

**MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE LOS BANCOS DEL LABORATORIO
DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS (MTA) PARA EL DESARROLLO
DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO Y ENSAYOS DE GRUPOS DE
INVESTIGACIÓN EN EL NUEVO EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA**

YANLON CORZO RUIZ

HAROLD DANILO GÓMEZ CARDOZO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2019

**MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE LOS BANCOS DEL LABORATORIO
DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS (MTA) PARA EL DESARROLLO
DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO Y ENSAYOS DE GRUPOS DE
INVESTIGACIÓN EN EL NUEVO EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA**

YANLON CORZO RUIZ

HAROLD DANILO GÓMEZ CARDOZO

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director:

JORGE LUIS CHACÓN VELASCO

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2019

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios quien me ha permitido culminar con éxito una de las etapas más importantes en mi vida.

A mis padres Bettsi Rocío Ruiz Hernández y Orlando Corzo Esteban, por el gran esfuerzo que han hecho todos estos años para brindarme la oportunidad de estudiar una carrera profesional y con esto mejorar mi calidad de vida. Ellos con su constante apoyo, disciplina y gran ejemplo, me demostraron que, con trabajo, constancia y esfuerzo, los sueños se pueden hacer realidad.

A mi hermano Brayan Corzo Ruiz, quien ha sido mi compañero, amigo, colaborador y gran apoyo en aquellos momentos en los cuales necesité consejos para no decaer en este arduo camino que es la formación académica.

A toda mi familia en general, quienes de diversas formas me apoyaron y manifestaron su afecto para que mi sueño hoy sea una realidad.

A mis amigos, con quienes he compartido muchos momentos y que en general siempre estuvieron para brindarme su apoyo.

A Harold Danilo Gómez Cardozo, amigo y compañero, con su trabajo, constancia, inteligencia y apoyo pudimos llevar a cabo la culminación de nuestro proyecto de grado.

Yanlon Corzo

DEDICATORIA

A Dios primeramente, por darme salud, paciencia y perseverancia para poder cumplir esta gran meta en mi vida.

A mis padres Adán Danilo Gómez Olivar y Nhora Isabel Cardozo Giraldo por brindarme siempre su amor, cariño, ejemplo y apoyo incondicional en este arduo proceso para obtener mi título como profesional.

A mis hermanos Laura y Arnold Gómez, por estar siempre para mí en cada momento y logro de mi vida.

A mi compañero Yanlon Corzo Ruiz por su dedicación y compromiso para sacar este proyecto adelante y culminarlo de la mejor manera.

Harold Gómez

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Luis Chacón Velasco, director del proyecto, por darnos la oportunidad y la confianza de realizar este trabajo de grado.

A Fredy Vargas Quintero, técnico de la escuela, por su apoyo y ayuda en el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, a sus docentes, administración y demás personas que hicieron parte de nuestra formación académica.

A cada uno de los compañeros y amigos que estuvieron presentes durante esta importante etapa de nuestras vidas.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
2. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	20
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1 MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS.....	23
4.2 COMPRESORES.....	24
4.2.1 Tipos de Compresores.....	25
4.3 MOTOR DE DOS TIEMPOS	29
4.3.1 Funcionamiento.	30
4.4 MOTOR DE CUATRO TIEMPOS	32
4.5 MOTOR DE IGNICIÓN POR CHISPA	34
4.6 MOTOR DIÉSEL.....	35
4.6.1 Principio de Funcionamiento.....	36
4.7 SISTEMA DE ARRANQUE	37
4.7.1 Arranque por Motor Eléctrico	38
4.7.2 El Motor Eléctrico.....	39
4.8 SISTEMA DE IGNICIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	41
4.9 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	44
4.9.1 Tipos De Inyección.....	47
4.10 COMBUSTIBLES	48
5. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN REFERENTE A CADA UNO DE LOS BANCOS DEL L.M.T.A.	51
5.1 BANCO DE ENCENDIDO	51
5.2 BANCO DE INYECCION DE GASOLINA.	53
5.3 BANCO DE METROLOGÍA	55

5.4 BANCO DE COMPRESORES	57
5.5 OTROS BANCOS	60
5.6 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL LABORATORIO.	60
5.6.1 Resultados del Análisis D.O.F.A.	62
6. DIAGNÓSTICO DE BANCOS	64
6.1 BANCO MOTOR TOYOTA F110	65
6.2 BANCO MOTOR RENAULT 4	66
6.3 BANCO MOTOR KIA	68
6.4 CUATRIMOTO	69
6.5 BANCO MOTOR CUMMINS EN CORTE – DIÉSEL.....	70
6.6 BANCO MOTOR A GASOLINA EN CORTE.....	71
6.7 BANCO SIMULADOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA.....	72
7. INVENTARIO DE HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS.....	74
8. ESTUDIO DE POSIBLES DISTRIBUCIONES EN PLANTA EN EL L.M.T.A.	84
9. EXAMEN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS BANCOS DE PRUEBAS DEL L.M.T.A.	92
10. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN..	97
11. APLICACIÓN NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	116
11.1 Código NFPA 30: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES INFLAMABLES Y COMBUSTIBLE	116
11.2 NTC 1461: HIGIENE Y SEGURIDAD. COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD.....	117
11.3 NTC 1819: FACTORES HUMANOS. FUNDAMENTOS ERGONOMICOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE TRABAJO	120
12. IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO	122
13. COSTOS.....	124
14. CONCLUSIONES	126
15. RECOMENDACIONES	128
16. APORTES.....	129
BIBLIOGRAFÍA.....	130

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cabezal para compresor de pistón.	27
Figura 2. Ciclo motor de dos tiempos.	31
Figura 3. Ciclo motor cuatro tiempos.	33
Figura 4. Esquema eléctrico del sistema de arranque.	38
Figura 5. Vista de un sistema de arranque típico.	39
Figura 6. Motor de arranque seccionado.	40
Figura 7. Sistema de encendido motor de combustión interna.	41
Figura 8. Sistema de Inyección.	45
Figura 9. Estado Inicial del Banco.	52
Figura 10. Banco de Encendido.	53
Figura 11. Banco de Inyección antiguo.	54
Figura 12. Actual Banco de Inyección.	55
Figura 13. Banco de Metrología.	56
Figura 14. Antiguo Banco de Compresores.	58
Figura 15. Actual Banco de Compresores.	59
Figura 16. Motor Toyota F110.	65
Figura 17. Motor Renault 4.	66
Figura 18. Motor KIA Diesel.	68
Figura 19. Cuatrimoto.	69
Figura 20. Motor Cummins en Corte - Diesel.	70
Figura 21. Motor a Gasolina en Corte.	71
Figura 22. Banco de Inyección Electrónica de Gasolina.	72
Figura 23. Distribución en Planta Alternativa 1.	86
Figura 24. Distribución en Planta Alternativa 2.	87
Figura 25. Distribución en Planta Alternativa 3.	88
Figura 26. Propuesta de Diseño del Sistema de Extracción de Gases.	99

Figura 27. Datos Técnicos para Ductos.....	100
Figura 28. Datos Técnicos para Codos.....	101
Figura 29. Datos Técnicos para Reducciones.	102
Figura 30. Injertos Aerolíticos.	103
Figura 31. Datos Técnicos para Injertos Aerolíticos.....	103
Figura 32. Tubos Flexibles.....	104
Figura 33. Especificaciones del ventilador en el extractor necesario.....	108
Figura 34. Especificaciones del ventilador existente.....	109
Figura 35. Elementos de Soporte.	110
Figura 36. Manguitos de unión macho.....	111
Figura 37. Manguitos de unión hembra.	112
Figura 38. Abrazaderas herméticas.....	113

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultados del Análisis D.O.F.A.	62
Tabla 2. Diagnóstico Motor Toyota F110.	65
Tabla 3. Diagnóstico Motor Renault 4.	67
Tabla 4. Diagnóstico Motor KIA Diésel.	68
Tabla 5. Diagnóstico Cuatrimoto.	69
Tabla 6. Diagnóstico Motor Cummins en Corte – Diesel.....	70
Tabla 7. Diagnóstico Motor a Gasolina en Corte.	71
Tabla 8. Diagnostico Banco de Inyección Electrónica de Gasolina.	72
Tabla 9. Inventario de Herramientas y Equipos L.M.T.A.....	74
Tabla 10. Clasificación de elementos del L.M.T.A.	85
Tabla 11. Numeración de equipos	89
Tabla 12. Análisis Matriz Q.F.D.	90
Tabla 13. Resultados Matriz Q.F.D.	90
Tabla 14. Hoja de Chequeo Motor Renault 4 y KIA Diésel.	94
Tabla 15. Hoja de Chequeo Cuatrimoto.....	95
Tabla 16. Hoja de Chequeo Motor Toyota F110.	96
Tabla 17. Pérdidas Totales en el Sistema.....	106
Tabla 18. Valor del Sistema de Extracción de Gases.	114
Tabla 19. Señales implementadas en el L.M.T.A.....	118
Tabla 20. Formato para Prácticas de Laboratorio.....	123
Tabla 21. Costo de la puesta en marcha.	124
Tabla 22. Costo Total.....	125

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Imágenes de las Reparaciones Realizadas.....	132
Anexo B. Inventario de Herramientas y Equipos del L.M.T.A.....	136
Anexo C. Fotografías y Planos de la Distribución en Planta.....	148
Anexo D. Planos del Sistema de Extracción de Gases.....	154
Anexo E. Aplicación de Normas de Seguridad.....	159
Anexo F. Manual de Guías de Laboratorio.....	166
Anexo G. Catalogo Greenheck Product Category	
Anexo H. Catalogo SPIRO System	

“Los anexos G y H están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”

RESUMEN

TITULO: MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE LOS BANCOS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS (MTA) PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO Y ENSAYOS DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN EL NUEVO EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA*

AUTORES: YANLON CORZO RUIZ
HAROLD DANILO GOMEZ CARDOZO**

PALABRAS CLAVES: MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS, MOTORES, LABORATORIO.

DESCRIPCIÓN:

En este trabajo de grado se realizó el montaje y puesta en marcha del laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas (MTA) en el nuevo edificio de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

Para llevar a cabo esto se realizó un mantenimiento correctivo a cada uno de los bancos de prueba que allí se encuentran basados en un diagnóstico realizado con anterioridad, sumado a esto se entregó un diseño para un sistema de extracción de gases de escape el cual es indispensable para el correcto funcionamiento del mismo, debido a que las maquinas térmicas alternativas son grandes gestores de gases nocivos para la salud, además se muestra un inventario y distribución en planta de cada uno de los equipos y herramientas con los que cuenta el laboratorio, dicha distribución en planta hecha con la ayuda del software de diseño SolidWorks, se hizo basada en normas de ergonomía y seguridad industrial, las cuales garantizan el bienestar de los usuarios del laboratorio, también se doto al laboratorio de un manual para la realización de prácticas, en el que se usan la totalidad de los equipos con los que se cuenta en este momento, para finalizar se realizaron una serie de recomendaciones para garantizar la mejora del laboratorio y beneficiar a los estudiantes, la escuela de ingeniería mecánica y la universidad.

* Trabajo de grado.

** Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Ingeniería Mecánica. Director: Jorge Luis Chacón.

ABSTRACT

TITLE: ASSEMBLY AND COMMISSIONING OF THE BANKS OF THE LABORATORY OF ALTERNATIVE THERMAL MACHINES (MTA) FOR THE DEVELOPMENT OF LABORATORY PRACTICES AND TRIALS OF RESEARCH GROUPS IN THE NEW BUILDING OF THE MECICA ENGINEERING SCHOOL*

AUTHORS: YANLON CORZO RUIZ

HAROLD DANILO GOMEZ CARDOZO**

KEY WORDS: ALTERNATIVE THERMAL MACHINES, ENGINES, LABORATORY.

DESCRIPTION:

In this degree work, the assembly and commissioning of the Laboratory of Alternative Thermal Machines (MTA) was carried out in the new building of the School of Mechanical Engineering of the Industrial University of Santander.

