenimiento de un motor.....	32
Gráfico 3.4. Necesidad de una ayuda académica que permita conocer la composición básica de un motor en el laboratorio de Maquinaria Naval	33
Gráfico 3.5. Conocimientos del funcionamiento interno de un motor.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Encuesta realizada a los Guardiamarinas de Tercer año de la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”	71
ANEXO B. Cronograma de trabajos de mantenimiento en motor Mtu del Laboratorio de Maquinaria Naval de la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”	72
ANEXO C. Elementos usados en el mantenimiento del motor Mtu del Laboratorio de Maquinaria Naval de la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”	73
ANEXO D. Certificación	74

RESUMEN

El propósito de este estudio fue de habilitar el motor MTU del Laboratorio de Maquinaria Naval de la Escuela Superior Naval, seccionar las partes importantes de un motor de combustión interna, además, dar mantenimiento y montar partes que se encontraban en mal estado. Este motor antes utilizado como banco didáctico de instrucción para las clases teórico-prácticas a los Guardiamarinas de Tercer Año y Cuarto Año Arma requería un mantenimiento para servir como ayuda didáctica. Mediante esta ayuda se podrá observar el movimiento alternativo de un motor y se podrá ver el seccionamiento de las partes principales de los motores de combustión interna, tema que es tratado en la asignatura Maquinaria Naval. Se realizó la observación del entorno del Laboratorio de Maquinaria Naval con el fin de encontrar piezas principales del motor, que una vez montadas puedan facilitar la comprensión de la estructura de un motor de combustión interna. Por medio de una encuesta a los Guardiamarinas de Tercer año Arma se pudo determinar que no han podido observar físicamente el motor ni conocen la composición de sus partes importantes. Luego del trabajo realizado se puede concluir que el motor servirá de gran ayuda para las clases teórico-práctico de la materia Maquinaria Naval permitiendo a los Guardiamarinas una mejor comprensión acerca de las partes y estructura de un motor de combustión interna; de esta manera, estos conocimientos básicos serán aplicables para que el estudiante tenga un buen desempeño en lo que corresponde a la División de Ingeniería en una Unidad Naval.

PALABRAS CLAVE: OPERATIVIDAD MOTOR MTU, MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA, SECCIONAMIENTO PARTES MOTOR, BANCO DIDÁCTICO MOTOR MTU, MOVIMIENTO ALTERNATIVO.

ABSTRACT

The purpose of this study was to enable the MTU engine of Naval Machinery Laboratory of the Naval Academy, severing the important parts of an internal combustion engine, in addition, maintain and assemble parts that were in disrepair. This engine used primarily as a didactic tool for the theoretical and practical classes for Midshipmen coursing Third and Fourth year, requires maintenance to serve as a teaching aid. With this help it may be observed the reciprocating engine and you can see the sectioning of the main parts of the internal combustion engine, an issue that is studied in the subject Naval Machinery. Was made an observation of the Laboratory environment to find pieces of the main system, which once assembled can facilitate understanding of the structure of an internal combustion engine was performed. Through a survey of third year Midshipmen was determined that the Midshipmen coursing Third year have not been able to physically see the engine or get know the composition of its important parts. After this work it can be concluded that the engine will be a great help to the theoretical and practical classes of Naval Machinery allowing Midshipmen a better understanding of the parts and structure of an internal combustion engine; thus, such basic knowledge shall be applied for the students to perform well as it pertains to Engineering Division in a Naval Unit.

KEY WORDS: MTU ENGINE OPERATIVITY, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, MOTOR PARTS SECTIONING, MTU ENGINE DIDACTIC BENCH, ALTERNATIVE MOVEMENT.

INTRODUCCIÓN

La idea del presente trabajo se dio con el fin de habilitar una ayuda didáctica en base a un motor MTU que se encuentra en el Laboratorio de Maquinaria Naval de la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”, debido a que no se encontraba en las condiciones necesarias para emplearlo como una ayuda académica.

Hablar de la operatividad del motor MTU corresponde a que luego de un respectivo análisis y mantenimiento se logre que el cigüeñal de este motor de combustión interna gire en conjunto con sus bielas y pistones realizando el movimiento alternativo para ser observado por los Guardiamarinas y que sirva como herramienta para complementar la enseñanza teórica que se imparte durante las clases de Maquinaria Naval II.

Haciendo uso del cronograma adjunto en el ANEXO B se desarrolló de una manera ordenada el mantenimiento al bloque de motor y a través de recursos propios se adquirió el material que se detallada en el ANEXO C para que partes como: pistones, cabezotes, múltiples de admisión y escape y filtro de aceite reciban el mantenimiento necesario y sean montadas en el bloque de motor a estudiar.

CAPITULO I

LA OPERATIVIDAD DEL MOTOR MTU Y SU CONTRIBUCIÓN A LA INSTRUCCIÓN DE LOS GUARDIAMARINAS EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”

1.1 ANTECEDENTES

Desde el invento de la primer motor de combustión interna, el cual consistía en una máquina compuesta por un cilindro de metal cerrado en un extremo que en su interior se movía un pistón de hierro, en el año de 1630 por el científico Holandés Cristian Huyghens (Historia de los motores de combustión interna, 2012), la necesidad del ser humano por emplear motores para desplazarse en el aire, mar y tierra lo han llevado a convertir lo que en un principio fue una máquina que obtenía energía de la explosión de pólvora, en máquinas complejas que pueden ser inmensas o pequeñas, veloces o de gran potencia, económicas y de fácil reparación que tienen un mejor rendimiento funcionando con el mismo principio.

Estos motores son empleados en diferentes trabajos y se alimentan comúnmente de combustibles como el diésel o la gasolina; estos dos motores poseen diferencias en el proceso de combustión y en ciertos elementos que los componen, pero en su estructura y principio son muy parecidos que muchas veces a simple vista son difíciles de diferenciar. Ya en el campo marítimo es frecuente el uso de ambos motores y la intervención en los mismos para el mantenimiento o reparación que ciertamente es trabajo para el personal de tripulación; es conveniente que un Guardiamarina, futuro Oficial de Marina, tenga conocimientos básicos de un motor, de su estructura, como funciona este y para qué sirve cada una de sus partes principales, sin importar la especialidad por la que quiera optar. Por consecuente estos conocimientos deben ser impartidos durante su formación en la Escuela Superior Naval.

En el campo del aprendizaje es fundamental que la instrucción se realice por medios didácticos, con el fin de que el estudiante observe, manipule o más bien interactúe con el elemento estudiado y así adquiera los conocimientos de una manera rápida y sencilla; por esta situación, la idea de implementar un banco didáctico de motor MTU en el Laboratorio de Maquinaria Naval despertó interés debido a la importancia de contar con equipo que facilite la enseñanza durante las clases teórico-prácticas de la materia Maquinaria Naval II dictadas a los Guardiamarinas.

La Escuela Superior Naval recibió un bloque de motor MTU que fue extraído del submarino SS-101 "Shiry", el cual era de gran utilidad ya que se podría observar las partes que componen básicamente a un motor a gran tamaño y a la vez fue destinado al Laboratorio de Maquinaria Naval. Con el trabajo de los Guardiamarinas al asistir al laboratorio y del encargado del laboratorio, se pudo recolectar las piezas de este motor y darle un poco de atención al mantenimiento para que tome forma y se le pueda dar una buena utilidad.

En el año 2007 se realizó un proyecto de implementación de un banco didáctico, en este se dio mantenimiento al bloque de motor que se encontraba en mal estado e incompleto; se obtuvo buenos resultados montado cuatro pistones. Este trabajo se dio para simular el movimiento alternativo que realizan los motores comúnmente.

Con el paso del tiempo y con la carencia de personal necesario para mantener el motor en buen estado; el motor pasó a ser objeto de instrucción visual y no de práctica debido a que el motor que ayudaba a realizar el movimiento alternativo fue removido. Sin un elemento que facilite el giro del cigüeñal, se dificultaba realizar el respectivo mantenimiento.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La presencia de una ayuda académica durante el desarrollo de una materia es esencial para que el alumno pueda obtener conocimientos de manera eficiente y le facilite el entendimiento de la misma.

Durante los periodos de navegación, algo importante para la seguridad del personal es el estado de la maquinaria abordo ya que estas componen el sistema de propulsión y el sistema eléctrico de la unidad; para ello se debe supervisar que se realice un buen mantenimiento al mismo por parte del personal de tripulación.

Con la implementación del motor MTU en el Laboratorio de Maquinaria Naval, se ha conseguido que los Guardiamarinas se vinculen con el elemento realizando trabajos de mantenimiento, montaje y desmontaje en el mismo.

La función principal es que sirva como ayuda didáctica durante prácticas experimentales y clases teórico-prácticas a los Guardiamarinas para la materia de Maquinaria Naval II, tanto en la observación de las diferentes fases del movimiento alternativo como en el montaje y desmontaje de partes principales que conforman un motor de combustión interna.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el Laboratorio de Maquinaria Naval de la Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”, se emplea como herramienta didáctica un motor MTU el cual se encuentra incompleto e inoperativo; a este equipo no se le ha dado la respectiva atención y mantenimiento para conservarlo operativo, puesto que existen ciertas partes como: cabezotes, bielas, pistones, filtros, etc. que no están montadas y se encuentran en mal estado en diferentes sectores del laboratorio; además solo se encuentran montados cuatro pistones. Por esta razón no se puede apreciar de manera correcta el movimiento alternativo ni usar el motor como ayuda didáctica.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GENERAL

Establecer un programa para la habilitación y seccionamiento de un banco didáctico del funcionamiento de un motor MTU que contribuya en la instrucción práctica de los Guardiamarinas en el Laboratorio de Maquinaria Naval.

1.4.2 ESPECÍFICOS

Diagnosticar el estado actual del motor MTU que se encuentra en el laboratorio de Maquinaria Naval.

Realizar un mantenimiento externo al motor MTU que permita el funcionamiento del equipo y montar piezas como: varillas de empuje de los balancines, filtro de aceite, múltiples de admisión y escape, cabezotes y pistones que se encuentran en mal estado.

Adaptar un sistema de fuerza para que el motor realice el movimiento alternativo y permita mantenerse operativo.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS

El Laboratorio de Maquinaria Naval que no cuente con un banco didáctico de motor MTU, no se vinculan los conocimientos teóricos con los prácticos, afectando a las competencias profesionales del estudiante para su desempeño en la división de Ingeniería en una Unidad Naval.

1.5.2 VARIABLES

Independiente: Un banco didáctico de motor MTU.

Dependiente: Su complementación en conocimientos teóricos con los prácticos, afectando las competencias profesionales del estudiante para su desempeño en la división de Ingeniería en una Unidad Naval.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 BANCO DIDÁCTICO

Es un sistema a través del cual se representa el funcionamiento de una determinada máquina, sea esta eléctrica o mecánica.

Su función es ser sometido a pruebas y esfuerzos para los que ha sido diseñado y así determinar su comportamiento y durabilidad. (BRITEN Narváez, 2007)

2.2 MOTORES SEGÚN SU COMBUSTIÓN

Un motor, dependiendo del uso que se le quiera dar, puede ser diseñado para que realice la combustión de dos maneras diferentes: de manera interna o externa; así se los puede denominar como:

2.2.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN EXTERNA

Es una máquina que recibe aportación de calor de manera externa, es decir, realiza la conversión de energía calorífica en energía mecánica mediante el proceso de combustión en un sistema fuera de la máquina y luego de esto pasa a otro sistema para transformarla (PCWEB, 2014). Un ejemplo claro de estos son los empleados en el sistema de propulsión de las Fragatas FM-01 y FM-02 de la Armada del Ecuador; el agua hierve en una caldera, la cual se calienta combustionando diésel, el vapor de agua resultante pasa a través de conductos y válvulas, luego de esto el vapor da propulsión a las

turbinas. La Figura 2.1 detalla el funcionamiento de un motor de combustión externa.

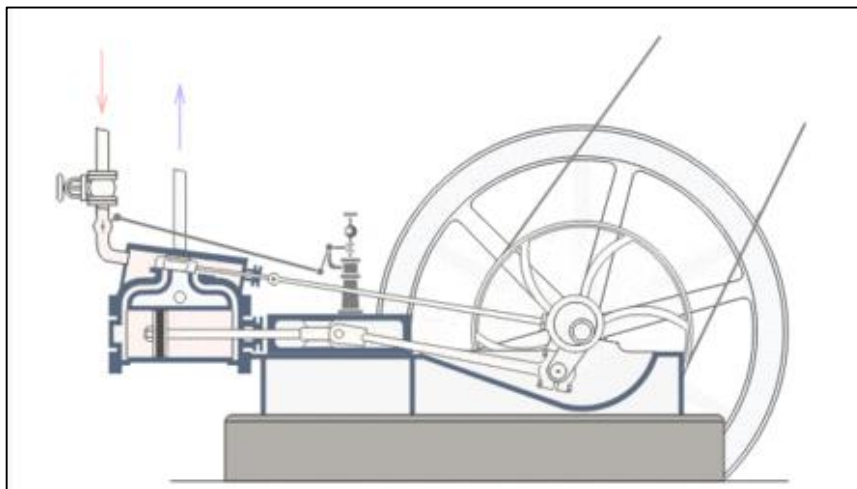


Figura 2.1 Motor de combustión externa
Fuente: (PCWEB, 2014)

2.2.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Es un tipo de máquina que genera calor en su interior, esto es, obtiene energía mecánica de la energía química que se produce por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. (Lucas, 2013)

Conociendo estos dos tipos de motores térmicos, según las características del motor estudiado, se puede decir que es un motor de combustión interna. La Figura 2.2 representa un modelo de motor de combustión interna.

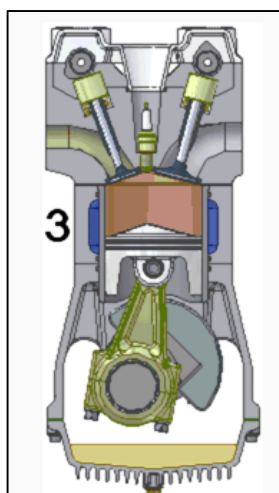


Figura 2.2. Motor de combustión interna
Fuente: (PCWEB, 2014)

2.3 MOTORES SEGÚN LA IGNICIÓN O ENCENDIDO

Está determinado por la manera en como la mezcla es encendida dentro del cilindro.