To carry out this, a corrective maintenance was performed on each of the test benches that are based there on a previous diagnosis, added to this a design for an exhaust gas extraction system was designed which is indispensable for the proper functioning of the same, because the alternative thermal machines are large managers of gases harmful to health, also shows an inventory and distribution in plant of each of the equipment and tools that the laboratory has, such distribution In the plant made with the help of the SolidWorks design software, it was based on ergonomics and industrial safety standards, which guarantee the well-being of the laboratory users, the laboratory was also provided with a manual for the realization of practices, in the that all the equipment that is currently is used, to finish a series of recommendations to guarantee the improvement of the laboratory and benefit the students, the mechanical engineering school and the university.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Engineering Physicomechanical.Mechanical Engineering School. Director: Jorge Luis Chacón.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Industrial de Santander, posicionada entre las diez mejores del país según estudios realizados por el grupo de investigación *Sapiens Research Group*, en su ranking U-Sapiens¹, el cual se basa en indicadores de investigación para hacer dicha clasificación; Busca seguir escalando posiciones para ser catalogada la mejor institución de educación superior, teniendo esto en cuenta, cada uno de los programas que ofrece debe garantizar el mejoramiento continuo para lograr este objetivo. La escuela de Ingeniería Mecánica no es ajena a esto, por lo que decidió realizar la construcción de un nuevo edificio, destinado a brindar laboratorios de calidad a los estudiantes y con ello lograr formar profesionales de alta calidad en investigación.

El Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (L.M.T.A), es de gran importancia para el desarrollo intelectual de Ingenieros Mecánicos porque aporta conocimientos que se pueden adquirir de forma práctica, mediante el uso de cada uno de los bancos de pruebas que allí se encuentran, además de las muchas ayudas didácticas como láminas y distintas piezas que integran las Máquinas Térmicas Alternativas, con los cuales se logra que el estudiante tenga un contacto directo y logre interactuar con estos tipos de equipos que comúnmente puede llegar a encontrar en su vida como profesional.

Debido a esta gran importancia, se desarrolla el siguiente proyecto, el cual tiene como finalidad brindar a la comunidad universitaria un espacio optimo y adecuado

¹SAPIENS RESEARCH GROUP. Ranking U-Sapiens 2019-1. [En línea]. Bogotá D.C. 2019. (Recuperado en 20 mayo 2019). Disponible en <https://www.srg.com.co/usapiens.php>

para el aprendizaje, con el fin de lograr esto, se realiza el mantenimiento a cada uno de los equipos presentes, dando un correcto uso a los espacios dentro del laboratorio, por medio de una distribución en planta, garantizando la seguridad de las personas allí presentes por medio de la aplicación de algunas normas de seguridad básicas, verificando que se trabaje en un ambiente agradable, limpio y libre de gases nocivos para la salud, además de optimizar las practicas que se realizan en cada una de los bancos que existen, todo esto para mejorar cada vez más.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Es de suma importancia para el estudiante de Ingeniería Mecánica (I.M.) tener conocimientos relacionados con el ámbito de Máquinas Térmicas Alternativas (M.T.A), el nuevo laboratorio de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander (U.I.S.), brinda al cuerpo docente y estudiantil espacios renovados para dar un salto importante de la teoría a la práctica dentro de ambientes controlados dados por la misma universidad, con el fin de dar continuidad a los conocimientos teóricos impartidos en las aulas de clase, pero, ¿Cuál sería la mejor manera de aprovechar las instalaciones del nuevo edificio de la E.I.M para el L.M.T.A?

Con la infraestructura brindada por la Universidad Industrial de Santander para el área de M.T.A., se busca poner en correcto funcionamiento el laboratorio de prácticas correspondiente a esta asignatura, pero es de resaltar que a pesar de que se cuenta con nuevas instalaciones el laboratorio aún no se encuentra apto para su puesta en marcha teniendo en cuenta que a pesar de que existe un cierto número de bancos para pruebas y el espacio para su realización, hay que saber también que el laboratorio carece de una distribución en planta apta y adecuada, al igual que de guías de laboratorio y normas que permitan llevar a cabo prácticas con resultados satisfactorios. Por lo tanto se hace necesario e indispensable corregir estas falencias del laboratorio que imposibilitan un mejor uso de este para que los docentes y estudiantes puedan sacar su máximo provecho.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (L.M.T.A.) de la Escuela de Ingeniería Mecánica (E.I.M.) permite a los estudiantes de I.M. tener una introducción a situaciones con las que se puede llegar a enfrentar en su vida como profesional, interactuando de manera cercana con las diferentes M.T.A. que posee el laboratorio en las cuales puede aplicar conocimientos teóricos entregados en clase.

En la actualidad el L.M.T.A. cuenta con varias falencias que impiden explotar al máximo su uso, al carecer de un manual de guías de laboratorio para las diferentes prácticas que pueden ser llevadas a cabo allí, normas de seguridad, buen funcionamiento de los bancos que posee y un ambiente óptimo para desarrollar prácticas en este.

Con el desarrollo de este proyecto se busca hacer una contribución al L.M.T.A., adecuándolo y dándole herramientas que permitan contar con un espacio óptimo en este para su correcto funcionamiento, para esto se realizara el montaje y la instalación de bancos que se encuentran en el L.M.T.A., se suministrara un manual de guías para garantizar el óptimo funcionamiento de los bancos y sus respectivas prácticas y se realizara una distribución en planta de los bancos teniendo en cuenta tanto requerimientos de funcionamiento como de normatividad.

Para la realización de lo expuesto anteriormente, se tomara como referencia proyectos de grado anteriores relacionados con el tema, normativas nacionales e internacionales y sugerencias e inquietudes del docente a cargo del L.M.T.A.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con la misión institucional de la Universidad Industrial de Santander aportando en la generación de conocimiento a través del aprendizaje de manera práctica, que permita continuar la formación de Ingenieros Mecánicos de alta calidad técnica, científica e investigativa, mediante la puesta en marcha del laboratorio de MTA en el nuevo edificio de la escuela de ingeniería mecánica.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico y recopilar información referente a cada uno de los bancos que hacen parte del laboratorio de M.T.A.
- Realizar un inventario de los diferentes equipos y herramientas del L.M.T.A y estudiar posibles distribuciones en planta de los bancos en el nuevo laboratorio de M.T.A mediante un software de diseño, para establecer la correcta ubicación de acuerdo a las prácticas a llevar a cabo en el laboratorio, con los siguientes bancos a considerar:
 - ✓ Motor Diésel y gasolina en corte.
 - ✓ Banco simulador de inyección electrónica de gasolina.
 - ✓ Banco de motor R-4 a gasolina.
 - ✓ Banco de motor KIA – Diésel.
 - ✓ Banco de sistemas de ignición convencional y electrónico de motor de chispa.

- ✓ Cuatrimoto.
 - ✓ Banco de motor TOYOTA F110.
 - ✓ Otros bancos.
- Examinar el correcto funcionamiento de cada uno de los bancos una vez hayan sido instalados en el nuevo laboratorio de M.T.A.
 - ✓ Diseñar un sistema de extracción de gases de escape.
- Implementar las diferentes normas de seguridad industrial para el nuevo laboratorio, las cuales incluyen:
 - ✓ Protección de operarios y estudiantes.
 - ✓ Manejo de combustibles.
 - ✓ Protección contra incendios.
 - ✓ Protección auditiva y manejo de residuos químicos peligrosos.
 - ✓ Otros.
- Desarrollar un manual de guías para la realización de prácticas de laboratorio en cada uno de los bancos instalados. Entre las cuales están:
 - ✓ Medidas de seguridad.
 - ✓ Elementos constitutivos y sistemas principales del M.C.I.
 - ✓ Metrología.
 - ✓ Sistema de ignición en M.C.I.
 - ✓ Compresores.
 - ✓ Carburación.
 - ✓ Simulación de ciclos.
 - ✓ Inyección de gasolina.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS²

Una máquina térmica alternativa es un conjunto de elementos mecánicos que permite intercambiar energía, generalmente a través de un eje, mediante la variación de energía de un fluido que varía su densidad significativamente al atravesar la máquina. Se trata de una máquina de fluido en la que varía el volumen específico del fluido en tal magnitud que los efectos mecánicos y los efectos térmicos son interdependientes.

Por el contrario, en una máquina hidráulica, que es otro tipo de máquina de fluido, la variación de densidad es suficientemente pequeña como para poder desacoplar el análisis de los efectos mecánicos y el análisis de los efectos térmicos, llegando a despreciar los efectos térmicos en gran parte de los casos. Tal es el caso de una bomba hidráulica, a través de la cual pasa líquido. Alejándose de lo que indica la etimología de la palabra «hidráulica», también puede considerarse como máquina hidráulica un ventilador, pues, aunque el aire es un fluido compresible, la variación de volumen específico no es muy significativa con el propósito de que no se desprenda la capa límite.

En una máquina térmica, la compresibilidad del fluido no es despreciable y es necesario considerar su influencia en la transformación de energía.

² ÁLVAREZ FLÓREZ, Jesús Andrés. *Et al.* Máquinas Térmicas motoras – 1. Barcelona: Edicions UPC 202. p.107. (El motor alternativo de combustión interna).

Clasificación

Según el sentido de transferencia de energía:

- ✓ Máquinas térmicas motoras, en las cuales la energía del fluido disminuye al atravesar la máquina, obteniéndose energía mecánica en el eje.
- ✓ Máquinas térmicas generadoras, en las cuales la energía del fluido aumenta al atravesar la máquina, precisándose energía mecánica en el eje.

Según el principio de funcionamiento:

- ✓ Máquinas volumétricas o máquinas de desplazamiento positivo, cuyo funcionamiento está basado en principios mecánicos e hidrostáticos, de manera que el fluido en algún instante está contenido en un volumen limitado por los elementos de la máquina. En este tipo de máquinas el flujo es pulsatorio. Se dividen a su vez en dos tipos según el movimiento del órgano propulsor: alternativas, cuyo movimiento es rectilíneo; y rotativas, cuyo movimiento es circular.
- ✓ Turbomáquinas, cuyo funcionamiento está basado en el intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido y un rodete. En estas máquinas el flujo es continuo.

4.2 COMPRESORES³

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido

³ HEINZ P., Bloch. Guía práctica para la tecnología de los compresores. México: McGraw-Hill, 1998. p.3.

a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, estos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

Utilización

Los compresores son ampliamente utilizados en la actualidad en campos de la ingeniería y hacen posible nuestro modo de vida por razones como:

- ✓ Son una parte importante de muchos sistemas de refrigeración y se encuentran en cada refrigerador casero.
- ✓ Se encuentran en sistemas de generación de energía eléctrica, tal como lo es el Ciclo Brayton.
- ✓ Se encuentran en el interior de muchos motores de avión, como lo son los turborreactores, y hacen posible su funcionamiento.
- ✓ Se pueden comprimir gases para la red de alimentación de sistemas neumáticos.

4.2.1 Tipos de Compresores. Clasificación según el método de intercambio de energía:

Hay diferentes tipos de compresores atmosféricos, pero todos realizan el mismo trabajo: toman aire de la atmósfera, lo comprimen para realizar un trabajo y lo regresan para ser reutilizado.

- ✓ El compresor de desplazamiento positivo: Las dimensiones son fijas. Por cada movimiento del eje de un extremo al otro tenemos la misma reducción en volumen y el correspondiente aumento de presión (y temperatura). Normalmente son utilizados para altas presiones o poco volumen. Por ejemplo el inflador de la bicicleta. También existen compresores dinámicos. El más simple es un ventilador que usamos para aumentar la velocidad del aire a nuestro entorno y refrescarnos. Se utiliza cuando se requiere mucho volumen de aire a baja presión.
- ✓ El compresor de émbolo: Es un compresor atmosférico simple (ver figura 1). Un vástago impulsado por un motor (eléctrico, diésel, neumático, etc.) es impulsado para levantar y bajar el émbolo dentro de una cámara. En cada movimiento hacia abajo del émbolo, el aire es introducido a la cámara mediante una válvula. En cada movimiento hacia arriba del émbolo, se comprime el aire y otra válvula es abierta para evacuar dichas moléculas de aire comprimidas; durante este movimiento la primera válvula mencionada se cierra. El aire comprimido se lleva a un depósito de reserva. Este depósito permite el transporte del aire mediante distintas mangueras. La mayoría de los compresores atmosféricos de uso doméstico son de este tipo.