2.3.1 ENCENDIDO POR CHISPA

Se produce un encendido eléctrico que se da a través de una chispa producida por una bujía (ver la Figura 2.3), esto permite llevar el control de la ignición. (Lucas, 2013)

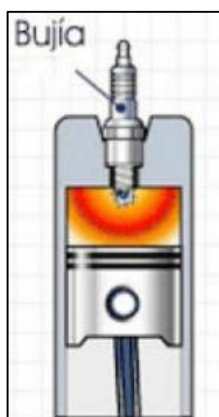


Figura 2.3. Encendido por chispa
Fuente: (Motores diésel 4 tiempos, 2013)

2.3.2 POR COMPRESIÓN

En estos motores se aprovecha la alta compresión de aire dentro de la cámara de combustión para lograr que este alcance la temperatura de ignición del combustible. (Lucas, 2013) Este tipo de encendido se da para motores diésel. Vea la Figura 2.4.

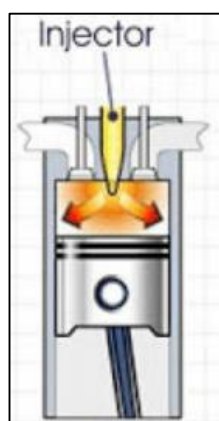


Figura 2.4. Encendido por compresión
Fuente: (Motores diésel 4 tiempos, 2013)

Según las características del motor estudiado, se determinó su encendido es por compresión.

2.4 MOTORES SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE LOS CILINDROS

La disposición de los cilindros se refiere a la forma que tiene el bloque con respecto al eje del cigüeñal. Las disposiciones de cilindros que podemos encontrar comúnmente en los bloques son las siguientes:

2.4.1 CILINDROS EN LÍNEA

Llevaron dispuestos los cilindros uno detrás de otro en un solo bloque (ver la Figura 2.5). Llevaron generalmente 4 cilindros, ya que el aumento de cilindros exige un cigüeñal más largo, esto produce mayores vibraciones y existe un riesgo de que se deforme o se rompa. (Vazquez, 2012)

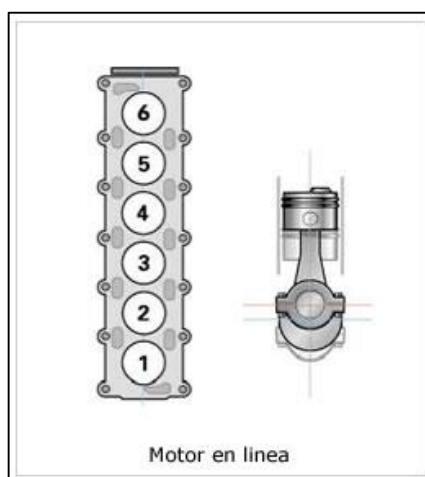


Figura 2.5. Motor en "Línea"
Fuente: (Vazquez, 2012)

2.4.2 CILINDROS OPUESTOS

Son una variante de los motores en "V". Los cilindros van dispuestos en dos bloques que forman un ángulo de 180°. Las bielas se fijan a un solo

cigüeñal (ver la Figura 2.6); esta disposición se da en vehículos de poca altura, aprovechando la longitud del chasis. (Vazquez, 2012)

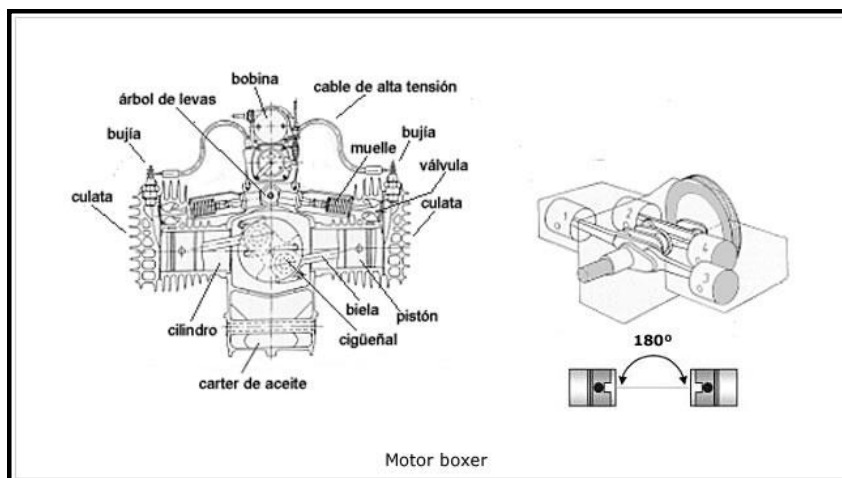


Figura 2.6. Motor con cilindros opuestos
Fuente: (Vazquez, 2012)

2.4.3 CILINDROS EN “W”

Están compuestos por dos bloques de cilindros dispuestos en “V”. Los cilindros laterales llevan un ángulo de 15° , mientras que la unión de los dos bloques forma una “V” de 72° (ver la Figura 2.7). (Vazquez, 2012)

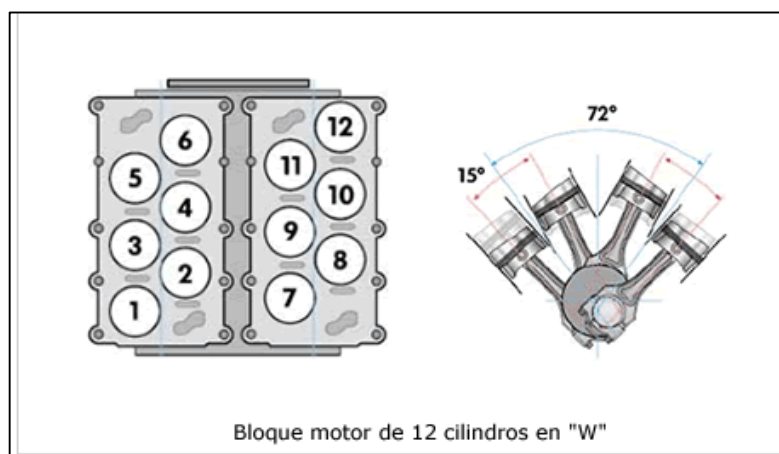


Figura 2.7. Motor en "W"
Fuente: (Vazquez, 2012)

2.4.4 CILINDROS EN “V”

Compuestos por dos bloques con el mismo número de cilindros en línea, la unión de estos forma un cierto ángulo (ver la Figura 2.8). Es de gran ventaja

esta disposición, ya que se puede adaptar cierto número de cilindros sin que afecte considerablemente la longitud del cigüeñal. (Vazquez, 2012)

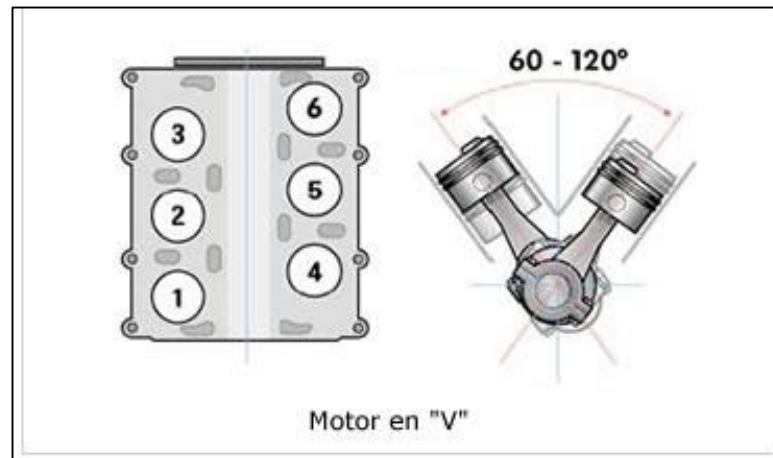


Figura 2.8. Motor en "V"
Fuente: (Vazquez, 2012)

En la Figura 2.9 se observa la forma del bloque estudiado, a simple vista se puede ver que es un motor con disposición de 12 cilindros en "V".

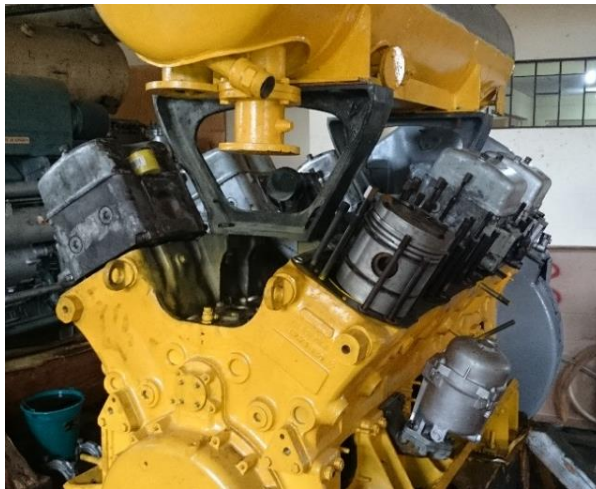


Figura 2.9. Disposición de cilindros en motor estudiado
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.5 CICLOS DEL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

El motor de combustión interna realiza la combustión en cuatro fases, es por esto que se lo llama motor de cuatro tiempos. Las fases de combustión son:

2.5.1 ADMISIÓN

En el punto muerto superior (PMS), se abre la válvula de admisión y el pistón comienza a descender; mientras lo hace el volumen se llena de aire. Cuando el pistón llega al punto muerto inferior (PMI) se cierra la válvula de admisión. (Sanz, 2011) En la Figura 2.10 se detalla cómo se realiza este ciclo.

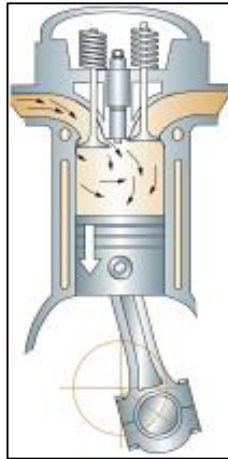


Figura 2.10. Fase de Admisión
Fuente: (Sanz, 2011)

2.5.1.1 Compresión

Con las válvulas cerradas el pistón sube desde el PMI hasta el PMS, el aire es comprimido según la relación de compresión del motor, con esta compresión se obtiene una temperatura capaz de inflamar el combustible (600-650°C). (Sanz, 2011) En la Figura 2.11 se puede observar cómo se realiza este ciclo.

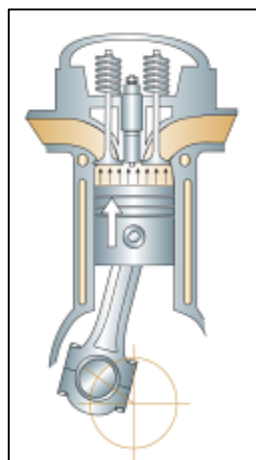


Figura 2.11. Fase de Compresión
Fuente: (Sanz, 2011)

2.5.1.2 Combustión y Expansión

En el PMS se inyecta el combustible pulverizado, el cual al mezclarse con el aire caliente, combustiona inmediatamente; la combustión produce una expansión de gases que deslizan al pistón hacia abajo, llevándolo al PMI. (Sanz, 2011) En la Figura 2.12 se muestra este ciclo.

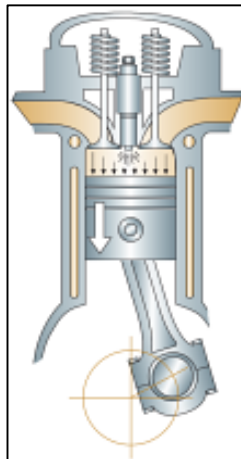


Figura 2.12. Fase de Combustión y Expansión
Fuente: (Sanz, 2011)

2.5.1.3 Escape

En el PMI se abre la válvula de escape, el pistón sube debido al resultado de fuerza al momento de la expansión y mientras asciende lleva todos los gases hacia la válvula de escape abierta. Cuando el pistón llega al PMS se cierra la válvula de escape y empieza de nuevo el ciclo. (Sanz, 2011) En la Figura 2.13 se muestra este ciclo.

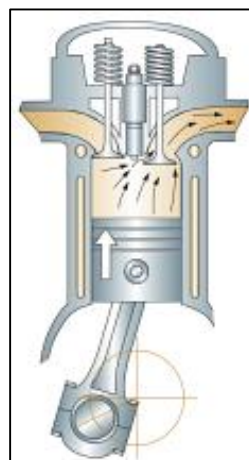


Figura 2.13. Fase de Escape
Fuente: (Sanz, 2011)

Según los datos del manual de operador del motor estudiado, este es un motor de cuatro tiempos.

2.6 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN MOTOR

El cuerpo principal de un motor se divide en tres secciones, cada una de estas va unida a otra de una manera bien ajustada por tornillos; entre la unión de cada parte se encuentra un empaque¹, el cual permite y garantiza un sello hermético para evitar el derrame y mezcla de fluidos que circulan dentro del motor. La Figura 2.14 muestra la estructura básica de un motor de combustión interna

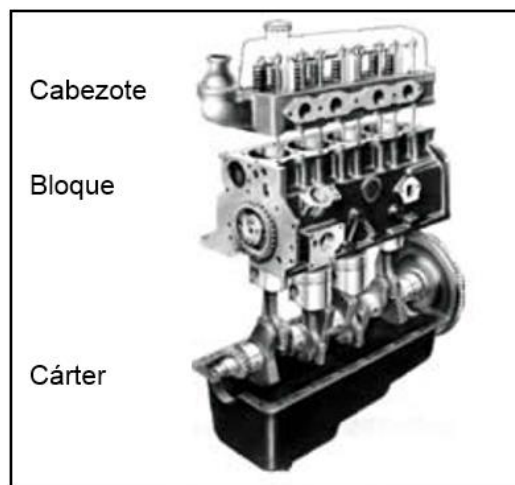


Figura 2.14. Estructura del motor
Fuente: (Guía para comprender motores de combustión interna, s.f.)
Elaborado por: El Autor

2.6.1 EL CABEZOTE

Es una sección metálica ubicada en la parte superior del bloque que cubre la parte superior de los cilindros y crea un área cerrada, o cámara, donde se combustiona la mezcla aire/combustible. (Guía para comprender motores de combustión interna, s.f.)

Por lo general el cabezote aloja a los conductos de admisión y de escape los cuales enlazan con los múltiples de admisión y escape, también contiene

¹ Pieza de cartón, caucho u otros materiales blandos que va colocada entre la unión de dos piezas para asegurar herméticamente y evitar que el fluido se derrame.

el inyector, las válvulas de admisión y escape con sus asientos y guías y además posee circuitos de refrigeración. (Melgar)

Como se observa en la Figura 2.15, en el caso del motor estudiado, cada cilindro lleva de manera individual un cabezote que contiene los elementos antes mencionados.