Figura 1. Cabezal para compresor de pistón.



Fuente: WIKIPEDIA; “Compresor (Maquina)”. [En línea], [Fecha de consulta: 27/02/2019]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_\(m%C3%A1quina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_(m%C3%A1quina))

- ✓ El compresor de pistón: Es en esencia una máquina con un mecanismo pistón-biela-cigüeñal. Todos los compresores se accionan por alguna fuente de movimiento externa. Lo común es que estas fuentes de movimiento sean motores, tanto de combustión como eléctricos. En la industria se mueven compresores accionados por máquinas de vapor o turbinas. En este caso, cuando el cigüeñal gira, el pistón desciende y crea vacío en la cámara superior, este vacío actúa sobre la válvula de admisión (izquierda), se vence la fuerza ejercida por un resorte que la mantiene apretada a su asiento, y se abre el paso del aire desde el exterior para llenar el cilindro. El propio vacío, mantiene cerrada la válvula de salida (derecha).

Durante la carrera de descenso, todo el cilindro se llena de aire a una presión cercana a la presión exterior. Luego, cuando el pistón comienza a subir, la válvula de admisión se cierra, la presión interior comienza a subir y esta vence la fuerza del muelle de recuperación de la válvula de escape o salida, con lo que el aire es obligado a salir del cilindro a una presión algo superior a la que existe en el conducto de salida.

Excepto en casos especiales, en el cuerpo del compresor hay aceite para lubricar las partes en rozamiento, así como aumentar el sellaje de los anillos del pistón con el cilindro. Este aceite no existe en los compresores de tipo médico, usado en la respiración asistida, debido a que siempre el aire de salida contiene cierta cantidad de él o sus vapores. Los compresores de doble etapa, trabajan con el mismo sistema simple de pistón-biela-cigüeñal, con la diferencia que aquí trabajan dos pistones, uno de alta y otro de baja presión. Cuando el pistón de alta presión (derecha) expulsa el aire, lo manda a otro cilindro de menor volumen. Al volver a recomprimir el aire, alcanzamos presiones más elevadas.

- ✓ El compresor de tornillo (caracol): Aún más simple que el compresor de émbolo, el compresor de tornillo también es impulsado por motores (eléctricos, diésel, neumáticos, etc.). La diferencia principal radica que el compresor de tornillo utiliza dos tornillos largos para comprimir el aire dentro de una cámara larga. Para evitar el daño de los mismos tornillos, aceite es insertado para mantener todo el sistema lubricado. El aceite es mezclado con el aire en la entrada de la cámara y es transportado al espacio entre los dos tornillos rotatorios. Al salir de la cámara, el aire y el aceite pasan a través de un largo separador de aceite donde el aire ya pasa listo a través de un pequeño orificio filtrador. El aceite es enfriado y reutilizado mientras que el aire va al tanque de reserva para ser utilizado en su trabajo.
- ✓ Sistema pendular Taurozzi: consiste en un pistón que se balancea sobre un eje generando un movimiento pendular exento de rozamientos con las paredes internas del cilindro, que permite trabajar sin lubricante y alcanzar temperaturas de mezcla muchos mayores.
- ✓ Alternativos o reciprocantes: utilizan pistones (sistema bloque-cilindro-émbolo como los motores de combustión interna). Abren y cierran válvulas que con el movimiento del pistón aspira/comprime el gas. Es el compresor más utilizado en potencias pequeñas. Pueden ser del tipo herméticos, semiherméticos o abiertos. Los de uso doméstico son herméticos, y no

pueden ser intervenidos para repararlos. Los de mayor capacidad son semiherméticos o abiertos, que se pueden desarmar y reparar.

- ✓ De espiral (orbital, scroll).
- ✓ Rotativo de paletas: en los compresores de paletas la compresión se produce por la disminución del volumen resultante entre la carcasa y el elemento rotativo cuyo eje no coincide con el eje de la carcasa (ambos ejes son excéntricos). En estos compresores, el rotor es un cilindro hueco con estrías radiales en las que las palas (1 o varias) comprimen y ajustan sus extremos libres al interior del cuerpo del compresor, comprimiendo así el volumen atrapado y aumentando la presión total.
- ✓ Rotativo-helicoidal (tornillo, screw): la compresión del gas se hace de manera continua, haciéndolo pasar a través de dos tornillos giratorios. Son de mayor rendimiento y con una regulación de potencia sencilla, pero su mayor complejidad mecánica y costo hace que se emplee principalmente en elevadas potencias, solamente.
- ✓ Rotodinámicos o turbomáquinas: utilizan un rodete con palas o álabes para impulsar y comprimir al fluido de trabajo. A su vez estos se clasifican en axiales y centrífugos.

4.3 MOTOR DE DOS TIEMPOS⁴

El motor de dos tiempos, también denominado motor de ciclos, es un motor de combustión interna que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, explosión y escape) en dos movimientos lineales del pistón (una vuelta del cigüeñal). Se diferencia del más conocido y frecuente motor de cuatro tiempos

⁴ BALSELLS GRANDE, David. Motores alternativos de combustión interna. Barcelona: Edicions UPC, 2005. p.271 (Fase abierta 2T).

de ciclo de Otto, en el que este último realiza las cuatro etapas en dos revoluciones del cigüeñal. Existe tanto en ciclo Otto como en ciclo Diésel.

El motor de 2 tiempos es, junto al motor de 4 tiempos, un motor de combustión interna con un ciclo de cuatro fases de admisión, compresión, combustión y escape, como los 4 tiempos, pero realizadas todas ellas en solo 2 tiempos, es decir, en dos movimientos del pistón.

En un motor 2 tiempos se produce una explosión por cada vuelta de cigüeñal mientras que en un motor 4 tiempos se produce una explosión por cada dos vueltas de cigüeñal, lo que significa que a misma cilindrada se genera mayor potencia, pero también un mayor consumo de combustible.

Este motor es el más usual principalmente en motocicletas y motores fuera de borda.

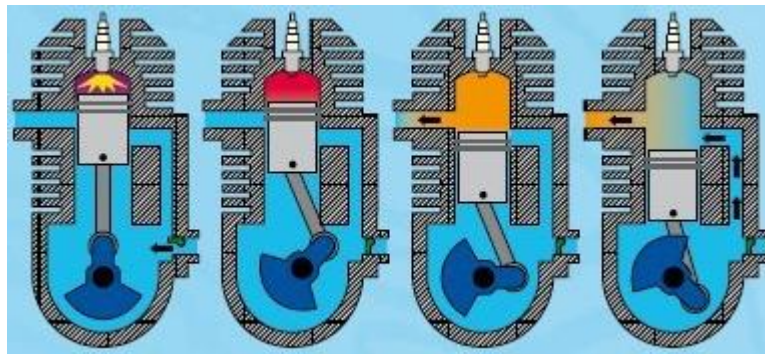
A diferencia del motor de 4 tiempos no posee un cárter de almacenamiento del aceite lubricante, sino que el mismo se le agrega directamente junto con el combustible.

4.3.1 Funcionamiento. En el motor de 2 tiempos el cambio de gases se dirige mediante el pistón, no como en el de 4 tiempos que es por válvulas. El pistón en su movimiento varía las circunstancias de compresión del cárter y el cilindro que completan el ciclo.

1. Primer tiempo: Compresión y Aspiración: El pistón ascendente comprime la mezcla de aire, combustible y algo de aceite en el cilindro y simultáneamente crea un vacío en el cárter que al final de la carrera del pistón, este deja libre

la lumbrera de aspiración o preadmisión que llena el cárter con mezcla carburada de gasolina (ver figura 2).

Figura 2. Ciclo motor de dos tiempos.



Fuente: WIKIPEDIA; “Motor de dos tiempos”. [En línea], [Fecha de consulta: 27/02/2019]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_dos_tiempos

2. Segundo tiempo: Explosión y escape de gases: Mediante una chispa provocada por la bujía se incendia la mezcla comprimida, creando una explosión que empuja el pistón con gran fuerza hacia abajo. En el cárter la mezcla es precomprimida por el pistón descendente, en el momento preciso el pistón deja libre el canal de escape o lumbrera de escape en el cilindro por donde salen los gases de escape de este y poco después la lumbrera de carga que conecta el cárter con el cilindro, por lo que la mezcla precomprimida pasa por este llenando el cilindro y expulsando los últimos restos de los gases de escape quedando preparado el cilindro para un nuevo ciclo de dos tiempos.

4.4 MOTOR DE CUATRO TIEMPOS⁵

Un motor de cuatro tiempos es un motor de combustión interna alternativo tanto de ciclo Otto como ciclo del diésel, que precisa cuatro carreras del pistón o émbolo (dos vueltas completas pero del cigüeñal) para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos son: admisión, compresión, combustión o explosión y escape.

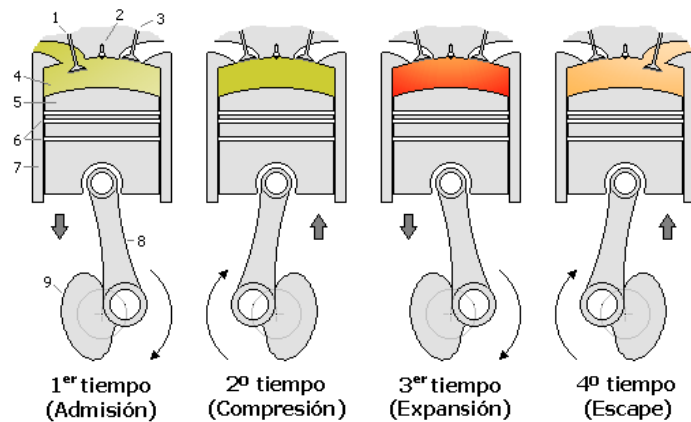
En 1861, el alemán Otto experimentó con su primer motor a gas de 4 tiempos que tuvo que abandonar debido a dificultades técnicas. En 1867 los alemanes Otto y Langen idearon un motor de gasolina de 4 tiempos, con la ignición de la mezcla comprimida, que presentaron el año siguiente en París. El gran acierto de Otto fue provocar la chispa en la mezcla comprimida en lugar de solo aspirada, lo que aumentó tanto la eficiencia como el rendimiento del motor.

4.4.1 Funcionamiento. Aquí se detallan los diferentes tiempos, actividades realizadas durante el ciclo y sus características (ver figura 3).

1. Primer tiempo o admisión: en esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido provocado (MEP) o el aire en motores de encendido por compresión (MEC). La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas da 90°. La válvula de admisión se encuentra abierta y la carrera que realiza el pistón es descendente.

⁵ BALSELLS GRANDE, David. Motores alternativos de combustión interna. Barcelona: Edicions UPC, 2005. p.203 (Fase abierta 4T).

Figura 3. Ciclo motor cuatro tiempos.



Fuente: WIKIPEDIA; “Ciclo de cuatro tiempos”. [En línea], [Fecha de consulta: 27/02/2019]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos

2. Segundo tiempo o compresión: al llegar al final de la carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da 360º y el árbol de levas da 180º, y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.
3. Tercer tiempo o explosión/expansión: al llegar al final de la carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado o de ciclo Otto salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diésel, se inyecta a través del inyector el combustible muy pulverizado, que se autoinflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura y la presión en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira 180º mientras que el árbol de levas gira 90º

respectivamente, ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.

4. Cuarto tiempo o escape: en esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas gira 90° .

4.5 MOTOR DE IGNICIÓN POR CHISPA

El motor convencional del tipo Otto es un motor de tipo alternativo de cuatro tiempos (4T), aunque en fuera borda y vehículos de dos ruedas hasta una cierta cilindrada se utilizó mucho el motor de dos tiempos (2T). El rendimiento térmico de los motores Otto moderno se ve limitado por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción, la refrigeración y falta de constancia en las condiciones de funcionamiento.

La termodinámica nos dice que el rendimiento de un motor alternativo depende en primera aproximación del grado de compresión. Esta relación suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano para evitar el fenómeno de la detonación, que puede producir graves daños en el motor. La eficiencia o rendimiento medio de un buen motor Otto es de un 20 a un 25 %: solo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica.

Casi todos los motores de este tipo se fabrican para el transporte y deben trabajar suministrando diferentes potencias en cada momento. Debido a esto el rendimiento de los mismos cae bruscamente al trabajar con carga parcial, ya que, cuando esto sucede, la cámara de compresión mantiene su volumen, dando una compresión final baja y transformando gran parte de la energía en calor.

Funcionamiento

1. Tiempo de admisión – El aire y el combustible mezclados entran por la válvula de admisión.
2. Tiempo de compresión – La mezcla aire/combustible es comprimida y encendida mediante la bujía.
3. Tiempo de combustión – El combustible se inflama y el pistón es empujado hacia abajo.
4. Tiempo de escape – Los gases de escape se conducen hacia fuera a través de la válvula de escape.

4.6 MOTOR DIÉSEL⁶

El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por la auto-ignición del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la alta relación de compresión que posee, según el principio del ciclo Diésel. Se

⁶ KATES, Edgar J.; LUCK, William E. Motores Diesel y de gas de alta compresión. Barcelona: Editorial Reverté. p.25-28. (Funcionamiento de los motores Diesel).

diferencia del motor de gasolina en utilizar como combustible gasóleo/gas-oíl o aceites pesados derivados del petróleo, como también aceites naturales como el aceite de girasol (de hecho el primer combustible utilizado en este motor fue el aceite de cacahuete). Además es muy eficiente en términos termodinámicos; los mejores y más desarrollados llegan a alcanzar un valor entre 45% y 55% de eficiencia, un valor muy elevado en relación a la casi totalidad de los motores de gasolina; es uno de los motores más usados desde su creación en diversas aplicaciones.

4.6.1 Principio de Funcionamiento. Un motor diésel funciona mediante la ignición (encendido) del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina. Este proceso es lo que se llama la autoinflamación.

La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la temperatura que se produce en el segundo tiempo del motor, la compresión. El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de combustión a gran presión desde unos orificios muy pequeños que tiene el inyector, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura (entre 700 y 900 °C) y alta presión. Como resultado, la mezcla se inflama muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia fuera.

Esta expansión, a diferencia del motor de gasolina, es adiabática, generando un movimiento rectilíneo a través de la carrera del pistón. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento rectilíneo alternativo (de va y viene, ida y vuelta) del pistón en un movimiento de rotación.

Para que se produzca la autoinflamación es necesario alcanzar la temperatura de inflamación espontánea del diésel. En frío es necesario precalentar el diésel o emplear combustibles más pesados que los empleados en el motor de gasolina, empleándose la fracción de destilación del petróleo fluctuando entre los 220 °C y 350 °C, y que reciben la denominación de gasóleo.

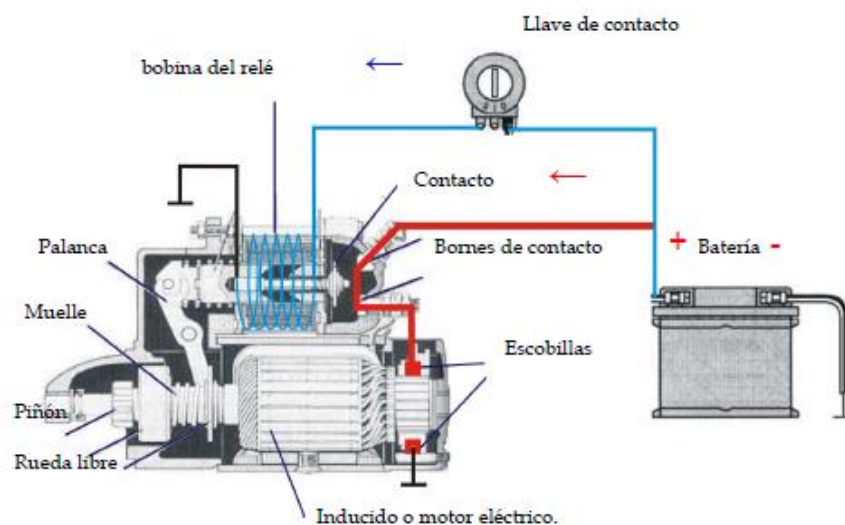
4.7 SISTEMA DE ARRANQUE

Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan (véase Momento de fuerza), lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal.

Otros sistemas de encendido de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal. Ciertos motores grandes utilizan iniciadores explosivos que, mediante la explosión de un cartucho mueven una turbina acoplada al motor y proporcionan el oxígeno necesario para alimentar las cámaras de combustión en los primeros movimientos. Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan sobre todo para arrancar motores de aviones.

4.7.1 Arranque por Motor Eléctrico. Para el arranque de los motores de automóvil se usa un motor eléctrico de corriente continua que se alimenta desde la batería de acumuladores a través de un relé (ver figura 4). Este relé a su vez se acciona desde el interruptor de encendido del automóvil. Cuando se acciona el interruptor de arranque se alimenta con electricidad proveniente de la batería a la bobina del relé, y este a su vez cierra dos grandes contactos en su interior alimentando el motor de arranque directamente desde la batería a través de un grueso conductor.

Figura 4. Esquema eléctrico del sistema de arranque.



Fuente: SABELOTODO; Arranque del motor del automóvil". [En línea], [Fecha de consulta: 27/02/2019]. Disponible en: <http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html>

4.7.2 El Motor Eléctrico.⁷ El motor de arranque es un motor de corriente directa tipo shunt especialmente diseñado para tener una gran fuerza de torque con un tamaño reducido, capaz de hacer girar el motor de combustión interna (ver figura 5). Esta capacidad se logra a expensas de sobrecargar eléctricamente las partes constituyentes ya que el tiempo de funcionamiento es muy breve, por tal motivo no debe mantenerse en acción por largo tiempo, so pena de terminar averiado por sobrecalentamiento. El consumo de electricidad durante el arranque es elevado (hasta 1000 Amp para grandes motores de combustión), de manera tal que también la batería funciona en un régimen muy severo durante este proceso. Debido a estas razones es muy recomendable, cuando se intenta arrancar un motor “perezoso” usar varios intentos de corta duración (unos 10 segundos), en lugar de un solo intento de larga duración.

Figura 5. Vista de un sistema de arranque típico.

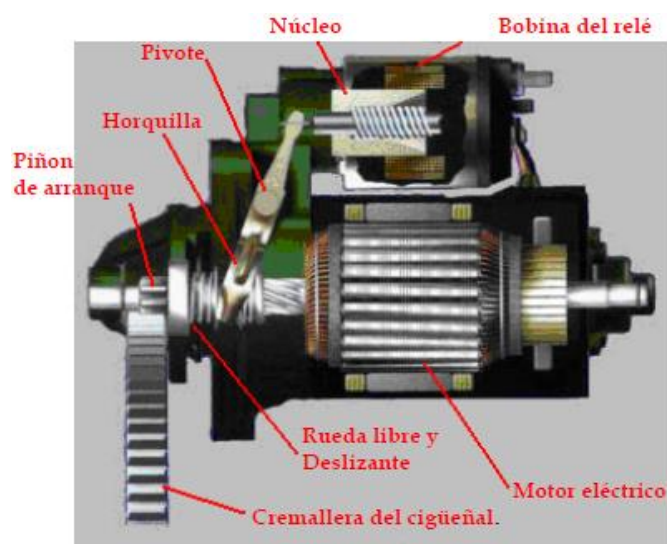


Fuente: SABELOTODO; “Arranque del motor del automóvil”. [En línea], [Fecha de consulta: 27/02/2019]. Disponible en: <http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html>

⁷ ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. El libro practico de los generadores, transformadores y motores eléctricos. Mexico: Limusa, 2004. p.142.

Mecanismo de Acondicionamiento. La transmisión de la rotación desde el motor de arranque al motor de combustión se realiza a través de engranajes. Un pequeño engrane deslizante está acoplado al eje del motor de arranque, este engrane es desplazado sobre estrías por el relé a través de una horquilla pivotante, de manera que se acopla a un engrane mayor que rodea el volante del cigüeñal del motor haciéndolo girar (ver figura 6). Este engrane funciona a través de un mecanismo de rueda libre (como el de las bicicletas) de manera que el torque del motor de arranque se trasmita al engrane del cigüeñal, pero una vez que el motor de combustión se ponga en marcha, no pueda arrastrar al motor de arranque. Sin este mecanismo de rueda libre, debido a la gran velocidad del motor de combustión y a la elevada relación de transmisión entre el par engranado, la velocidad de rotación del rotor del motor eléctrico llegaría a velocidades peligrosas para su integridad, especialmente en conductores demorados en soltar la llave de encendido.

Figura 6. Motor de arranque seccionado.

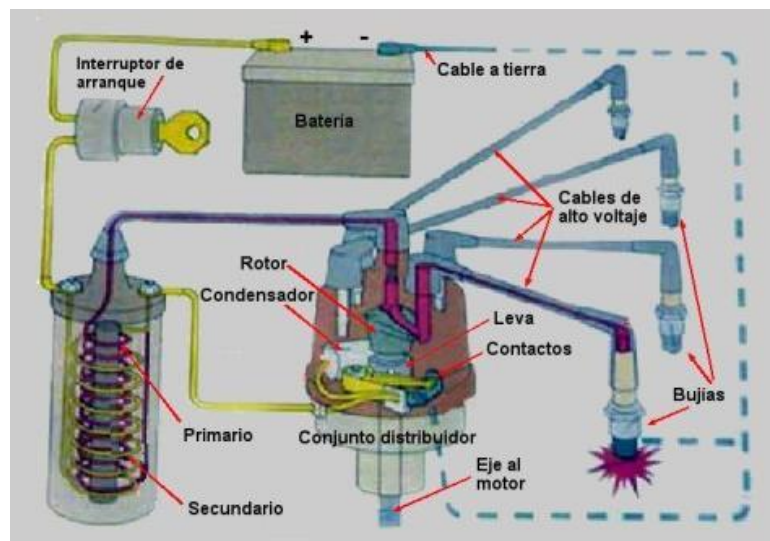


Fuente: SABELOTODO; “Arranque del motor del automóvil”. [En línea], [Fecha de consulta: 27/02/2019]. Disponible en: <http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html>

4.8 SISTEMA DE IGNICIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA⁸

Cuando se habla de sistema de encendido generalmente nos referimos al sistema necesario e independiente capaz de producir el encendido de la mezcla de combustible y aire dentro del cilindro en los motores de gasolina o LPG, conocidos también como motores de encendido por chispa, ya que en el motor Diésel la propia naturaleza de la formación de la mezcla produce su auto-encendido. En los motores de gasolina resulta necesario producir una chispa entre dos electrodos separados en el interior del cilindro en el momento justo y con la potencia necesaria para iniciar la combustión (ver figura 7).

Figura 7. Sistema de encendido motor de combustión interna.