Figura 2.15. El Cabezote
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.6.2 EL BLOQUE

Es una pieza de hierro o aluminio fundido, es el cuerpo principal del motor donde se alojan los cilindros, así como los soportes para el cigüeñal; Se puede decir que es la parte principal de un motor debido a que comprende la estructura principal del mismo. (Henry, 2012)

Dentro de los cilindros llevan revestimientos de acero totalmente lisos que llamados “camisas”; las camisas son piezas cilíndricas perforadas de ambos

lados dentro de las cuales pasan los pistones. La Figura 2.16 corresponde al motor MTU estudiado.



Figura 2.16. Bloque de motor MTU
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.6.3 EL CÁRTER

Es el lugar donde se deposita el aceite del motor luego realizar un ciclo de lubricación a los pistones, cigüeñal y árbol de levas. (Henry, 2012) Este ciclo de puede ser realizado por una bomba o también el cigüeñal ir sumergido en el aceite para lubricar por salpicadura. En la Figura 2.17 se observa una forma de cárter.

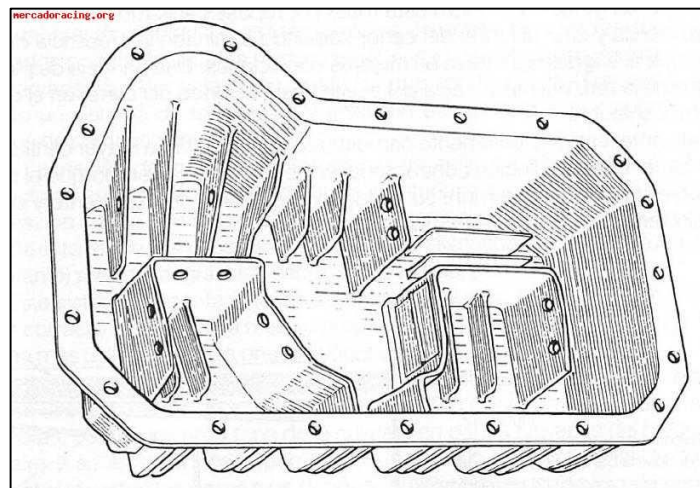


Figura 2.17. El Cárter
Fuente: mercadoracing.org

2.7 PARTES FUNDAMENTALES DE UN MOTOR

Corresponde a las partes básicas por la cual un motor se encuentra compuesto.

2.7.1 EL CIGÜEÑAL

Es un elemento que forma parte del sistema biela manivela; este elemento está constituido por un eje con tantas manivelas dependiendo del número de cilindros y forma del motor. Su función es de transformar toda la potencia que los cilindros obtienen de la explosión y convertirlo en par motor²; además transforma el movimiento alternativo en movimiento rotativo, debido a esto es uno de los elementos más importantes de un motor.

El cigüeñal se encuentra expuesto a fuerzas centrífugas y alternativas y su diseño es tan perfecto que se encuentra equilibrado estéticamente y así la resultante de todas estas fuerzas es nula.

Cada manivela se compone por dos brazos llamados brazos de manivela y por la muñequilla de biela (ver la Figura 2.18). (El Cigüeñal, 2014)

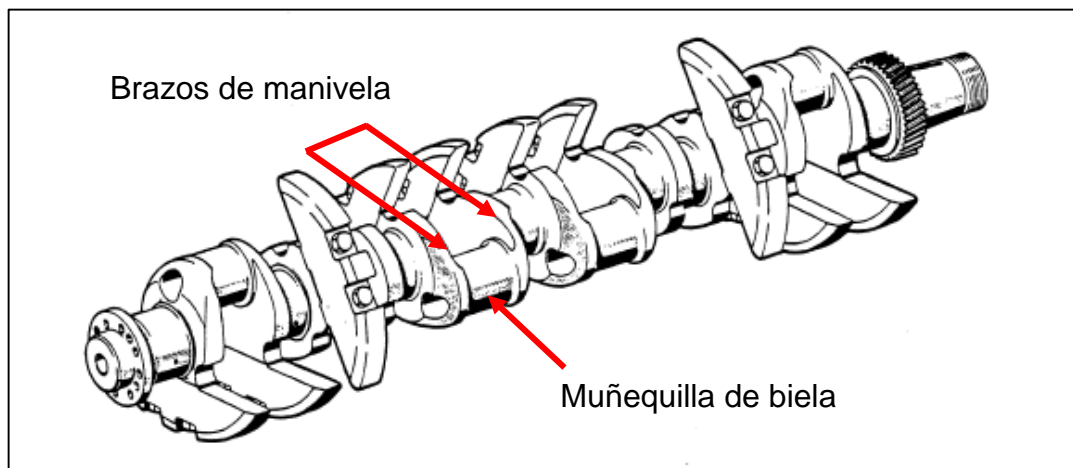


Figura 2.18. El Cigüeñal
Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)
Elaborado por: El Autor

² Es el valor de la fuerza de torsión que ejerce un motor durante su funcionamiento

2.7.2 EL PISTÓN

Constituye una especie de cilindro vacío por dentro (ver la Figura 2.19) que realiza un movimiento de arriba hacia abajo dentro de un cilindro, comprimiendo la mezcla de aire y combustible dentro del mismo. Posee unas ranuras en la cual se colocan los segmentos.

La presión que se obtiene de la explosión la transmite a la biela a la cual se une y asegura por medio del bulón; el pistón debe ser de un material liviano para tener las mínimas cargas de inercia y a la vez rígido para soportar altas presiones, además debe ser resistente a altas temperaturas. (¿Qué es un pistón?, 2011)



Figura 2.19. El Pistón
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.7.3 SEGMENTOS

También denominados rines, son aros metálicos que van ubicados en las ranuras del pistón y permiten crear un cierre hermético móvil entre la cámara de combustión y el cárter. (Uyaque Obando, 2008) Existen dos tipos:

2.7.3.1 De compresión o fuego

Sella la cámara de combustión para que durante la compresión la mezcla aire-combustible no pase al cárter (Lucas, 2013); generalmente estos se ubican a los extremos superior e inferior del pistón (véase en la Figura 2.20).

2.7.3.2 De lubricación

Permite el paso de cierta cantidad de aceite para que el cilindro se mantenga lubricado (Lucas, 2013), éstos van ubicados entre los anillos de compresión (véase en la Figura 2.20).

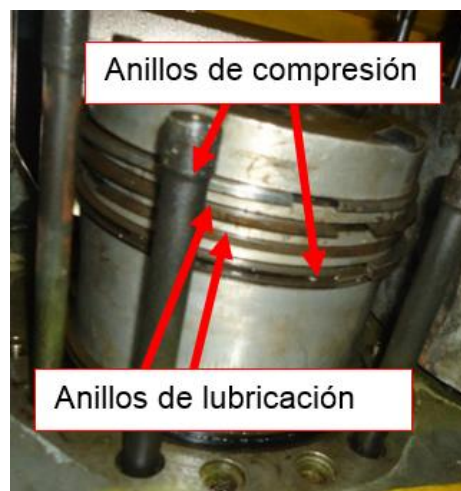


Figura 2.20. Segmentos del pistón
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.7.4 BIELA

Es una pieza muy importante en un motor, ya que se encarga de transmitir la presión de los gases que actúan sobre el pistón hacia el cigüeñal; posee dos extremos, los cuales le sirven como articulación, el pie de biela que se fija al pistón a través del bulón³ y la cabeza de biela que se fija a la muñequilla⁴; ambas uniones llevan cojinetes⁵ para evitar el desgaste directo de la biela. Debe ser de un material sumamente resistente y liviano para aguantar las fuerzas que recibe del pistón y transmite al cigüeñal. (La Biela, s.f.)

³ Pieza metálica que articula a la biela con el pistón

⁴ Parte del cigüeñal que es abrazada por la cabeza de biela

⁵ Chapa de acero recubierta por una aleación metálica que lo hace resistente a la fatiga, corrosión o micro soldadura

Para motores en "V" se usan tres tipos de bielas:

2.7.4.1 Bielas Ahorquilladas

En este sistema se emplea un casquillo para unir las dos bielas, este casquillo va fijo en la biela primaria y sirve de bulón para la biela secundaria que posee dos cabezas (ver la Figura 2.21). (Dani meganeboy, 2014)

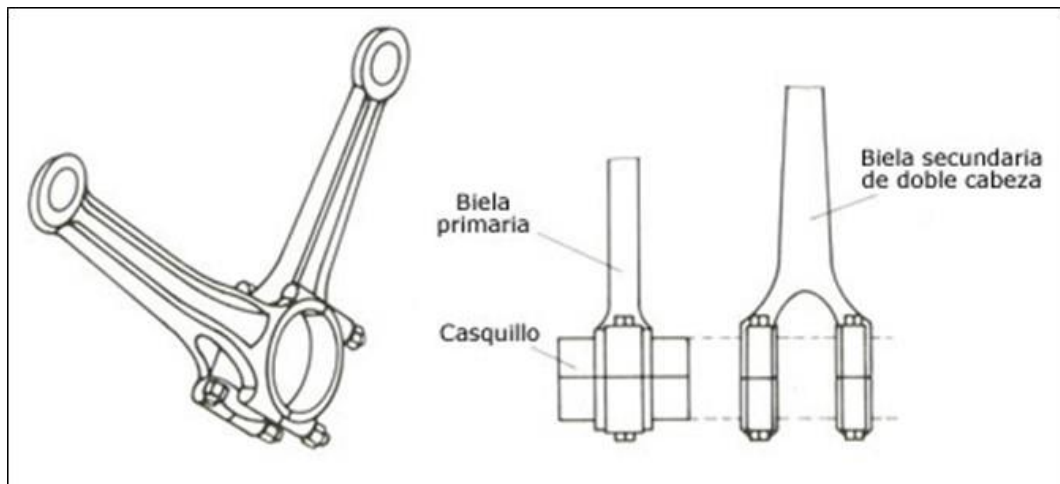


Figura 2.21. Bielas Ahorquilladas
Fuente: (Dani meganeboy, 2014)

2.7.4.2 Bielas Articuladas

En este sistema, la biela secundaria va articulada en la parte lateral de la biela primaria, aquí se emplea un único cojinete para ambas bielas (ver la Figura 2.22). (Dani meganeboy, 2014)

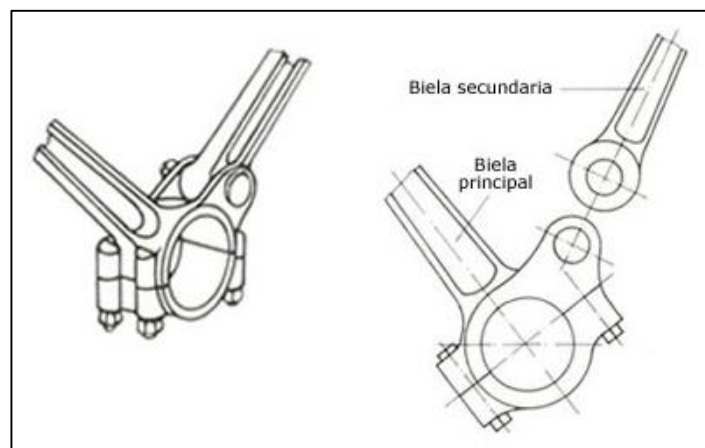


Figura 2.22. Bielas Articuladas
Fuente: (Dani meganeboy, 2014)

2.7.4.3 Bielas Conjugadas

Aquí la biela primaria es igual a la secundaria y se articulan en la misma muñequilla del cigüeñal (ver la Figura 2.23). (Dani meganeboy, 2014)

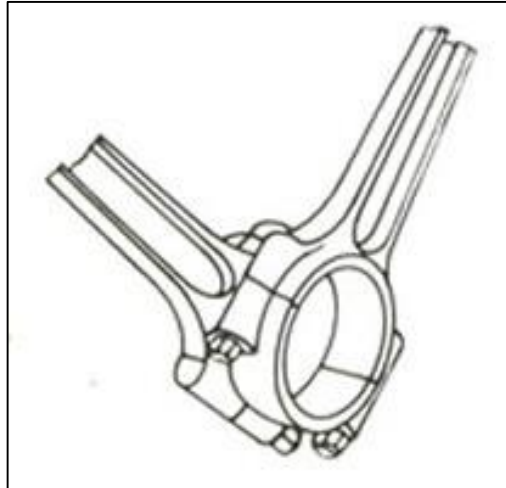


Figura 2.23. Bielas Conjugadas
Fuente: (Dani meganeboy, 2014)

La Figura 2.24 corresponde a una biela del motor estudiado; observando su forma, se puede determinar que es una biela conjugada.



Figura 2.24. Biela del motor estudiado
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.7.5 VOLANTE

Es una rueda metálica dentada (ver la Figura 2.25), situada al final del eje del cigüeñal que absorbe la energía cinética que se produce en la explosión y la devuelve al cigüeñal para que el motor siga funcionando. (Lucas, 2013)



Figura 2.25. El Volante
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.7.6 ÁRBOL DE LEVAS

Es un mecanismo que se encuentra formado por un conjunto de levas⁶ de diferentes formas, tamaños o ubicaciones (ver la Figura 2.26); va engranado directamente con el cigüeñal a través de un conjunto de engranajes. Su función principal es de servir como programador mecánico ya que controla la secuencia de cierre y apertura de cada válvula. Debe estar correctamente

⁶ Pieza que gira alrededor de un punto que no es su centro, transformando el movimiento circular continuo en otro rectilíneo alternativo.

diseñado y calibrado para que las válvulas se abran y cierren en momentos oportunos y tengan un desempeño óptimo. (Italia90, 2009)

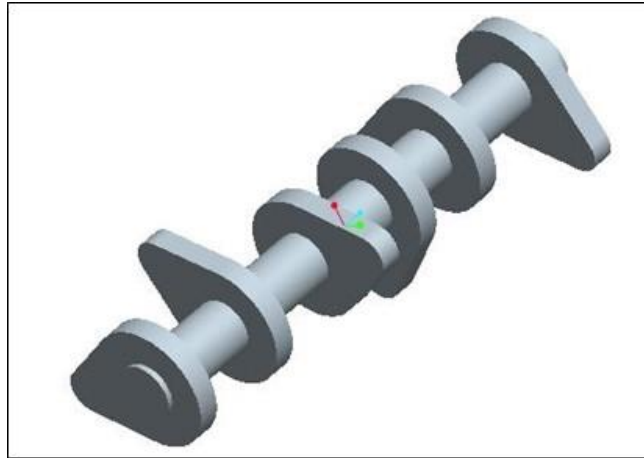


Figura 2.26. El Árbol de levas
Fuente: (Pérez Gonzales, 2008)

2.7.7 EL BALANCÍN

Elemento en forma de palanca asentado en un punto fijo que transmite el movimiento de las levas hacia las válvulas (Balancín, 2010), es decir, sirve de enlace entre el árbol de levas y las válvulas (ver la Figura 2.27), esto lo puede hacer de manera directa o a través de unas varillas empujadoras, de esta manera las empuja hacia abajo para abrirlas. Es un movimiento perfectamente sincronizado a los tiempos del motor.