Fuente: SABELOTODO; “Sistema de encendido del motor de gasolina”. [En línea], [Fecha de consulta: 27/02/2019]. Disponible en: <http://www.sabelotodo.org/automovil/sistencendido.html>

⁸ MENNA. Sistema de encendido del motor: Partes y funcionamiento. [En línea]. Como Funciona. 2018 (Recuperado en 16 mayo 2019.) Disponible en <https://como-funciona.co/el-encendido-del-motor-sistema/?fbclid=IwAR1tQXEJ2MG2-azT7YxvfWWhrC0zZeacbchV6U8Tvw1g7N9KTUDC-UpHfvT0>

Generación de la chispa. En conocido el hecho de que la electricidad puede saltar el espacio entre dos electrodos aislados si el voltaje sube lo suficiente produciéndose lo que se conoce como arco eléctrico. Este fenómeno del salto de la electricidad entre dos electrodos depende de la naturaleza y temperatura de los electrodos y de la presión reinante en la zona del arco. Así tenemos que una chispa puede saltar con mucho menos voltaje en el vacío que cuando hay presión y que a su vez, el voltaje requerido será mayor a medida que aumente la presión reinante. De esto surge la primera condición que debe cumplir el sistema de encendido: Condición 1: El sistema de encendido debe elevar el voltaje del sistema eléctrico del automóvil hasta valores capaces de hacer saltar la electricidad entre dos electrodos separados colocados dentro del cilindro a la presión alta de la compresión.

Momento del encendido. Durante la carrera de admisión la mezcla que ha entrado al cilindro, bien desde el carburador, o bien mediante la inyección de gasolina en el conducto de admisión se calienta, el combustible se evapora y se mezcla íntimamente con el aire. Esta mezcla está preparada para el encendido, en ese momento una chispa producida dentro de la masa de la mezcla comienza la combustión. Esta combustión produce un notable incremento de la presión dentro del cilindro que empuja el pistón con fuerza para producir trabajo útil.

Para que el rendimiento del motor sea bueno, este incremento de presión debe comenzar a producirse en un punto muy próximo después del punto muerto superior del pistón y continuar durante una parte de la carrera de fuerza.

Cuando se produce la chispa se inicia el encendido primero alrededor de la zona de la chispa, esta luego avanza hacia el resto de la cámara como un frente de llama, hasta alcanzar toda la masa de la mezcla. Este proceso aunque rápido no es

instantáneo, demora cierto tiempo, por lo que nuestro sistema debe producir la chispa un tiempo antes de que sea necesario el incremento brusco de la presión, es decir antes del punto muerto superior, a fin de dar tiempo a que la llama avance lo suficiente en la cámara de combustión, y lograr las presiones en el momento adecuado, recuerde que el pistón está en constante movimiento. A este tiempo de adelanto de la chispa con respecto al punto muerto superior se le llama avance al encendido.

Si consideramos ahora la velocidad de avance de la llama como constante, resulta evidente que con el aumento de la velocidad de rotación del motor, el pistón se moverá más rápido, por lo que si queremos que nuestro incremento de presión se haga siempre en la posición adecuada del pistón en la carrera de fuerza, tendremos necesariamente, que adelantar el inicio del salto de la chispa a medida que aumenta la velocidad de rotación del motor. De este asunto surge la segunda condición que debe cumplir el sistema de encendido:

Condición 2: El sistema de encendido debe ir adelantando el momento del salto de la chispa con respecto a la posición del pistón gradualmente a medida que aumenta la velocidad de rotación del motor.

La consideración hecha de que la velocidad de avance de la llama es constante no es estrictamente cierta, además en dependencia del nivel de llenado del cilindro con mezcla durante la carrera de admisión y de la riqueza de esta, la presión dentro del cilindro se incrementará a mayor o menor velocidad a medida que se quema, por lo que durante el avance de la llama en un cilindro lleno y rico la presión crecerá rápidamente y puede que la mezcla de las partes más lejanas a la bujía no resistan el crecimiento de la presión y detonen antes de que llegue a ellas el frente de llama, con la consecuente pérdida de rendimiento y perjuicio al motor. De aquí surge la tercera condición que debe cumplir el sistema de encendido:

Condición 3: El sistema de encendido debe ir atrasando el momento del salto de la chispa a medida que el cilindro se llena mejor en la carrera de admisión.

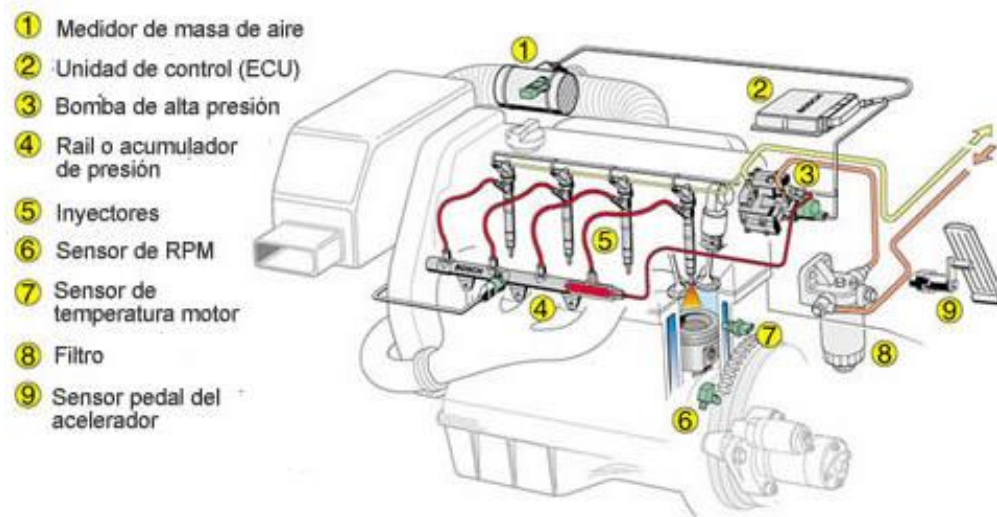
Distribución del encendido. Cuando el motor tiene múltiples cilindros de trabajo resultará necesario producir la chispa cumpliendo con los requisitos tratados hasta aquí, para cada uno de los cilindros por cada vuelta del cigüeñal en el motor de dos tiempos, y por cada dos vueltas en el de cuatro tiempos. De aquí la cuarta condición: Condición 4: El sistema de encendido debe producir en el momento exacto una chispa en cada uno de los cilindros del motor.

4.9 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE⁹

Este es un sistema que reemplaza el carburador en los motores a gasolina (ver figura 8), su introducción se debió a un aumento en las exigencias de los organismos de control del medio ambiente para disminuir las emisiones de los motores, su importancia radica en su mejor capacidad respecto al carburador para dosificar el combustible y crear una mezcla aire / combustible, muy próxima a la estequiometría (14,7:1 para la gasolina), lo que garantiza una muy buena combustión con reducción de los porcentajes de gases tóxicos a la atmósfera.

⁹ ALONSO PEREZ, Manuel. Técnicas de automóvil: Sistemas de inyección de combustible en los motores Diesel. Madrid: Paraninfo, 2001. p.34. (Sistema de alimentación de combustible).

Figura 8. Sistema de Inyección.



Fuente: RODES; “En que consiste un sistema HDI y sus averías”. [En línea], [Fecha de consulta: 27/02/2019]. Disponible en: <https://www.rodes.com/mecanica/sistema-hdi-y-averias-mas-frecuentes/>

La relación estequiometría como ya dijimos es la proporción exacta de aire y combustible que garantiza una combustión completa de todo el combustible, la función es la de tomar aire del medio ambiente, medirlo e introducirlo al motor, luego de acuerdo a esta medición y conforme al régimen de funcionamiento del motor, inyectar la cantidad de combustible necesaria para que la combustión sea lo más completa posible.

Consta de fundamentalmente de sensores, una unidad electrónica de control y actuadores o accionadores, el funcionamiento se basa en la medición de ciertos parámetros de funcionamiento del motor, como son: el caudal de aire, la temperatura del aire y del refrigerante, el estado de carga (sensor PAM), cantidad de oxígeno en los gases de escape (sensor EGO o Lambda), revoluciones del

motor, etc., estas señales son procesadas por la unidad de control, dando como resultado señales que se transmiten a los accionadores (inyectores) que controlan la inyección de combustible y a otras partes del motor para obtener una combustión mejorada.

El sensor PAM (Presión absoluta del Múltiple) indica la presión absoluta del múltiple de admisión y el sensor EGO (Exhaust Gas Oxygen) la cantidad de oxígeno presente en los gases de combustión, este sistema funciona bien si a régimen de funcionamiento constante se mantiene la relación aire / combustible cercana a la estequiometría, esto se puede comprobar con un análisis de los gases de combustión, pero al igual que los sistemas a carburador, debe proveer un funcionamiento suave y sin interrupciones en los distintos regímenes de marcha.

Estos sistemas tienen incorporado un sistema de autocontrol o auto diagnóstico que avisa cuando algo anda mal, además existe la posibilidad de realizar un diagnóstico externo por medio de scanner electrónicos que se conectan a la unidad de control de inyección y revisan todos los parámetros, indicando aquellos valores que estén fuera de rango, la detección de fallas debe realizarla personal especializado en estos sistemas y deben contar con herramientas electrónicas de diagnóstico también especiales para cada tipo de sistema de inyección, la reparación de estos sistemas se limita al reemplazo de los componentes fallados, generalmente los que el diagnóstico electrónico da como defectuosos.

Los sistemas de inyección electrónicos no difieren de los demás, respecto a las normas de seguridad ya que manipula combustible y/o mezclas explosivas. Lo mismo para el cuidado del medio ambiente, se debe manipular con la precaución de no producir derrames de combustible.

4.9.1 Tipos De Inyección. La inyección electrónica se puede clasificar dependiendo de las características:

Según la ubicación del inyector

- ✓ INYECCION DIRECTA: El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión. Este sistema de alimentación es el más novedoso y se está empezando a utilizar ahora en los motores de inyección gasolina como el motor Gdi de Mitsubishi o el motor IDE de Renault.
- ✓ INYECCION INDIRECTA: El inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión, que no tiene por qué estar necesariamente abierta. Es la más usada actualmente.

Por cantidad de inyectores

- ✓ INYECCION MONOPUNTO: Hay solamente un inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión, después de la mariposa de gases. Es la más usada en vehículos turismo de baja cilindrada que cumplen normas de antipolución.
- ✓ INYECCION MULTIPUNTO: Hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo “inyección directa o indirecta”. Es la que se usa en vehículos de media y alta cilindrada, con antipolución o sin él.

Según el número de inyecciones

- ✓ INYECCION CONTINUA: Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.
- ✓ INYECCION INTERMITENTE: Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la centralita de mando. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:
 - ✓ SECUENCIAL: El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.
 - ✓ SEMISECUENCIAL: El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.
 - ✓ SIMULTANEA: El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo.

4.10 COMBUSTIBLES¹⁰

Combustible es cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y luego cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química).

¹⁰ BALSELLS GRANDE, David. Motores alternativos de combustión interna. Barcelona: Edicions UPC, 2005. p.297 (Combustibles para motores de combustión interna).

En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse, pero hay excepciones que se explican más adelante.

Existen varias clases de combustibles que se incluyen en tres categorías: los sólidos, los fluidos y los gaseosos.

Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera y la turba. El carbón se quema en calderas para calentar agua que puede vaporizarse para mover máquinas a vapor o directamente para producir calor utilizable en usos térmicos (calefacción). La turba y la madera se utilizan principalmente para la calefacción doméstica e industrial, aunque la turba también se ha utilizado para la generación de energía.

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el gasóleo, el queroseno o la gasolina (o nafta) y los gaseosos, como el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. Las gasolinas, gasóleos y hasta los gases, se utilizan para motores de combustión interna, en los cuerpos de los animales, el combustible principal está constituido por carbohidratos, lípidos, proteínas, que proporcionan energía para los músculos, el crecimiento y los procesos de renovación y regeneración celular.

Se llaman también combustibles a las sustancias empleadas para producir la reacción nuclear en el proceso de fisión, cuando este proceso no es propiamente una combustión. El hidrógeno tampoco es propiamente un combustible, cuando se utiliza para proporcionar energía (en grandes cantidades) en el proceso de fusión nuclear, en el que se funden atómicamente dos átomos de hidrógeno para convertirse en uno de helio, con gran liberación de energía. Este medio de obtener

energía no ha sido dominado todavía por el hombre (más que en su forma más violenta, la bomba nuclear de hidrógeno, conocida como Bomba H) pero en el universo es común puesto que es la fuente de energía de las estrellas.

Los combustibles fósiles son mezclas de compuestos orgánicos mineralizados que se extraen del subsuelo con el objeto de producir energía por combustión. El origen de esos compuestos son seres vivos que murieron hace millones de años. Se consideran combustibles fósiles al carbón, procedente de bosques del periodo carbonífero, el petróleo y el gas natural, procedentes de otros organismos. Entre los combustibles más utilizados se encuentran el gas butano, el gas natural y el gasóleo.

5. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN REFERENTE A CADA UNO DE LOS BANCOS DEL L.M.T.A.

Para la puesta en marcha de los bancos involucrados con este proyecto, es fundamental tener información confiable de los historiales de estos, para de este modo saber a qué posibles problemas enfrentarnos de cara al mantenimiento que deba necesitar cada banco de pruebas del laboratorio. Para obtener esta información se recurrió a la base de datos de la biblioteca para así encontrar los proyectos relacionados con el laboratorio y cada uno de los equipos en cuestión con el fin de tener ideas claras del funcionamiento y operación de estos. Dicho esto, se recopiló la siguiente información:

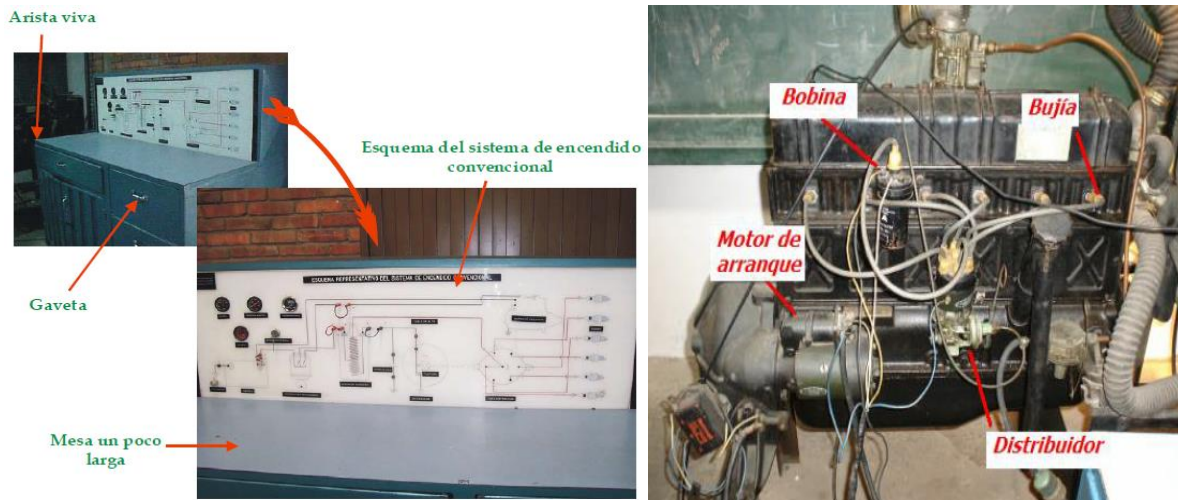
5.1 BANCO DE ENCENDIDO

Para este banco se recopiló información del siguiente proyecto de grado: **REACONDICIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO CONVENCIONAL Y ELECTRÓNICO DE UN MOTOR DE IGNICIÓN POR CHISPA.**

En este proyecto se parte de un banco de pruebas existente en el L.M.T.A. (ver figura 9) el cual no se encuentra en el mejor estado para su funcionamiento, este banco está acoplado a un motor Toyota F110 que se encuentra en deterioro y nulo funcionamiento debido a falta de mantenimiento y a que es un modelo antiguo. El autor realizó un diagnóstico y caracterización de cada uno de los elementos que componen el banco, luego de verificar su correcto funcionamiento procedió a la puesta en marcha realizando diversas pruebas para el reconocimiento físico y

funcional de los elementos del banco, una vez que se tuvo claridad sobre el funcionamiento de cada parte del banco se procedió a la mejora y restauración de este.

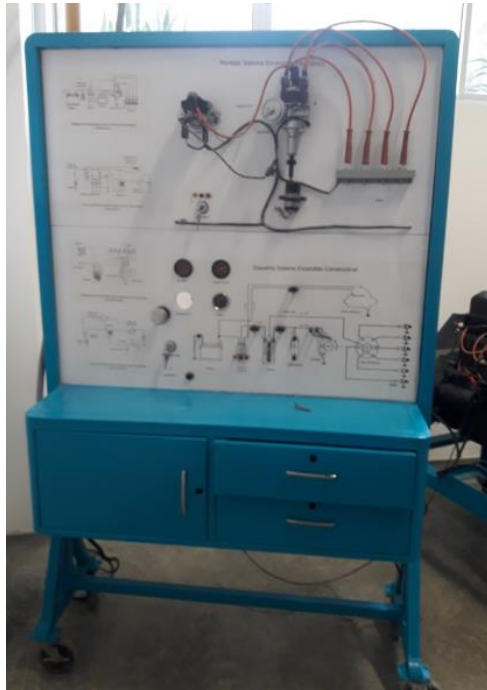
Figura 9. Estado Inicial del Banco.



Fuente: MARTINEZ MEJIA, Edwin Enrique. Reacondicionamiento Y Construcción De Un Banco De Pruebas De Los Sistemas De Encendido Convencional Y Electrónico De Un Motor De Ignición Por Chispa. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. 2009, 129p.

Como resultado de este proyecto se obtuvieron guías de laboratorio para trabajar con este banco, una restauración y mejora del mismo, que es la versión que se encuentra actualmente en el L.M.T.A. (ver figura 10), al cual, además, se le adiciono un simulador del sistema de encendido electrónico.

Figura 10. Banco de Encendido.



5.2 BANCO DE INYECCION DE GASOLINA.

La información correspondiente a este banco fue obtenida del proyecto de grado: **RECUPERACIÓN DEL BANCO SIMULADOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**

Para cumplir con el objetivo de este proyecto, se llevaron a cabo diversas acciones entre las cuales se destacan la revisión electrónica de algunos elementos tales como la ECU, el diseño y elaboración de la nueva infraestructura del banco de pruebas y por último la elaboración de un manual de experiencias. En cuanto a la estructura, el modelo que se tenía (figura 11) se encontraba en total deterioro, además de ser muy grande y poco práctico a la hora de darle uso, los autores de

este proyecto decidieron reducir el tamaño del banco, además de agregarle movilidad a este con la incorporación de ruedas y sustituir algunas partes como tanques de depósito y algunos sensores los cuales eran obsoletos teniendo como resultado el banco que hoy día posee el L.M.T.A. (figura 12).

Figura 11. Banco de Inyección antiguo.



Fuente: SAAVEDRA CORDERO, Héctor Eulisis y SOLORZANO VILLA, Arielis. Recuperación Del Banco Simulador De Inyección Electrónica A Gasolina De La Escuela De Ingeniería Mecánica De La Universidad Industrial De Santander. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. 2010, 52p.

Figura 12. Actual Banco de Inyección.



Al finalizar con este proyecto, los autores lograron una restauración exitosa del banco de pruebas y suministraron al laboratorio una guía de experiencias referente a este, las cuales se basan en los conceptos que el estudiante debe manejar acerca de la inyección.

5.3 BANCO DE METROLOGÍA

Para este banco se recopiló información del siguiente proyecto de grado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LABORATORIO BÁSICO DE METROLOGÍA DIMENSIONAL COMO APOYO DE LA ASIGNATURA MAQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS.**

Con este proyecto se realizó el diseño y la construcción de un banco básico para pruebas de metrología en piezas relacionadas con M.T.A. para así contribuir con la formación y el desarrollo de los estudiantes de ingeniería mecánica. Para el diseño de este banco se tuvieron en cuenta algunas características tales como resistencia a un peso máximo de 100kg, movilidad, seguridad y ergonomía, con esto presente se desarrolló el modelo más óptimo para cumplir con estas necesidades dando como resultado el banco que posee el L.M.T.A. hoy día (ver figura 13), adicional a esto, el proyecto incorporo su respectiva guía de laboratorio en la cual se hace uso de las diversas herramientas de medición que posee en la actualidad el laboratorio.

Figura 13. Banco de Metrología.



5.4 BANCO DE COMPRESORES

La información correspondiente a este banco fue obtenida del proyecto de grado: **DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE UN BANCO PARA EL ANÁLISIS DE COMPRESORES DE 2 ETAPAS PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS.**

Realizando el seguimiento de este proyecto (ver figura 14), verificamos como fue el diseño, construcción y funcionamiento del banco experimental de compresión de aire de dos etapas paso a paso, conociendo de manera puntual cada uno de los elementos que lo conforman, entre los cuales se encuentra un motor trifásico de 3HP, dos compresores reciprocantes, un interenfriador, entre otros. Los autores de este proyecto suministran también un manual con diversas prácticas que pueden realizarse en este banco. Finalmente el proyecto cuenta con un plan de mantenimiento para ser aplicado al banco de compresores que se puede observar a continuación.

Figura 14. Antiguo Banco de Compresores.



Fuente: FERNANDEZ ESCOBAR, Javier Andrés y GOMEZ JIMENEZ, Carlos Alberto. Diseño, Construcción E Implementación De Las Prácticas Experimentales De Un Banco Para El Análisis De Compresores De 2 Etapas Para El Laboratorio De Máquinas Térmicas Alternativas. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. 2013, 149p.

En la búsqueda de información referente a este banco se encontró un segundo proyecto de grado el cual se describe a continuación: **DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE UN BANCO PARA EL ANÁLISIS DE COMPRESORES DE 2 ETAPAS PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS FASE 2.**

Con este proyecto se buscaba la optimización del proyecto mencionado anteriormente, con el fin de mejorar algunas falencias que este podría presentar en términos de seguridad, funcionamiento y ergonomía. Como primera instancia se

realizó mantenimiento y mejoras al banco, se diseñaron herramientas informáticas con el fin de explicar el proceso de compresión para que el estudiante aprenda a seleccionar redes neumáticas por medio de una interfaz de programación, de igual forma, se hicieron correcciones al banco por medio de estudio de vibraciones para corregir las que este presentaba a la hora de su funcionamiento, obteniendo un resultado exitoso, asimismo se instalaron nuevos manómetros debido al mal estado en el que se encontraban los que habían, de igual forma se cambió la estructura ya existente y se seleccionaron nuevos y diferentes materiales para su reconstrucción dando como resultado el banco a continuación presentado (ver figura 15).

Figura 15. Actual Banco de Compresores.



Fuente: PINZÓN ARIZA, Magda Rocío y PINZÓN ACELAS, Tania Carolina. Diseño, Construcción E Implementación De Las Prácticas Experimentales De Un Banco Para El Análisis De Compresores De 2 Etapas Para El Laboratorio De Máquinas Térmicas Alternativas Fase 2. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. 2017, 102p.

5.5 OTROS BANCOS

En cuanto a bancos como el motor KIA, Renault 4, Cuatrimoto, motor a gasolina en corte y motor Cummins en corte, no se logró recopilar ningún tipo de información referente a estos, por lo tanto se debió empezar de cero al momento de identificar su funcionamiento y los daños que podrían tener presentes en cada subsistema que los conforma. No obstante a pesar de las dificultades que se presentaron se logró dar cumplimiento en su totalidad al objetivo en cuestión.

5.6 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL LABORATORIO.

Para el desarrollo de esta primera parte del proyecto contamos con el uso de la matriz D.O.F.A (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas), la cual nos ayuda a tener en cuenta toda la información tanto interna como externa referente al laboratorio, sabiendo que podemos tener control directo sobre las fortalezas y debilidades al interior del mismo y control indirecto sobre las oportunidades y amenazas que influyen en su parte externa.