Figura 2.27. El Balancín
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.7.7.1 Balancines Oscilantes

Empleados en motores que poseen el árbol de levas en el cabezote, reciben el movimiento directamente del árbol de levas (ver la Figura 2.28). (Galarga, 2011)

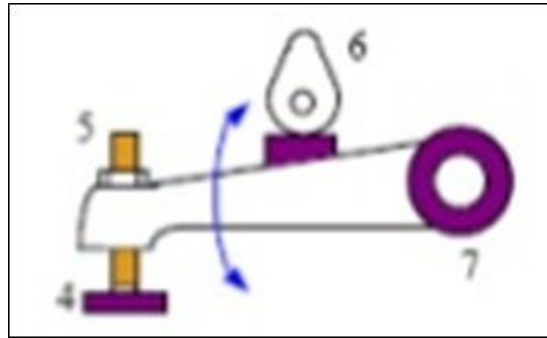


Figura 2.28. Balancín oscilante
Fuente: (Galarga, 2011)

2.7.7.2 Balancines Basculantes

Se emplea en motores que usan varillas empujadoras (ver la Figura 2.29). (Galarga, 2011)

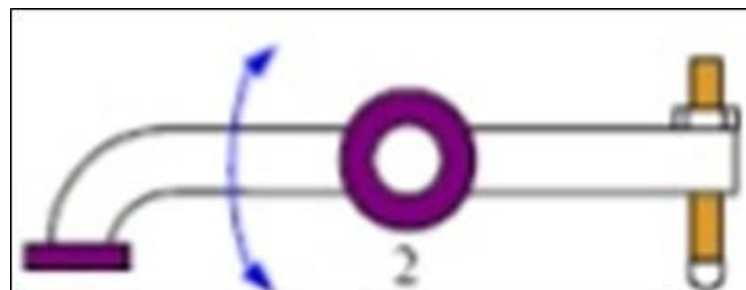


Figura 2.29. Balancín basculante
Fuente: (Galarga, 2011)

De acuerdo a esta descripción, el motor estudiado posee balancines basculantes en los cabezotes.

2.7.8 VÁLVULAS

Pieza metálica en forma de clavo con cabeza grande (ver la Figura 2.30) las cuales abren y cierran las lumbreras⁷ de admisión y escape, estas son empujadas por los balancines al momento oportuno según el ciclo del motor.



Figura 2.30. Válvula de admisión/escape
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Las válvulas, junto con el árbol de levas y balancines pueden ir en 3 tipos de distribución:

2.7.8.1 Sistema SV (Side Valves)

En este sistema las válvulas van ubicadas en el bloque (ver la Figura 2.31), esto aumenta el tamaño del cilindro y se complica el tamaño de las cabezas de las válvulas. (Válvulas en motores de cuatro tiempos, s.f.)

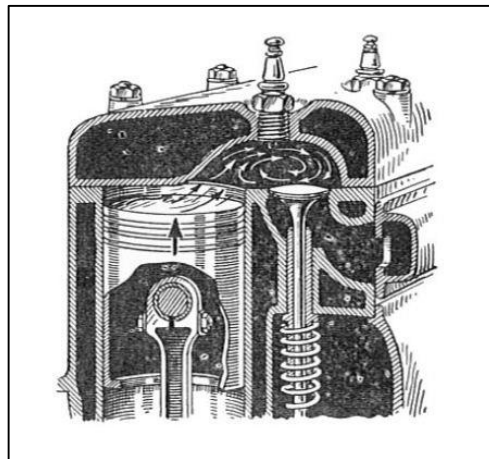


Figura 2.31. Sistema de válvulas SV
Fuente: (Válvulas en motores de cuatro tiempos, s.f.)

⁷ Orificios por donde entra aire al cilindro y salen los gases de combustión del cilindro

2.7.8.2 Sistema OHC (OverHead Cam)

Se caracteriza por llevar el árbol de levas en el cabezote al igual que las válvulas, en este sistema el árbol de levas está en contacto directo con las válvulas (ver la Figura 2.32). (Válvulas en motores de cuatro tiempos, s.f.)

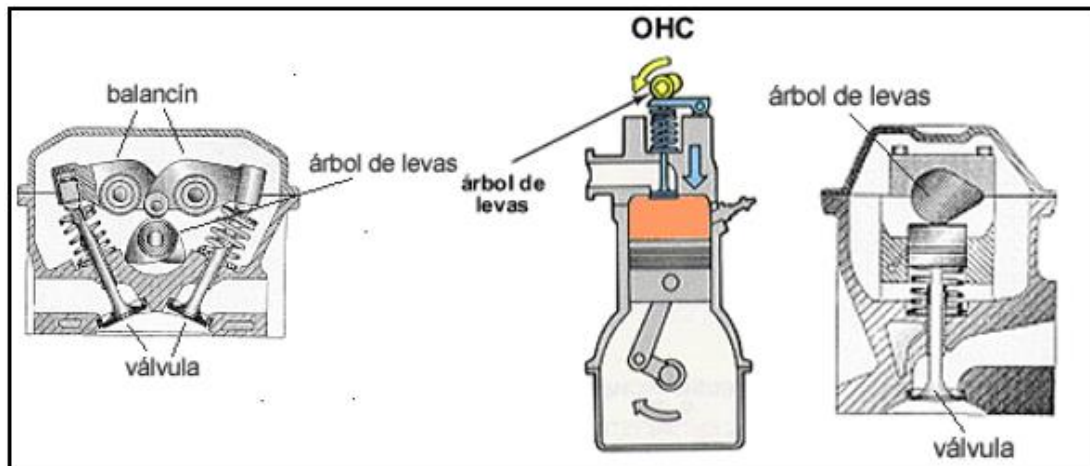


Figura 2.32. Sistema de válvulas OHC
Fuente: (Válvulas en motores de cuatro tiempos, s.f.)

2.7.8.3 Sistema OHV (OverHead Valve)

Lleva el árbol de levas en el bloque y las válvulas en el cabezote (ver la Figura 2.33); la transmisión del movimiento del cigüeñal al árbol de levas se lo realiza a través de piñones o una cadena. (Válvulas en motores de cuatro tiempos, s.f.)

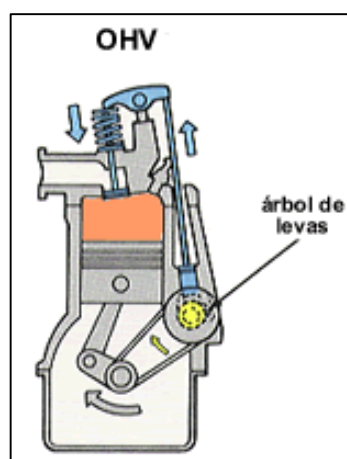


Figura 2.33. Sistema de válvulas OHV
Fuente: (Válvulas en motores de cuatro tiempos, s.f.)

Según el análisis y observación al motor estudiado, se determinó que posee un sistema de distribución de válvulas OHV.

2.7.9 INYECTOR

Es un dispositivo compuesto por un conjunto de piezas dentro de un cuerpo de acero (ver la Figura 2.34); este recibe combustible a presión por parte de la bomba inyectora, con esta presión el inyector atomiza el combustible, luego de esto se esparce dentro de la cámara de pre combustión. (Inyector de combustible diésel, s.f.)

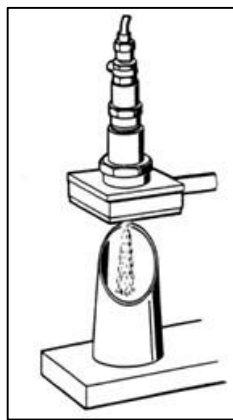


Figura 2.34. El Inyector

Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)

2.7.10 MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

El múltiple de admisión es un tubo de hierro (ver la Figura 2.35) conectado a los cabezotes que permite conducir el aire del ambiente hacia los cilindros. Antes de que el aire llegue al cilindro, deberá pasar por filtros para evitar el ingreso de impurezas a la cámara de combustión.



Figura 2.35. Múltiple de admisión

Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval

Elaborado por: El Autor

2.7.11 MÚLTIPLE DE ESCAPE

Es semejante al múltiple de admisión (ver la Figura 2.36), a diferencia de que este realiza un trabajo inverso, el cual es conducir los gases producidos en la combustión dentro de los cilindros y luego de esto pasan a través de un filtro silenciador que se encarga de reducir el ruido provocado por la explosión y al mismo tiempo purifica los gases expulsados.



Figura 2.36. Múltiple de escape
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

2.7.12 FILTRO DE ACEITE

Es un elemento del sistema de lubricación que se encarga de retener los agentes contaminantes para evitar su circulación por el motor y así evitar daños (El Filtro de Aceite, 2009); su forma varía de acuerdo a la necesidad y al tipo de motor. En la Figura 2.37 se muestra el Filtro de aceite que se emplea en el motor estudiado.



Figura 2.37. Filtro de aceite
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 DOCUMENTAL

Para el presente trabajo primeramente se aplicará el tipo de investigación documental para obtener los conceptos básicos de la estructura, partes detalladas y funcionamiento del motor MTU del Laboratorio de Maquinaria Naval. Luego de haber obtenido los conceptos necesarios para conocer el motor se deberá aplicar un segundo tipo investigación.

3.1.2 DESCRIPTIVA

Por medio de este tipo de investigación se describirá cada una de las partes básicas que componen al motor MTU del Laboratorio de Maquinaria Naval, analizar en qué estado se encuentran para realizar el respectivo mantenimiento y además dar un concepto básico de la función que cumplen.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población tomada representa un universo compuesto por 34 Guardiamarinas de Tercer Año Arma, los cuales serán encuestados para determinar si tienen conocimientos básicos acerca de motores y si podrían identificar fácilmente sus partes.

3.3 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 ENCUESTA

A los Guardiamarinas de Tercer año Arma para determinar la necesidad de la presencia de un banco didáctico de motor MTU en el laboratorio de Maquinaria Naval.

3.3.2 ANÁLISIS

Del estado del motor MTU para realizar el mantenimiento que este requiere.

3.3.3 OBSERVACIÓN

Se realizó una observación al Laboratorio para identificar las partes del motor que se encontraban desmontadas y así determinar dónde van ubicadas y luego de esto ser montadas.

3.4 MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 HISTÓRICO

Se aplicó con el fin de conocer de qué unidad fue extraído este motor, en qué estado se encontraba al momento de ser donado a la Escuela Naval y las mejoras que se le ha dado a través del tiempo gracias a la ayuda de los Guardiamarinas.

3.4.2 ANALÍTICO

Método aplicado en el diagnóstico del problema, esto es, el análisis del estado en que se encuentran el motor MTU y sus partes y además determinar la importancia de que este funcione como banco didáctico para que los conocimientos teóricos sean aplicados de manera práctica.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

A través de la encuesta realizada a los Guardiamarinas de Tercer año Arma, se determinaron los conocimientos acerca de la estructura y componentes básicos de un motor; los resultados fueron procesados en tablas y gráficos de las mismas.

3.5.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

La encuesta consta de cinco preguntas, cada pregunta fue analizada y se realizó un gráfico para ilustrar los resultados.

Pregunta 1: Estructura básica del motor

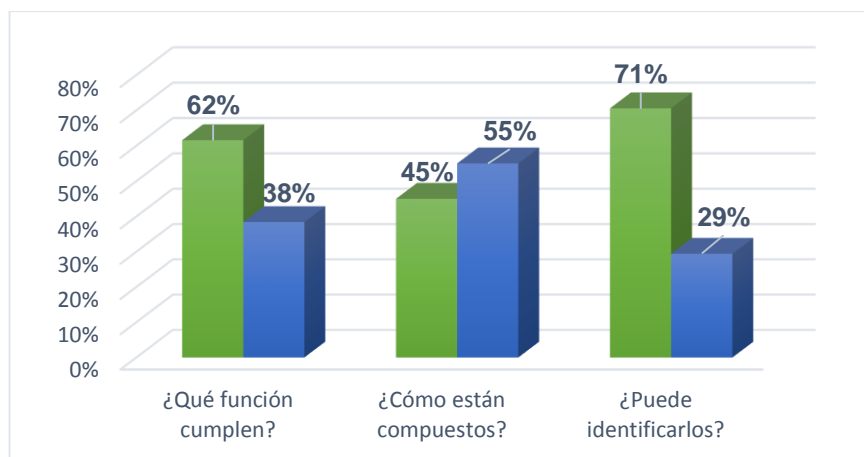
En esta pregunta se plantearon partes fundamentales de un motor de combustión interna. El cuadro 3.1 con los resultados de esta pregunta.

Cuadro 3.1.
Conocimientos de la estructura básica del motor

	¿Conoce usted?		¿Qué función cumple?		¿Cómo está compuesto?		¿Puede identificarlo?	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
El Bloque	13	21	9	25	19	15	19	15
El Pistón	28	6	20	14	29	5	29	5
La Biela	26	8	21	13	30	4	30	4
El Cigüeñal	27	7	21	13	30	4	30	4
El Cabezote	18	16	14	20	23	11	23	11
El Inyector	21	13	14	20	23	11	23	11
El árbol de levas	14	20	8	26	14	20	14	20
Promedio	21	13	15	19	24	10	24	10

Fuente: Encuesta a Guardiamarinas de Tercer año Arma
Elaborado por: El Autor

Gráfico 3.1.
Conocimientos de la estructura básica del motor



Fuente: Cuadro 3.1
Elaborado por: El Autor

Análisis

En el Gráfico 3.1 se observa que el 71% pueden identificar estas partes, un 62% conocen que función cumple, pero un 55% no conocen como están compuestas, esto se da debido a la falta de práctica ya que lo reciben teóricamente porque no existe una herramienta para visualizarlo.

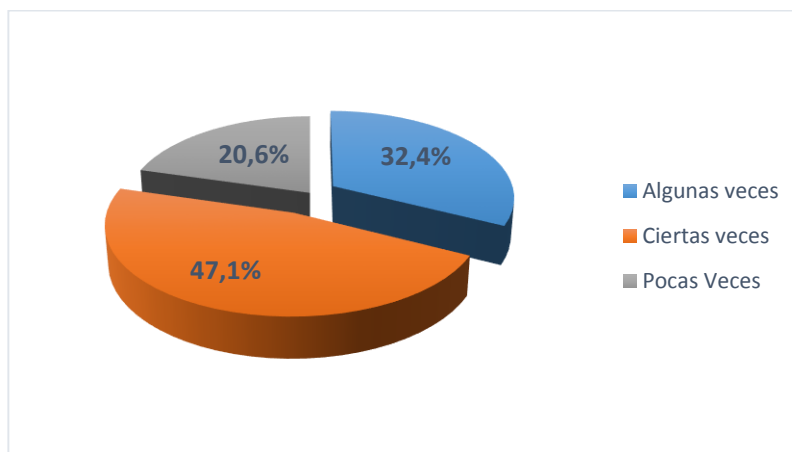
Pregunta 2: ¿Cuántas veces ha estado en contacto con un motor y observar sus partes durante las clases de Maquinaria Naval?

Cuadro 3.2.
Frecuencia de uso de un motor como ayuda didáctica

Escala de valoración	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Algunas veces	11	32,4%	32,4%
Ciertas veces	16	47,1%	79,4%
Pocas Veces	7	20,6%	100,0%
Total	34	100,0%	

Fuente: Encuesta a Guardiamarinas de Tercer año Arma
Elaborado por: El Autor

Gráfico 3.2.
Frecuencia de uso de un motor como ayuda didáctica



Fuente: Cuadro 3.2
Elaborado por: El Autor

Análisis

En el Gráfico 3.2 se observa que el 47,1% de los encuestados ciertas veces han estado en contacto con un motor durante el desarrollo de las Clases de Maquinaria Naval, junto al 20,6% que lo han hecho pocas veces. Esto supera al 32,4% que afirma haberlo hecho algunas veces.

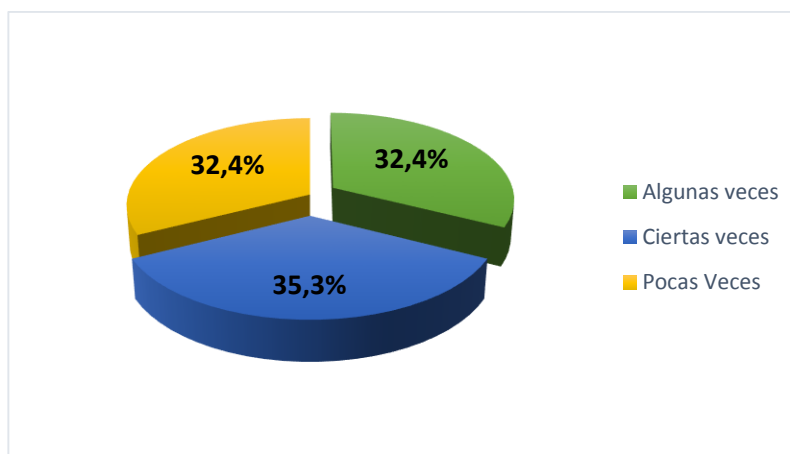
Pregunta 3: ¿Con que frecuencia participó en el mantenimiento o limpieza de un motor durante el desarrollo de la materia Maquinaria Naval II?

Cuadro 3.3.
Frecuencia de participación en la limpieza o mantenimiento de un motor

Escala de valoración	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Algunas veces	11	32,4%	32,4%
Ciertas veces	12	35,3%	67,6%
Pocas Veces	11	32,4%	100,0%
Total	34	100,0%	

Fuente: Encuesta a Guardiamarinas de Tercer año Arma
Elaborado por: El Autor

Gráfico 3.3.
Frecuencia de participación en la limpieza o mantenimiento de un motor



Fuente: Cuadro 3.3
Elaborado por: El Autor

Análisis

Como se ve en el Gráfico 3.3, el 32,4 % de los encuestados pocas veces han participado en el mantenimiento o limpieza de un motor durante las clases de Maquinaria Naval; se suman el 35,3% que lo han realizado ciertas veces mientras que el 32,4% lo han hecho algunas veces.

Pregunta 4: ¿Cree usted que debe existir una ayuda didáctica en el Laboratorio de Maquinaria Naval que nos permita conocer la composición básica de un motor?

Cuadro 3.4.

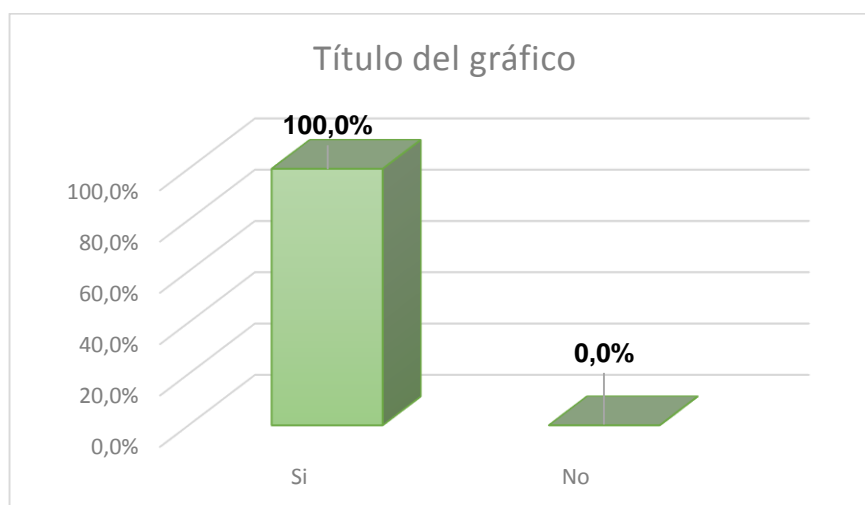
Necesidad de una ayuda académica que permita conocer la composición básica de un motor en el laboratorio de Maquinaria Naval

Escala de valoración	Frecuencia	Porcentaje
Si	34	100,0%
No	0	0,0%
Total	34	100,0%

Fuente: Encuesta a Guardiamarinas de Tercer año Arma
Elaborado por: El Autor

Gráfico 3.4.

Necesidad de una ayuda académica que permita conocer la composición básica de un motor en el laboratorio de Maquinaria Naval



Fuente: Cuadro 3.4
Elaborado por: El Autor

Análisis

El Gráfico 3.4 muestra que el 100% de los encuestados creen que debe haber una ayuda didáctica en el Laboratorio de Maquinaria Naval que permita conocer la composición básica de un motor de combustión interna.

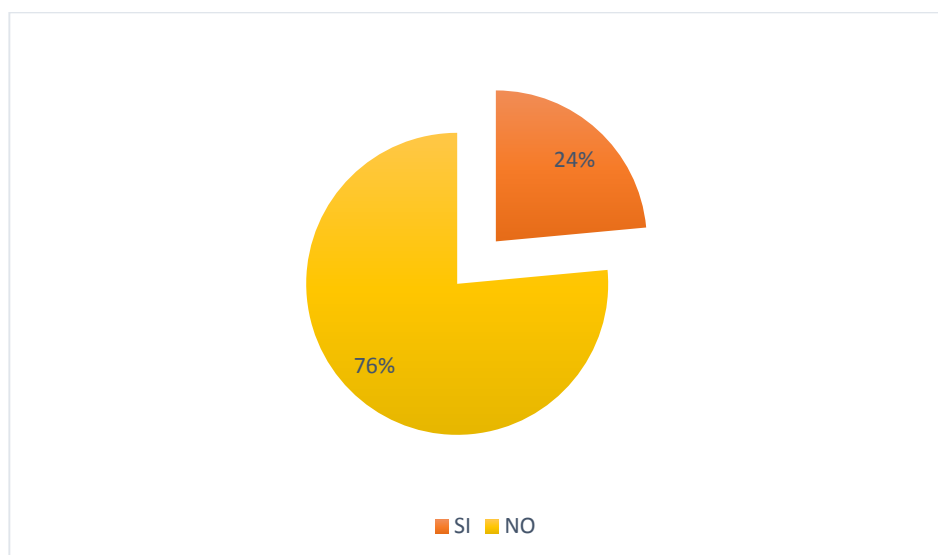
Pregunta 5: ¿Conoce usted cómo funciona internamente un motor?

Cuadro 3.5.
Conocimientos del funcionamiento interno de un motor

Escala de valoración	Frecuencia	Porcentaje
Si	8	23,53%
No	26	76,47%
Total	34	100,0%

Fuente: Encuesta a Guardiamarinas de Tercer año Arma
Elaborado por: El Autor

Gráfico 3.5.
Conocimientos del funcionamiento interno de un motor



Fuente: Cuadro 3.5
Elaborado por: El Autor

Análisis

En el Gráfico 3.5, se observa que el 76% de los encuestados no conocen como funciona internamente un motor, este resultado se debe a la falta de una herramienta que permita observar el funcionamiento del motor de combustión interna.

Análisis general del levantamiento técnico de información

A partir de la encuesta se pudo determinar que la gran mayoría de los Guardiamarinas de Tercer año conocen la función que cumple cada una de las partes más importantes del motor de combustión interna tomadas en cuenta en la Pregunta 1 (ver ANEXO A) y podrían identificarlas, pero los resultados también dan a conocer que no conocen cómo se compone cada parte respectivamente. Además se obtuvo que pocos Guardiamarinas han participado en algún mantenimiento o limpieza de un motor de combustión interna durante el desarrollo de clases. A través de estos resultados se determina la necesidad de una ayuda didáctica que sirva como herramienta para que los Guardiamarinas refuercen los conocimientos teóricos recibidos en el aula observando las partes principales y vean cómo opera internamente un motor de combustión interna.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA PARA LA HABILITACIÓN Y SECCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN EL LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”

4.1 JUSTIFICACIÓN

Al ingresar al Laboratorio de Maquinaria Naval, lo que resalta es un motor grande que se encuentra incompleto, este objeto aparenta ser inútil por su gran tamaño y la dificultad que hay para trabajar en él debido al tamaño y peso de cada pieza; analizándolo de una mejor manera, resulta ser una excelente herramienta donde se puede observar claramente el principio de funcionamiento de un motor de combustión interna.

Ciertamente el bloque de motor se encuentra incompleto debido a que existen piezas del motor como: pistones, cabezotes, filtros, bombas, engranajes, cañerías, etc. Que están dentro del laboratorio, pero se encuentran en mal estado; con la debida atención se podrá aumentar las aplicaciones como ayuda didáctica, a la vez esto producirá un avance para completar su estructura y partes para ser completado.

4.2 OBJETIVO DE LA PROPUESTA

Esta propuesta se da con el fin de que el motor MTU del Laboratorio de Maquinaria Naval quede habilitado para realizar el movimiento alternativo que realizan los pistones y que piezas importantes como: tren de engranaje, cigüeñal, biela, pistón, cabezote, válvula, filtro de aceite y disposición de cilindros sean seccionadas para identificar cuáles son sus partes respectivamente. Antes de esto, dar mantenimiento y realizar el montaje de pistones, cabezotes, múltiples de admisión y escape y filtro de aceite que se encuentran en mal estado. De manera general, que sirva como una ayuda didáctica a la instrucción práctica de los Guardiamarinas, quienes luego de recibir la instrucción teórica en el aula puedan realizar la práctica en el

laboratorio y adquirir conocimientos de una mejor manera y puedan familiarizarse con la composición de los motores de combustión interna.

4.3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se detalla a continuación los procedimientos realizados para el mantenimiento y el seccionamiento de partes principales del motor estudiado:

4.3.1 INSPECCIÓN TÉCNICA

Cumpliendo con el cronograma establecido en el ANEXO B, antes de comenzar a trabajar en el motor, se le debía realizar una inspección técnica en la cual se determinó el trabajo y mantenimiento que se debía aplicar.

Al realizar la inspección al motor, se obtuvo que este contaba con 4 cilindros y bielas montados en el bloque, dos en cada banda y no tenía cabezotes montados tal como se muestra en la Figura 4.1.



Figura 4.1. Estado inicial del motor
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Además, el motor de fuerza con su base estaba desmontado del bloque. Respecto al resto de piezas desmontadas, unas se encontraban a los

alrededores con falta de mantenimiento como cabezotes y tapas de cabezotes en mal estado, esto se puede observar en la Figura 4.2.



Figura 4.2. Cabezote y Tapas de cabezote
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

En la Figura 4.3 se ve un pistón asentado en el piso; si no se le realiza una correcta limpieza para eliminar partículas o residuos puede afectar seriamente al cilindro, además un enfriador de aire.



Figura 4.3. Pistón botado
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

En la Figura 4.4 se ve un cabezote oxidado, partes internas como válvulas, resortes y sistema de inyección se encuentran oxidados; además, externamente posee pintura deteriorada y en mal estado.



Figura 4.4. Cabezote corroído
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Otras piezas en cambio se encuentran en diferentes lugares del laboratorio de Maquinaria Naval que se pueden notar a continuación:

En la Figura 4.5, un múltiple que durante una clase no se pudo concluir con su mantenimiento y se encuentra en el piso del Laboratorio.



Figura 4.5. Múltiple de escape
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

En la Figura 4.6, múltiples, enfriador de aire y otras partes del motor a las cuales no se les dio el mantenimiento completo y se encuentran arrojadas en el piso del Laboratorio.



Figura 4.6. Múltiples y Enfriador de aire
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Diferentes piezas del motor entre estas, tuberías, cañerías, balancines, pernos y tuercas, empaques en mal estado se pueden ver en la Figura 4.7.



Figura 4.7. Diferentes piezas
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

En la Figura 4.8, se observa la bomba de inyección de combustible y en la parte de atrás el enfriador de aceite.