Análisis interno

Fortalezas:

- La principal fortaleza del laboratorio es contar con un espacio adecuado, equipos y material didáctico suficientes para poder brindar al estudiante una idea más acertada de lo que son las maquinas térmicas alternativas.
- Permite al estudiante involucrarse directamente con las maquinas térmicas alternativas para mejorar el desarrollo de la materia.

- Cuenta con puntos de conexión trifásicos y tomas de gas.
- El laboratorio posee además de la zona de prácticas, un aula de clases confortable.

Debilidades:

- No están establecidas medidas ni normas de seguridad en el laboratorio al igual que zonas demarcadas para cada banco y elementos de protección para el personal que allí se encuentra.
- Los equipos con los que cuenta el laboratorio presentan fallas y piezas faltantes.
- Carece de equipos con tecnologías más actualizadas.
- El sistema de extracción de gases del laboratorio se encuentra mal ubicado.
- Genera molestias por ruido en las instalaciones cercanas al momento de usar los motores por falta de insonoración.
- No se cuenta con un suministro de refacciones y repuestos suficientes.
- No existe un plan de mantenimiento para los diferentes bancos.

Análisis externo

Oportunidades:

- Se podrían implementar nuevas prácticas.
- Realizar alianzas con otras universidades y con el SENA para compartir recursos y conocimientos.
- Adquisición de equipos con tecnologías más recientes.

- Mejorando los recursos del laboratorio se podría ofrecer este para prácticas e investigación.

Amenazas:

- Dificultad para que sean asignados recursos para la adquisición de nuevos equipos por parte de la universidad.
- Dificultad para ingresar los servicios del laboratorio al mercado laboral por falta de recursos adecuados.
- No contar con los recursos para el mantenimiento de los equipos generara que a futuro estos no funcionen correctamente o queden inservibles.

5.6.1 Resultados del Análisis D.O.F.A.

Tabla 1. Resultados del Análisis D.O.F.A.

D.O.F.A	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	Estrategias ofensivas F.O. Desarrollar un proyecto en el que se pueda sacar el máximo provecho al laboratorio y sus recursos, para de este modo también, él mismo sea más autosustentable e independiente en cuanto a la obtención de sus propios	Reorientación D.O. Adecuar el laboratorio con la implementación de normas de seguridad, mejora de equipos o adquisición de nuevas tecnologías por medio de convenios con otras universidades o el SENA, para así ofrecer el laboratorio al mercado para realización de pruebas por parte de empresas que puedan

Tabla 1. (Continuación)

D.O.F.A	Fortalezas	Debilidades
	recursos para funcionamiento y mejora latente.	lucrar a este para su sostenimiento y mejora.
Amenazas	Estrategias defensivas F.A. Desarrollar investigaciones importantes que permitan dar reconocimiento e importancia al laboratorio no solo en la universidad sino también en el campo motriz local para que de esta forma sea más sencillo obtener recursos y apoyo económico para que este siga progresando.	Estrategias de supervivencia D.A. Establecer una proyección a futuro del laboratorio para así tener una meta a la cual se debe llegar, es de suma importancia tener guías de laboratorio actualizadas y en las que se apliquen normas de seguridad para su realización, una vez que el laboratorio deje de tener estas falencias será más seguro y sencillo su correcto funcionamiento.

Basados en la anterior matriz D.O.F.A, con este proyecto de grado se buscara reducir al mínimo las debilidades y amenazas que tiene el laboratorio aprovechando cada una de las fortalezas y oportunidades que se mencionaron anteriormente, para que cuando el proyecto culmine el laboratorio sea apto para su puesta en marcha.

6. DIAGNÓSTICO DE BANCOS

Para dar cumplimiento a este objetivo, se realizó en primera instancia una inspección visual a cada uno de los bancos que conforman el L.M.T.A con la ayuda del docente, para identificar y revisar el estado de los componentes de los bancos en cuestión sin poner estos a funcionar, en esta parte se encontró que la mayoría de los bancos tenían elementos faltantes o en mal estado que se oponían a que estos funcionaran de manera correcta.

Los resultados negativos de la inspección que se hizo a cada uno de los bancos, tales como piezas faltantes, en males estado o dañados, entre otros problemas que se pudieron registrar se presentan a continuación en una tabla para cada uno de los equipos:

6.1 BANCO MOTOR TOYOTA F110

En la figura 16 se puede observar el motor Toyota F110 y en la tabla 2, se mencionan las fallas y problemas presentes en este banco.

Figura 16. Motor Toyota F110.



Tabla 2. Diagnóstico Motor Toyota F110.

Piezas Faltantes	Piezas en mal estado o dañadas	Otros
Filtro de aceite	Radiador deteriorado	Nivel de aceite bajo
Tapa del carburador	Mangueras cristalizadas	Sin combustible
Filtro de aire	Cableado en malas condiciones	
Batería	Correa de repartición	Posibles daños internos
Dos manómetros	Bujías	

6.2 BANCO MOTOR RENAULT 4

En la figura 17 se puede observar el motor Renault 4 y en la tabla 3, se mencionan las fallas y problemas presentes en este banco.

Figura 17. Motor Renault 4.



Tabla 3. Diagnóstico Motor Renault 4.

Piezas Faltantes	Piezas en mal estado o dañadas	Otros
Filtro de aire	Pera de temperatura del radiador	Sin combustible
Batería	Mangueras de succión de gasolina	
Filtro de gasolina	Correa del sistema de distribución	
Tapa del tanque de combustible	Boquilla del radiador dañada	
Manguera del sistema de admisión	Tanque de gasolina con impurezas	
	Manguera del radiador cristalizada	Nivel de aceite bajo
	Ventilador del radiador dañado	
	Medidor de temperatura de agua	El motor presenta vibraciones fuertes
	Medidor de presión de aceite	

6.3 BANCO MOTOR KIA

En la figura 18 se puede observar el motor KIA Diesel y en la tabla 4, se mencionan las fallas y problemas presentes en este banco.

Figura 18. Motor KIA Diesel.



Tabla 4. Diagnóstico Motor KIA Diésel.

Piezas Faltantes	Piezas en mal estado o dañadas	Otros
Filtro de aire	Mangueras del sistema de enfriamiento.	Sin combustible
Batería	Mangueras del sistema de alimentación	Nivel de aceite bajo
Filtro de combustible	Correa del sistema de distribución	El motor presenta vibraciones fuertes

6.4 CUATRIMOTO

En la figura 19 se puede observar la cuatrimoto y en la tabla 5, se mencionan las fallas y problemas presentes en este banco.

Figura 19. Cuatrimoto.



Tabla 5. Diagnóstico Cuatrimoto.

Piezas Faltantes	Piezas en mal estado o dañadas	Otros
Llaves de encendido	Ruedas pinchadas e invertidas	Sin combustible
Batería	Switch desajustado	
	Carburador dañado	

6.5 BANCO MOTOR CUMMINS EN CORTE – DIÉSEL

En la figura 20 se puede observar el motor Cummins en Corte - Diesel y en la tabla 6, se mencionan las fallas y problemas presentes en este banco.

Figura 20. Motor Cummins en Corte - Diesel.



Tabla 6. Diagnóstico Motor Cummins en Corte – Diesel.

Piezas Faltantes	Piezas en mal estado o dañadas	Otros
Cable para conexión del banco	Ninguna	El banco requiere lubricación en partes móviles
Piñón para transmisión de pieza móvil		

6.6 BANCO MOTOR A GASOLINA EN CORTE

En la figura 21 se puede observar el motor a gasolina en corte y en la tabla 7, se mencionan las fallas y problemas presentes en este banco.

Figura 21. Motor a Gasolina en Corte.



Tabla 7. Diagnóstico Motor a Gasolina en Corte.

Piezas Faltantes	Piezas en mal estado o dañadas	Otros
Cable para conexión del banco	Ninguna	El banco requiere lubricación en partes móviles
		Algunas partes presentan oxido y otras requieren pintura

6.7 BANCO SIMULADOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA

En la figura 22 se puede observar el banco de inyección electrónica de gasolina y en la tabla 8, se mencionan las fallas y problemas presentes en este banco.

Figura 22. Banco de Inyección Electrónica de Gasolina.



Tabla 8. Diagnostico Banco de Inyección Electrónica de Gasolina.

Piezas Faltantes	Piezas en mal estado o dañadas	Otros
Cable de conexión eléctrica.	Filtro de gasolina	Sin combustible
Batería	Cable de la bobina	
Banda de transmisión		

La reparación inmediata de estos bancos es de gran importancia para el laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas ya que básicamente en la actualidad son todos los bancos con los que este cuenta para la realización de prácticas y material de estudio, las cuales permiten al docente y al auxiliar de la materia mostrar a los estudiantes de una forma más interactiva los diferentes sistemas que influyen en el funcionamiento de un motor de combustión interna.

7. INVENTARIO DE HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS

El laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas cuenta con algunas herramientas, empleadas para realización de algunas prácticas de laboratorio así como para aplicar pequeños mantenimientos a los bancos, estas se encuentran almacenadas en diferentes vitrinas y guarda herramientas, en los cuales se organizaron dependiendo de su tipo y/o uso. A continuación se muestra una tabla en la que se menciona el total de herramientas (ver tabla 9).

Tabla 9. Inventario de Herramientas y Equipos L.M.T.A.

Llaves Fijas		Ubicación: Guarda Herramientas
Cantidad	Tamaño	Marca
1	12 - 13 mm	PROTO
1	14 - 15 mm	PROTO
2	16 - 17 mm	PROTO
2	18 - 19 mm	PROTO
2	21 - 23 mm	PROTO
2	20 - 22 mm	PROTO
2	24 - 26 mm	PROTO
1	25 - 28 mm	PROTO
1	8 - 9 mm	Fukung Brand

Tabla 9. (Continuación)

Cantidad	Tamaño	Marca
1	12 - 13 mm	Super
1	10 - 11 mm	Drop Forged Steel
2	$\frac{15}{16} - 1$ in	Drop Forged Steel
Copas Hexagonales		Ubicación: Guarda Herramientas
Cantidad	Tamaño	Marca
1	19 mm	MP TOOLS CR-V
1	17 mm	MP TOOLS CR-V
1	16 mm	MP TOOLS CR-V
1	14 mm	MP TOOLS CR-V
1	12 mm	MP TOOLS CR-V
1	13 mm	MP TOOLS CR-V
1	11 mm	MP TOOLS CR-V
1	10 mm	MP TOOLS CR-V
1	$1\frac{1}{2}$ in	PROTO
1	$1\frac{3}{8}$ in	PROTO
1	$1\frac{5}{16}$ in	PROTO
1	$1\frac{3}{16}$ in	PROTO

Tabla 9. (Continuación)

Cantidad	Tamaño	Marca
1	$1\frac{1}{4}$ in	PROTO
1	$1\frac{1}{8}$ in	PROTO
1	$1\frac{1}{16}$ in	PROTO
1	1 in	PROTO
1	$3\frac{1}{32}$ in	PROTO
1	$\frac{15}{16}$ in	PROTO
1	$\frac{7}{8}$ in	PROTO
1	22 mm	PROTO
1	21 mm	PROTO
1	20 mm	PROTO
1	19 mm	PROTO
1	$1\frac{3}{15}$ in	PROTO
1	$\frac{3}{4}$ in	PROTO
1	$\frac{11}{16}$ in	PROTO
1	$\frac{25}{32}$ in	PROTO
1	$\frac{21}{32}$ in	PROTO

Tabla 9. (Continuación)