Figura 4.8. Bomba de combustible y enfriador de aceite
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

La Figura 4.9 muestra algunas partes del motor como: pistones con biela, tapa de cabezotes, tornillos, balancines y bomba de agua salada, que fueron recolectados y organizados.



Figura 4.9. Piezas recolectadas
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

En la Figura 4.10 se ve el sistema de fuerza desmontado: un motorreductor sin cable para conexión, una banda desgastada y la base del sistema de fuerza.



Figura 4.10. Sistema de Fuerza desmontado
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Luego se procedió a observar en el interior del bloque de motor que no se encuentre algún elemento que impida rotar al cigüeñal, esto se ve en la Figura 4.11.



Figura 4.11. Verificación en el interior del bloque
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

4.3.2 MANTENIMIENTO

Para poder desmontar los pistones se debía retirar el sombrero de cada biela y para realizar este trabajo había cierta dificultad por el espacio reducido

para manipular los pernos del sombrete de biela; haciendo uso de los dados y la palanca de presión los pernos pudieron ser retirados, en la Figura 4.12 se observa la extracción de un sombrete.



Figura 4.12. Extracción de sombretes
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Luego de retirar los sombretes de las bielas, se retiraron los pistones para realizar limpieza de los cilindros en los que se encontraban. En la Figura 4.13 se ve observa ayuda de otro Guardiamarina para extraer los pistones.



Figura 4.13. Desmontaje de Pistón
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Se realizó la limpieza del bloque del motor utilizando una brocha y gasolina, esta mezcla sirve para eliminar restos de aceite y grasa y también

para retirar el óxido producido en partes directamente expuestas al medio (partes sin pintar), esto se ve en la Figura 4.14.

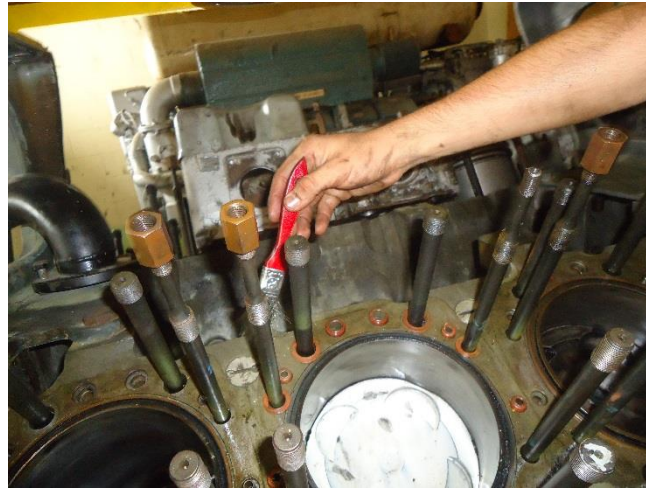


Figura 4.14. Limpieza del bloque
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Para que los pistones se deslicen con facilidad dentro de su respectivo cilindro, los cilindros debían empaparse de aceite; esto ayuda incluso a que el sistema de fuerza realice menos esfuerzo. Se aplicó aceite en los cilindros tal como se ve en la Figura 4.15.



Figura 4.15. Lubricación de cilindros
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Se aplicó una mezcla de aceite con gasolina para remover el óxido de los cabezotes tal como se ve en la Figura 4.16, luego se lijaron para eliminar el aceite y la grasa acumulada.



Figura 4.16. Limpieza del cabezote
Fuente: Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Se cepillaron los cabezotes con un cepillo de bronce como se observa en la Figura 4.17, para remover la acumulación de pintura en la estructura para que no afecte a la pintura nueva.



Figura 4.17. Cepillado del exterior de los cabezotes
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Luego de cepillar, se limpiaron los residuos y el aceite en exceso, como se observa en la Figura 4.18.



Figura 4.18. Limpieza de residuos en el cabezote
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Finalmente se pintaron los cabezotes con pintura en spray de color plomo tal como se ve en la Figura 4.19, ya que esta pintura es de fácil aplicación y secado, además da un buen acabado a la pieza.



Figura 4.19. Pintada de cabezotes
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Antes de montar el sistema de fuerza se debía reparar su base de apoyo debido a que las nuevas bandas que se iban a colocar eran más cortas; se tomaron medidas para realizar perforaciones precisas para que esté

correctamente alineado a la polea del cigüeñal y así evitar que las bandas se salgan. La Figura 4.20 muestra la perforación de la base.



Figura 4.20. Reparación de la base del sistema de fuerza
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

4.3.3 MONTAJE DE PARTES

Luego de realizar el mantenimiento a las partes desmontadas y al bloque del motor se procedió a montar los pistones; se hicieron varias pruebas y al final quedaron montados en total 9 pistones, 5 en el lado izquierdo y 4 en el lado derecho. En la Figura 4.21 se observa la colocación de un pistón en el bloque.



Figura 4.21. Montaje de Pistones
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Después de colocar los pistones de manera correcta, se debía adaptar el sistema de fuerza al motor; La Figura 4.22 muestra cómo se fijó la base a un extremo del bloque tomando en cuenta que se encuentre correctamente ubicada y ajustada, en caso de no hacerlo se produciría inestabilidad del sistema de fuerza y pérdida de potencia.



Figura 4.22. Colocación de la base
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Con la base montada, se procedió a montar el sistema de fuerza, este lo conforma un motorreductor trifásico de $\frac{1}{4}$ hp, que a través de una banda ayuda a que el cigüeñal gire e impulse a los pistones para realizar el movimiento alternativo; en vista de que solo existía una banda y esta estaba desgastada, se la reemplazó por dos banda más pequeñas para lograr un mejor agarre; finalmente se ajustó el motorreductor correctamente a la base

para tensar las dos bandas. En la Figura 4.23 se observa el montaje y la alineación de la banda.



Figura 4.23. Montaje del motorreductor
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Se montaron los 6 cabezotes en el lado derecho del motor. En la Figura 4.24 se observa el montaje de un cabezote, para esto se necesitó la ayuda de dos Guardiamarinas.



Figura 4.24. Montaje de Cabezotes
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

En la Figura 4.25 se observa el montaje de múltiples de admisión y escape en el lado derecho del bloque de motor.



Figura 4.25. Montaje de múltiples de admisión
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Luego de concluir con el montaje y mantenimiento, se adaptó un sistema de iluminación dentro del bloque del motor como se observa en la Figura 4.26 con el objetivo de apreciar el movimiento que realiza el cigüeñal en conjunto con las bielas.



Figura 4.26. Iluminación en el motor
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

4.3.4 PRUEBAS REALIZADAS

Durante el montaje de partes y mantenimiento realizado al motor, se realizaron las siguientes pruebas:

4.3.4.1 Primera Prueba

En esta prueba, el motor constaba con cuatro pistones sin cabezotes. Se debía probar que el motorreductor funcione correctamente antes de ser montado, por esto, se le adaptó un cable para conectarlo al tomacorriente (ver la Figura 4.27) y una vez realizado se comprobó que si encendía. Luego, se montó el motorreductor y se colocó la antigua banda; cuando se encendió el motorreductor, la banda patinaba sobre la polea del motorreductor.



Figura 4.27. Adaptación de cable para conexión
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

En vista de que el motorreductor no pudo hacer rotar el cigüeñal se realizó el movimiento de manera manual para comprobar algún inconveniente dentro del motor, hasta que llegó un punto en donde se trabó.

4.3.4.2 Segunda Prueba

Se reemplazó la antigua banda por dos nuevas y se modificó la base del motorreductor para que estas queden tensas. También se acomodaron las bielas para que el cigüeñal pueda rotar sin problemas.

Al encender el motorreductor el sistema se quedaba, con esto se pudo determinar que como el motorreductor posee conexión trifásica, y la fuente de energía del Laboratorio es monofásica, el motorreductor lleva una conexión

para convertirlo en monofásico (ver la Figura 4.28), esta conexión disminuye su potencia al momento del arranque.



Figura 4.28. Conversión trifásica a monofásica
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Debido a esto, es necesario aplicar una fuerza de rotación manualmente al volante, para sacar del reposo al cigüeñal.

4.3.4.3 Tercera Prueba

Se montaron dos pistones más, uno en cada banda, para que se vea el movimiento alternativo de una manera más completa, se encendió el motorreductor como se lo hizo anteriormente y se realizó el movimiento sin problemas.

Se montaron dos cabezotes para determinar si afectaban en algo al sistema ya funcionando y se vio que aumentó la presión dentro del cilindro reduciendo la velocidad con la que el cigüeñal daba vueltas y además el motorreductor empezó a recalentarse; a pesar de este problema se pudo escuchar como el motor realizaba un ruido como especie de una respiración fuerte. No era conveniente dejar asentados los cabezotes, ya que el motorreductor podía recalentarse y dejar de funcionar, así que se dejó cierto

espacio libre entre el bloque y la parte inferior de los cabezotes (ver la Figura 4.29).

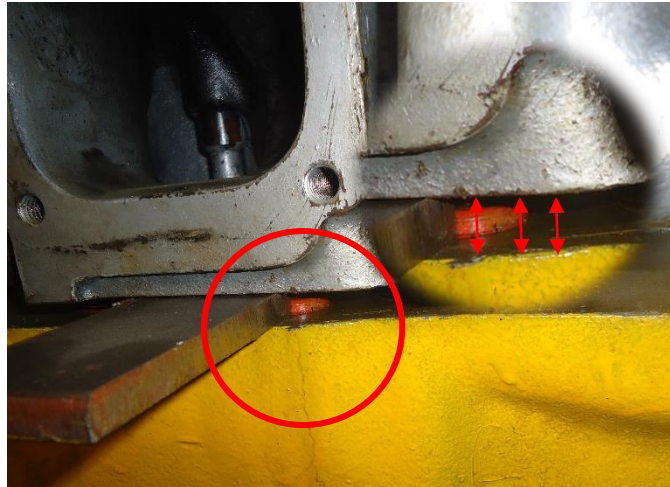


Figura 4.29. Distancia entre el cabezote y bloque
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Al final de esta prueba, el motor quedó con 6 pistones y dos cabezotes montados.

4.3.4.4 Cuarta Prueba

Se montaron dos pistones y dos cabezotes más en el motor, se encendió el motorreductor como ya se lo había hecho antes y el sistema no dio problemas con los 8 pistones y 4 cabezotes montados.

Para que se pueda observar otro proceso de un motor de combustión interna en el banco didáctico se colocaron las varillas de empuje de los balancines en los 4 cabezotes. Se creía que esto no afectaría en nada al sistema ya funcionando y que las válvulas de los cabezotes no tenían problemas, pero fue todo lo contrario, aumentó la inercia en el cigüeñal y había ciertas válvulas que se quedaron atoradas.

Por la falta de herramientas en el laboratorio, no se pudo reparar las válvulas para que no se atoren, así que se retiraron las varillas de empuje de todos los cabezotes.

4.3.4.5 Quinta Prueba

Se montaron dos pistones y el último cabezote que se tenía disponible, dando un total de 10 pistones y 5 cabezotes, pero la potencia del motorreductor no pudo moverlos ya que aumentó la inercia del cigüeñal; por este motivo se removió un pistón y se volvió a probar. Así se pudo determinar que el motorreductor es capaz de rotar el cigüeñal con hasta 9 pistones montados (5 de una banda y 4 de otra).

4.3.4.6 Sexta Prueba

Tomando la idea de la cuarta prueba, de que los balancines se muevan, se volvieron a colocar las varillas de empuje esta vez en 3 cabezotes sin obtener buenos resultados.

Se realizó la prueba con 2 cabezotes y otra vez falló. Este problema se daba debido a que en el momento en que las varillas de empuje subían para abrir las válvulas levantaban en peso a los cabezotes, por esto, los cabezotes debían ajustarse al bloque por medio de tuercas y esto ocasionaba presión a la subida de los pistones.

4.3.4.7 Séptima prueba

Esta fue la prueba final en donde el motor operó solo con 1 cabezote que tenía puesto las varillas de empuje de los balancines, aquí no hubieron problemas para que el motor realice el movimiento alternativo. Luego de esta prueba, el motor quedó con 9 pistones montados y 5 cabezotes de los cuales 1 realiza la apertura y cierre de válvulas, además el movimiento alternativo se observa de una manera correcta de manera externa e internamente con ayuda del sistema de iluminación instalado.

4.3.5 SECCIONAMIENTO

Se extrajeron imágenes de partes fundamentales y datos adicionales del manual de operación del motor estudiado para ser rotuladas, con el fin de facilitar el aprendizaje de motores de combustión interna durante las clases de Maquinaria Naval. Entre estas tenemos:

4.3.5.1 Disposición de Cilindros

Al ser un motor en “V”, se compone de dos bloques de 6 cilindros en línea distribuidos tal como se muestra en la Figura 4.30.

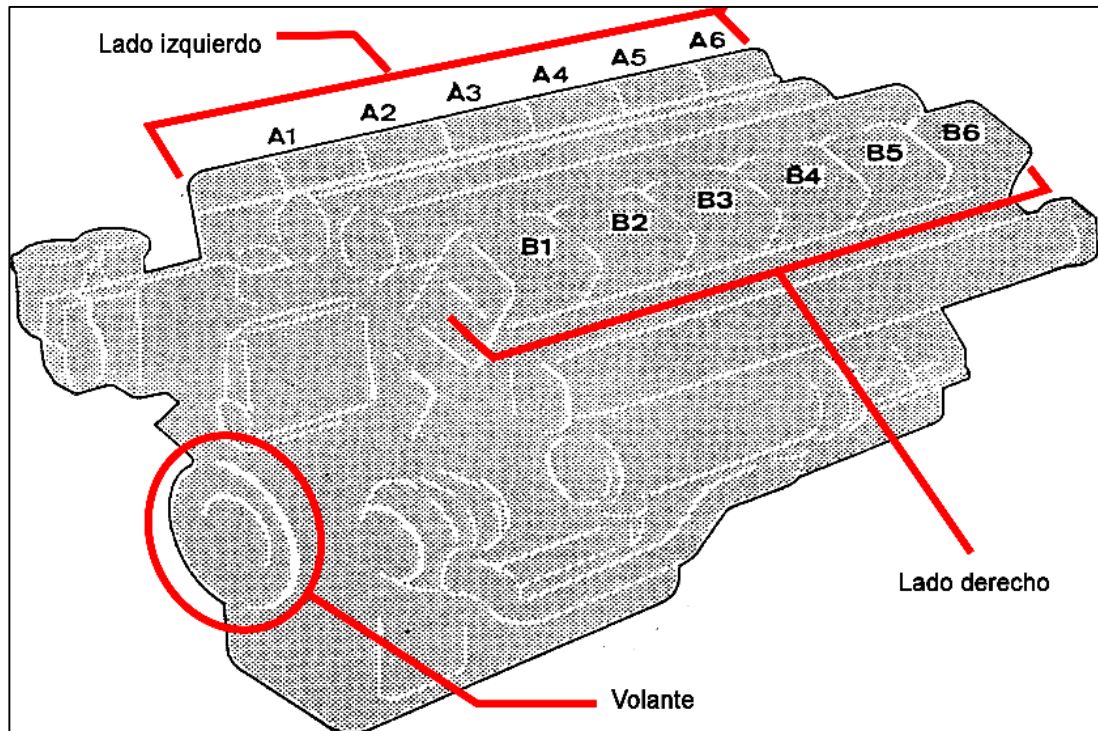


Figura 4.30. Rotulación del motor

Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)

Elaborado por: El Autor

En el Cuadro 4.1 se muestra cómo va orientado el motor de acuerdo a la Figura 4.30.

Cuadro 4.1.

Rotulación del motor

Lado	Descripción
Frontal	Se encuentra la polea de distribución
Posterior	Se encuentra el volante de inercia
Derecho	Corresponde al lado B; los cilindros se enumeran de atrás hacia adelante
Izquierdo	Corresponde al lado A; los cilindros se enumeran de atrás hacia adelante

Fuente: Figura 4.30

Elaborado por: El Autor

4.3.5.2 Tren de engranaje.

El cigüeñal, bomba de inyección, bomba de agua y demás elementos rotatorios, van conectados al tren de engranaje, en la Figura 4.31 se muestra el sistema de engranaje del motor MTU.

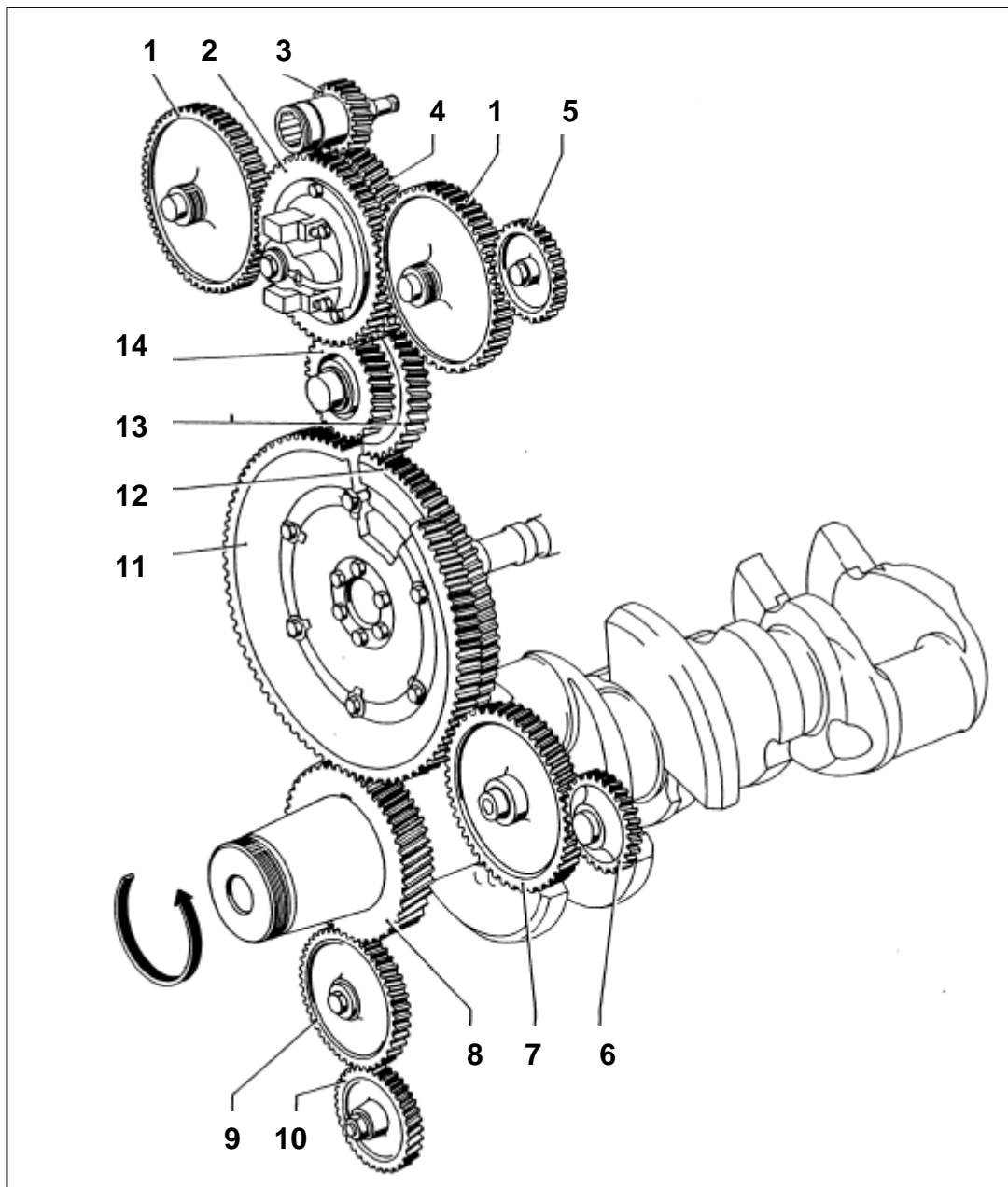


Figura 4.31. Tren de engranaje
Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)

En el Cuadro 4.2 se muestra el nombre de cada engranaje según el número que se le ha asignado.

Cuadro 4.2.
Rotulación del tren de engranaje

Número	Descripción
1	Rueda de accionamiento de la bomba de inyección
2	Rueda intermedia de accionamiento de las bombas de inyección
3	Rueda de accionamiento del regulador MTU
4	Rueda de accionamiento del variador avance a la inyección
5	Rueda de accionamiento del cuentarrevoluciones
6	Rueda del cigüeñal
7	Rueda de accionamiento de la bomba de agua refrigerante
8	Rueda del cigüeñal
9	Rueda de accionamiento de la bomba de aceite
10	Rueda intermedia para accionamiento de la bomba de aceite
11	Rueda mayor del árbol de levas
12	Rueda pequeña del árbol de levas
13	Rueda mayor intermedia
14	Rueda intermedia pequeña

Fuente: Figura 4.31
Elaborado por: El Autor

4.3.5.3 Seccionamiento del Cigüeñal

La Figura 4.32 representa el seccionamiento del cigüeñal del motor.

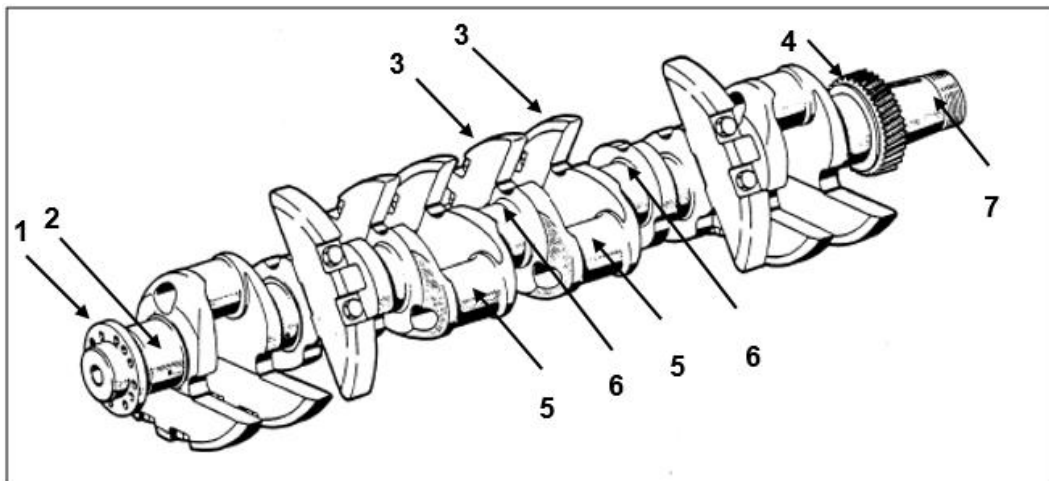


Figura 4.32. Seccionamiento del cigüeñal
Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)
Elaborado por: El Autor

En el Cuadro 4.3 se muestra el nombre de cada parte del cigüeñal según el número que se le ha asignado.

Cuadro 4.3.
Rotulación del cigüeñal

Número	Descripción
1	Plato de amarre (para el Volante de inercia)
2	Conducto de aceite
3	Contrapesos
4	Engranaje del cigüeña
5	Muñequillas
6	Muñones principales
7	Nariz del cigüeñal (para colocar una polea)

Fuente: Figura 4.32
Elaborado por: El Autor

4.3.5.4 Seccionamiento de la Biela

La Figura 4.33 indica las partes y componentes de la biela.

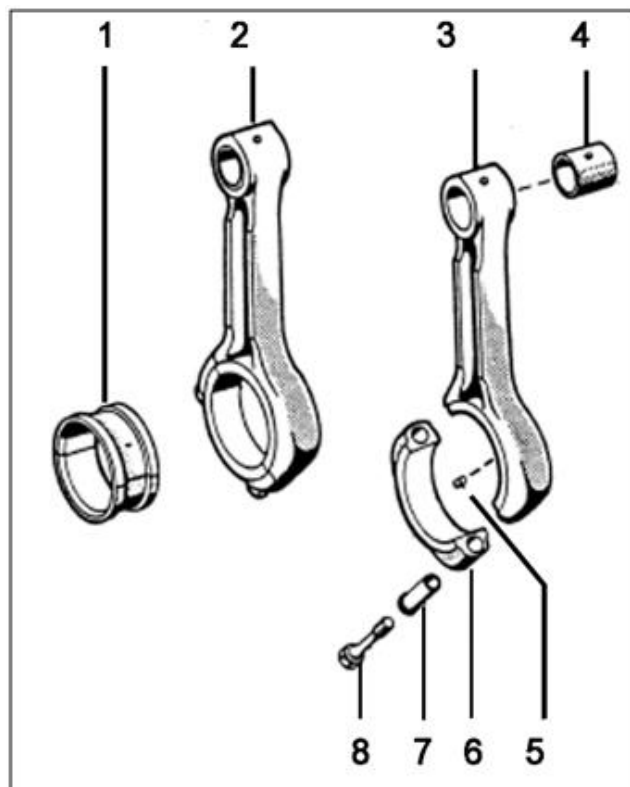


Figura 4.33. Seccionamiento de la biela

Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)

Elaborado por: El Autor

En el Cuadro 4.4 se muestra el nombre de cada parte de la biela según el número que se le ha asignado.

Cuadro 4.4.
Rotulación de la biela

Número	Descripción
1	Cojinete de biela
2	Biela
3	Pie de biela
4	Cojinete de pie de biela
5	Pasador de alineación
6	Sombrete de biela
7	Bocín del perno del cojinete
8	Perno del cojinete

Fuente: Figura 4.33
Elaborado por: El Autor

4.3.5.5 Seccionamiento del Pistón

La Figura 4.34 muestra el seccionamiento de un pistón del motor estudiado.

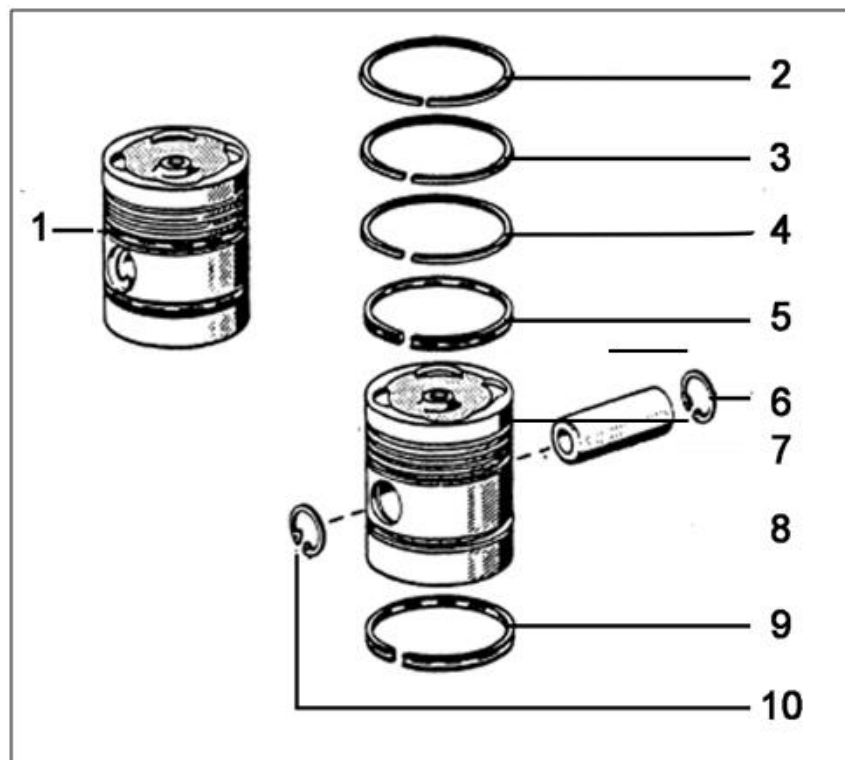


Figura 4.34. Seccionamiento del pistón

Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)
Elaborado por: El Autor

En el Cuadro 4.5 se muestra el nombre de cada parte del pistón según el número que se le ha asignado.

Cuadro 4.5.
Rotulación del pistón

Número	Descripción
1	Pistón completo
2	Anillo de compresión #1
3	Anillo de compresión #2
4	Anillo de compresión #3
5	Anillo rascador de aceite superior
6	Anillo de seguridad
7	Bulón
8	Faldón del pistón
9	Anillo rascador de aceite inferior
10	Anillo de seguridad

Fuente: Figura 4.34
Elaborado por: El Autor

4.3.5.6 Seccionamiento del Cabezote

La Figura 4.35 indica el seccionamiento de un cabezote del motor estudiado.

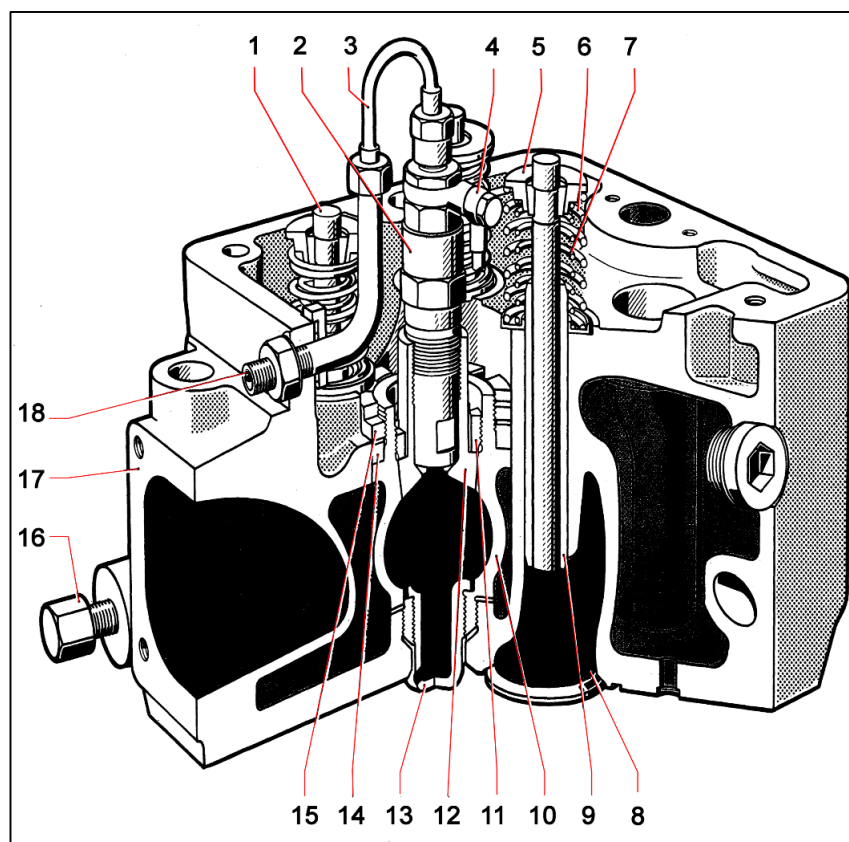


Figura 4.35. Seccionamiento del cabezote
Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)
Elaborado por: El Autor

En el Cuadro 4.6 se muestra el nombre de cada parte del cabezote según el número que se le ha asignado.

Cuadro 4.6.
Rotulación del cabezote

Número	Descripción
1	Válvula de admisión
2	Porta tobera
3	Conducto de inyección de combustible
4	Conexión para el conducto de combustible de fuga
5	Plato del resorte
6	Resorte de válvula exterior
7	Resorte de válvula interior
8	Válvula de escape
9	Guía de la válvula para la válvula de escape
10	Cámara de pre-combustión
11	Anillo de presión
12	Pieza de conexión
13	Quemador
14	Anillo de junta
15	Tuerca anular
16	Válvula de descompresión
17	Culata
18	Conexión para el conducto de inyección de combustible

Fuente: Figura 4.35
Elaborado por: El Autor

4.3.5.7 Seccionamiento de la válvula

En la Figura 4.36 se ve el seccionamiento de una válvula

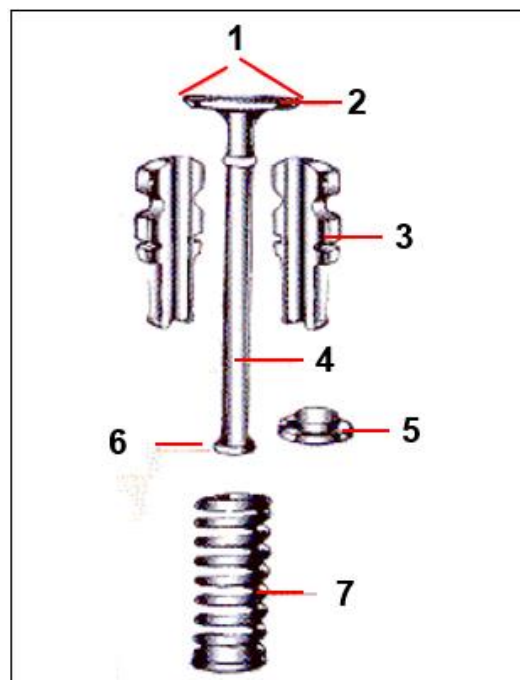


Figura 4.36. Seccionamiento de la válvula
Fuente: <http://www.geocities.ws/mecanicainacap/valvulas.html>

En el Cuadro 4.7 se muestra el nombre de cada parte de la válvula según el número que se le ha asignado.

Cuadro 4.7.
Rotulación de la válvula

Número	Descripción
1	Asientos
2	Cabeza
3	Guía
4	Vástago
5	Chaveta
6	Saliente
7	Resorte

Fuente: Figura 4.36

Elaborado por: El Autor

4.3.5.8 Seccionamiento del filtro de aceite centrífugo

El filtro de aceite (ver Figura 4.37) en un motor de combustión interna es indispensable ya que mantiene el aceite limpio sin partículas que puedan ocasionar algún desgaste.

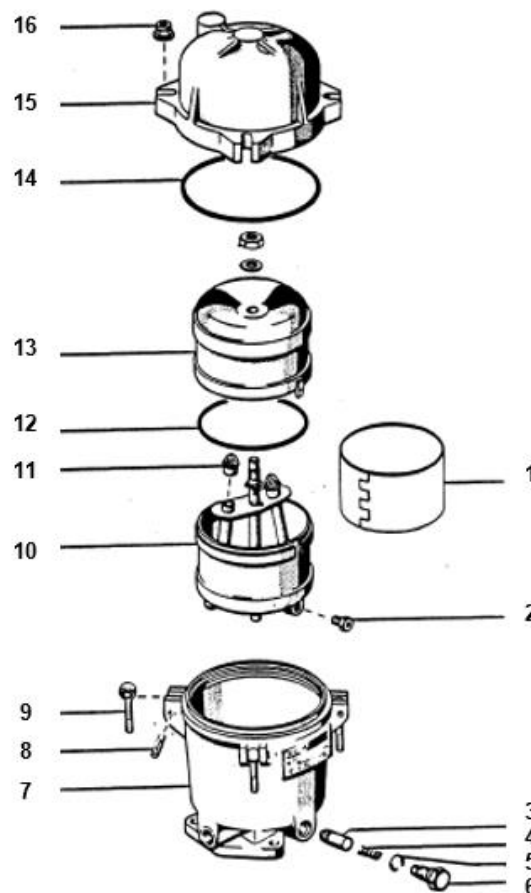


Figura 4.37. Seccionamiento del filtro de aceite centrífugo

Fuente: (Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L, 2009)

Elaborado por: El Autor

En el Cuadro 4.8 se muestra el nombre de cada parte del filtro de aceite centrífugo según el número que se le ha asignado.

Cuadro 4.8.
Rotulación del filtro de aceite centrífugo

Número	Descripción
1	Inserción de la manga
2	Boquilla
3	Válvula
4	Resorte de la válvula
5	Anillo de estanqueidad
6	Plug
7	Estructura inferior
8	Pasador ranurado
9	Tornillo de ojo
10	Base de rotor
11	Colador
12	Anillo de estanqueidad
13	Tapón del rotor
14	Sello de tapa de la carcasa
15	Tapa de la carcasa
16	Tuerca

Fuente: Figura 4.37
Elaborado por: El Autor

4.3.6 CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Luego de la observación, el trabajo realizado y la experiencia durante el mantenimiento del motor MTU, para conservar el motor como ayuda didáctica, se debe:

Aplicar una mezcla de aceite y gasolina con el uso de una brocha o trapo sobre toda la estructura del motor como se ve en la Figura 4.38, especialmente

en las partes que se encuentren expuestas o sin pintar, evitando aplicar sobre la banda, la polea del motor y motorreductor.



Figura 4.38. Mantenimiento del motor
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Retirar la tapa de los cabezotes y aplicar la mezcla de aceite y gasolina en los cabezotes.

Verificar que las tuercas del sombrero de biela no se encuentren demasiado ajustadas.

Al momento de desmontar alguna parte, tener en cuenta los pernos, puesto que pueden confundirse o extraviarse.

Aplicar aceite lubricante en el cilindro como se observa en la Figura 4.39, observando que el respectivo pistón se encuentre en el PMI; esto se deberá hacer en todos los cilindros, incluso en los que no hayan pistones montados.



Figura 4.39. Aplicación de aceite lubricante
Fuente: Laboratorio de Maquinaria Naval
Elaborado por: El Autor

Dar 3 vueltas completas hacia cualquier dirección manualmente al volante del motor para evitar que los cilindros se resequen y los pistones se queden pegados.

4.3.7 LIMITACIONES AL MANTENIMIENTO DEL MOTOR

El principal inconveniente para dar mantenimiento a este motor, es la asignación de recursos; no solo se da en esta época sino que con el pasar de los años, los recursos con los que se le ha dado el mantenimiento, pintura y ciertos elementos han venido de los Guardiamarinas; debido a esto, el material que se empleó en el mantenimiento, como se ve en el ANEXO C, fue adquirido mediante recursos propios.

Otro inconveniente es la falta de tiempo, pues son escasas las horas de instrucción que reciben los Guardiamarinas para trabajar en las maquetas que posee el Laboratorio de Maquinaria Naval y aún más, darles el mantenimiento que estas requieren.

El Laboratorio no cuenta con la seguridad apropiada para realizar prácticas, pues en él no existe la adecuada rotulación, objetos de protección como: guantes, tapa oídos o lentes de protección; debido a esto resulta no conveniente realizar trabajos de soldadura, corte o perforación.

Debido al gran tamaño del motor y al reducido espacio que lo rodea, sus partes resultan ser muy pesadas si el mantenimiento es realizado por una sola persona; por esto se necesitó la ayuda de tres Guardiamarinas para el montaje y desmontaje de estas.

CONCLUSIONES

Mediante la encuesta a los Guardiamarinas de Tercer año Arma se determinó que es necesario que exista una ayuda didáctica que describa un motor de combustión interna para complementar la enseñanza teórica que se da en clase.

La adaptación de más pistones al bloque de motor permitirá observar de mejor forma el movimiento alternativo que realizan los motores de combustión interna.

El seccionamiento de cabezote, pistón, biela y filtro de aceite propios del motor estudiado contribuirá a un mejor desarrollo de la instrucción práctica a los Guardiamarinas.

La operatividad del banco didáctico mejorará la calidad de enseñanza a los Guardiamarinas de la materia Maquinaria Naval.

La habilitación del banco didáctico de motor MTU permitirá la vinculación entre los conocimientos teóricos y prácticos, favoreciendo a las competencias profesionales del Guardiamarina para su desempeño en la división de Ingeniería en una Unidad Naval.

RECOMENDACIONES

Integrar partes como: bomba de inyección de combustible, filtro de combustible, filtros de aire, bomba de aceite, bomba de agua salada al motor MTU para describir de una mejor manera un motor de combustión interna.

Completar el motor con 12 pistones para observar correctamente el movimiento y sincronización de los pistones al realizar el movimiento alternativo.

Elaborar un manual en donde se detalle el seccionamiento de las partes básicas del motor de combustión interna para facilitar la enseñanza durante las prácticas en el Laboratorio.

Mantener el banco didáctico de motor operativo realizando mantenimientos periódicos para evitar que se den problemas para ser usado como ayuda académica.

Montar la bomba de inyección, bomba de aceite y habilitar el movimiento de los balancines para que se pueda observar la sincronización que realizan en conjunto con el movimiento alternativo de los pistones.

Italia90. (20 de Agosto de 2009). *Taringa*. Recuperado el 07 de Octubre de 2014, de <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/3220524/Entra-y-aprende-que-es-un-arbol-de-levas.html>

Lucas. (22 de agosto de 2013). *Aprender Mecánica*. Recuperado el 12 de agosto de 2014, de <http://www.aprendermecanica.com.ar/2013/08/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre.html>

Manual de Operación de Motor MTU 12 V 493 AZ80-GA31L. (2009).

mecanicafacil.info. (s.f.). Recuperado el 06 de Octubre de 2014, de <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=biela>

Melgar, A. (s.f.). *www.uva.es*. Recuperado el 13 de agosto de 2014, de https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/389/51445/1/Documento.pdf

MOTORGIGA. (01 de septiembre de 2010). Recuperado el 22 de agosto de 2014, de <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/balancin-definicion-significado/gmx-niv15-con193082.htm>

Páginas Amarillas Cantv. (11 de Marzo de 2011). Recuperado el 06 de Octubre de 2014, de http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=7932:que-es-un-piston&catid=54:automotriz&Itemid=77

PCWEB. (19 de Marzo de 2014). *Royal Factoria*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de <http://royalautomotriz.com/motores-de-combustion-externa-e-interna/>

Pérez Gonzales, A. (29 de enero de 2008). *mecapedia.uji.es*. Recuperado el 21 de agosto de 2014, de http://www.mecapedia.uji.es/arbol_de_levas.htm

Sabelotodo.org. (s.f.). Recuperado el 26 de Octubre de 2014, de <http://www.sabelotodo.org/automovil/inyectores.html>

Sanz, S. (2011). *Motores*. EDITEX. Recuperado el 13 de agosto de 2014, de http://books.google.com.ec/books?id=_7HEAwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Sapolander. (s.f.). Recuperado el 08 de Octubre de 2014, de <http://sapolander.wordpress.com/valvulas-en-motores-de-cuatro-tiempos/>

tallerdemecanica.com. (26 de mayo de 2011). Recuperado el 19 de agosto de 2014, de http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/common_rail/2_motor_diesel.html

uclm.es. (s.f.). Recuperado el 19 de agosto de 2014, de https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/ciclo_teorico.pdf

Uyaque Obando, G. (2 de diciembre de 2008). *maquinariasagricolas.blogspot.com*. Recuperado el 11 de julio de 2014, de <http://maquinariasagricolas.blogspot.com/2008/12/bloque-es-la-estructura-bsica-del-motor.html>

Vazquez, F. (22 de Diciembre de 2012). *Taringa.net*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2014, de <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/16128987/Arquitectura-del-motor.html>

Widman International SRL. (2009). Recuperado el 11 de 09 de 2014, de <http://www.widman.biz/Productos/filtro-aceite.html>