Cantidad	Tamaño	Marca	
1	16 mm	PROTO	
1	$\frac{5}{8}$ in	PROTO	
1	17 mm	PROTO	
1	$\frac{13}{16}$ in	PROTO	
Llaves Mixtas		Ubicación: Guarda Herramientas	
Cantidad	Tamaño	Marca	
1	8 mm	Drop Forged Steel	
1	9 mm	Drop Forged Steel	
1	11 mm	Drop Forged Steel	
1	17 mm	Drop Forged Steel	
1	19 mm	Drop Forged Steel	
1	$\frac{1}{2}$ in	Altrade Professional	
1	1 in	Eastman	
1	$\frac{5}{8}$ in	Stanley	
Destornilladores		Ubicación: Guarda Herramientas	
Cantidad	Descripción	Tamaño	Marca
1	Destornillador de estrella	$\frac{1}{4}$ x 8 in	Ranger

Tabla 9. (Continuación)

Cantidad	Descripción	Tamaño	Marca
1	Destornillador de estrella	$\frac{3}{16}$ x 8 in	Ranger
2	Destornillador de estrella	$\frac{3}{16}$ x 3 in	Ranger
1	Destornillador de pala	$\frac{5}{16}$ x 6 in	Ranger
1	Destornillador para puntas especiales	$\frac{5}{16}$ in	PROTO
1	Destornillador para puntas especiales	$\frac{1}{4}$ in	PROTO
1	Destornillador para puntas especiales	$\frac{9}{32}$ in	PROTO
1	Destornillador para puntas especiales	$\frac{11}{32}$ in	PROTO
Copas de 12 Puntas		Ubicación: Guarda herramientas	
Cantidad	Tamaño		Marca
1	$\frac{3}{8}$ in		Snap-on
1	$\frac{1}{2}$ in		Snap-on
1	10 mm		PROTO
1	13 mm		PROTO
1	14 mm		PROTO
1	15 mm		PROTO

Tabla 9. (Continuación)

Cantidad	Tamaño	Marca
1	$\frac{9}{16}$ in	PROTO
1	$\frac{19}{32}$ in	PROTO
1	$\frac{7}{16}$ in	PROTO
1	$\frac{1}{2}$ in	PROTO
Llave de Estrella Acodada		Ubicación: Guarda Herramientas
Cantidad	Tamaño	Marca
1	8 – 9 mm	ACESA
1	14 – 15 mm	ACESA
1	16 – 17 mm	Palmera
1	18 – 19 mm	Diamond Brand
Llaves Brístol		Ubicación: Guardaherramientas
Cantidad	Tamaño	Marca
1	$\frac{3}{16}$ in	Chesco
1	$\frac{7}{32}$ in	Chesco
1	$\frac{1}{4}$ in	Chesco
1	$\frac{5}{16}$ in	Chesco
1	$\frac{3}{8}$ in	Chesco

Tabla 9. (Continuación)

Cantidad	Tamaño		Marca
2	6 mm		L&W CR-V
1	$\frac{5}{32}$ in		W-Germany
1	8 mm		PROTO
1	6 mm		PROTO
1	5 mm		PROTO
1	4 mm		PROTO
1	3 mm		PROTO
1	2,5 mm		PROTO
1	2 mm		PROTO
Herramientas Varias			Ubicación: Guarda Herramientas
Cantidad	Descripción	Tamaño	Marca
2	Martillo de goma	-	-
1	Martillo	$2\frac{1}{2}$ in	Suri-ola
1	Hombre solo	10 in	-
1	Llave para tubo	18 in	-
1	Manivela para gato	-	-
1	Gato hidráulico	-	-
1	Segueta	-	Swornfish Brand

Tabla 9. (Continuación)

Otros		Ubicación: Vitrinas
Cantidad	Descripción	Marca
1	Analizador inductivo de motores	Alltest
1	Analizador de gases relación aire combustible	-
1	Opacímetro	-
1	Generador de funciones	Protec
1	Extractor de resortes de culata	-
3	Extractores de poleas y rodamientos	-
1	Juego de galgas	-
1	Indicador de diagrama P-V	-
1	Pistola estroboscópica	-
4	Micromanometro inclinado	-
1	Prensaválvulas	-
1	Base para comparador de caratula	-
1	Indicador de caratula	-
1	Probador de baterías	-
1	Sensor de flujo de aire	-
1	Medidor de profundidad	Mitutoyo
1	Caja de herramientas con llaves Bristol	-
1	Caja de herramientas con brocas varias	-

Tabla 9. (Continuación)

1	Planímetro	-
1	Registrador de temperatura	-
1	Medidor de Viscosidad	-
3	Medidores para gas	-
1	Sistema de regulación de gas	-
1	Sistema de conversión de gas	-
1	Tubo pito para medición de flujo de aire	-

La realización de este inventario es de suma importancia para tener un control sobre los equipos y herramientas con las que cuenta el laboratorio y de este modo evitar posibles pérdidas de herramientas, repuestos y piezas, los cuales son indispensables para que el L.M.T.A. funcione correctamente.

Asimismo el laboratorio cuenta con equipos usados como bancos de pruebas, además de material didáctico como laminas ilustrativas, motores pequeños y partes de máquinas térmicas para un mejor desarrollo de la materia en cuestión, estos equipos son:

- Motor Toyota F110.
- Motor KIA a Diésel.
- Motor Renault 4 a Gasolina.
- Banco de sistemas de ignición convencional y electrónico de motor de chispa.

- Banco simulador de inyección electrónica de gasolina.
- Motor Cummins en corte Diesel.
- Motor a gasolina en corte.
- Motor dos tiempos en corte.
- Cuatrimoto.
- Grupo electrógeno.

Se suministran imágenes que soportan el inventario antes realizado. Ver anexo B.

8. ESTUDIO DE POSIBLES DISTRIBUCIONES EN PLANTA EN EL L.M.T.A.

La distribución en planta en el laboratorio es de vital importancia para su correcto funcionamiento, esto debido a que hay que tener presentes los requerimientos de cada uno de los bancos de pruebas, así como las necesidades de las personas que operan en el laboratorio, necesidades o requerimientos como lo son funcionalidad, comodidad, iluminación, aireación, accesos libres y flexibilidad al cambio en caso de nuevas adquisiciones que obliguen a modificar la distribución existente.

Para realizar la distribución en planta del L.M.T.A se tuvo en cuenta principalmente el manejo eficiente del espacio del laboratorio, este factor fue clave a la hora de cumplir con este objetivo debido a que además de distribuir correctamente el equipo del laboratorio se debía cumplir con la norma **NTC 1819: FACTORES HUMANOS. FUNDAMENTOS ERGONÓMICOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE TRABAJO**, la cual nos dicta que se debe tener un espacio suficiente alrededor de cada banco de trabajo, con el fin de cumplir con esta norma el espacio disponible en el laboratorio se veía significativamente reducido, lo que nos llevó a probar distintas configuraciones para la distribución en planta mediante software de diseño (SolidWorks).

Una vez solucionados los requerimientos de espacio y cumplimiento de la norma NTC 1819, el siguiente factor a tener en cuenta, fue el de las necesidades de cada banco, tales como toma eléctrica, espacios ventilados, conexiones trifásicas, manejo de gases de escape por combustión, etc. Para esta esta parte era necesario revisar los componentes con los que contaba estructuralmente el laboratorio para de esta forma tener plena certeza del lugar en el que se podía o no ubicar cada banco, para esto clasificamos los elementos del laboratorio agrupándolos según sus

requerimientos de funcionamiento, tal clasificación resulto de la siguiente forma (ver tabla 10):

Tabla 10. Clasificación de elementos del L.M.T.A.

GRUPO	REQUERIMIENTOS	BANCOS
1	Extracción de gases	Motores Toyota F110, R4 y KIA
2	Conexión Trifásica	Motor Diésel y Gasolina en corte
3	Toma corriente	Inyección electrónica
4	Espacio	Mesas y guarda Herramientas

Con esta información se procedió a diseñar distintas configuraciones que cumplieran con los requerimientos de cada banco, adicional a esto se tuvo en cuenta un espacio a petición del profesor para incorporación a corto plazo de dos bancos más, los cuales son un grupo electrógeno y un dinamómetro de rodillos, estos presentan requerimientos similares a los bancos contenidos en el grupo 1. A continuación se muestran las distintas distribuciones en planta obtenidas:

Los planos con medidas correspondientes a cada una de las distribuciones planteadas se pueden ver en el Anexo C.

Figura 23. Distribución en Planta Alternativa 1.

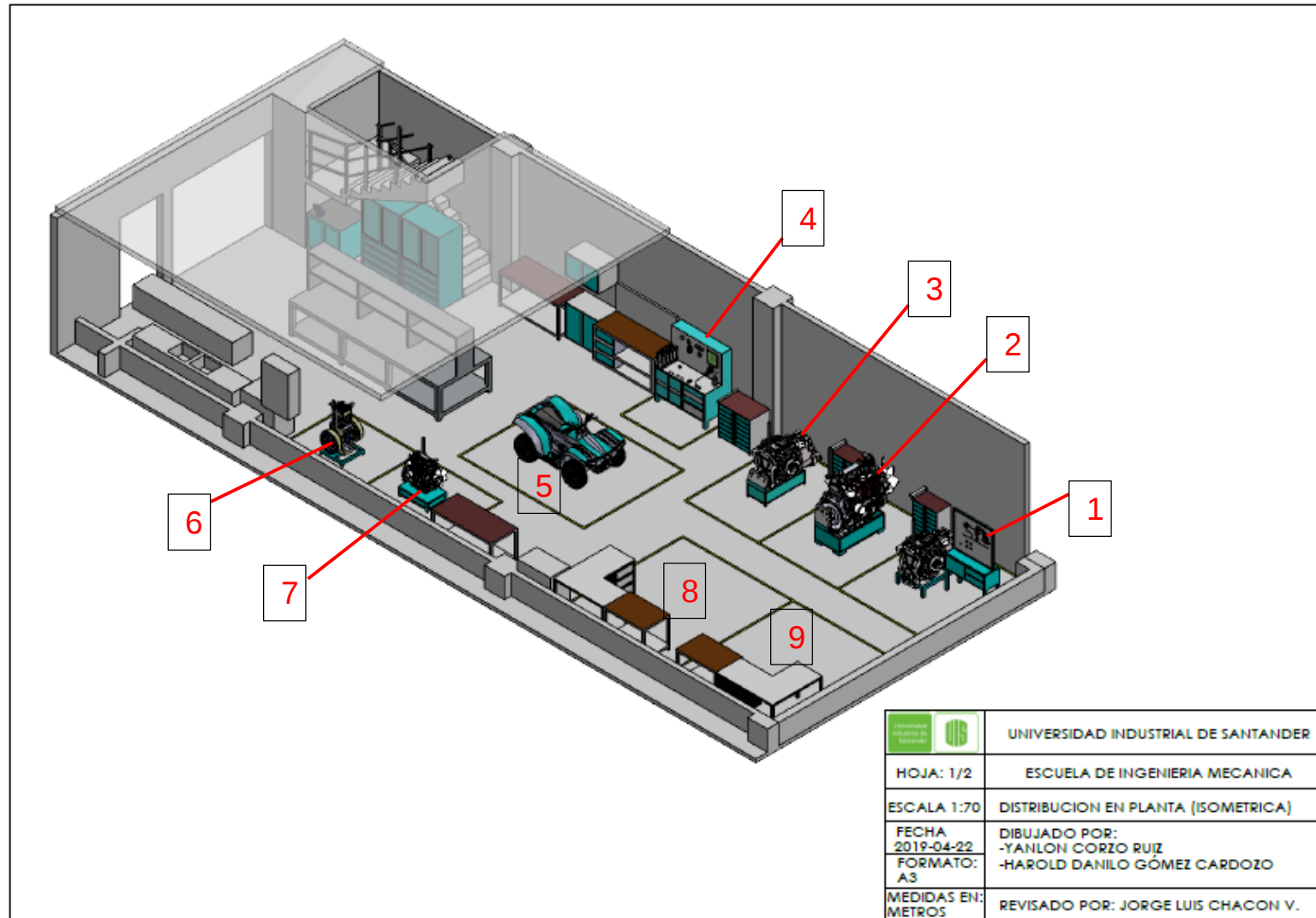


Figura 24. Distribución en Planta Alternativa 2.

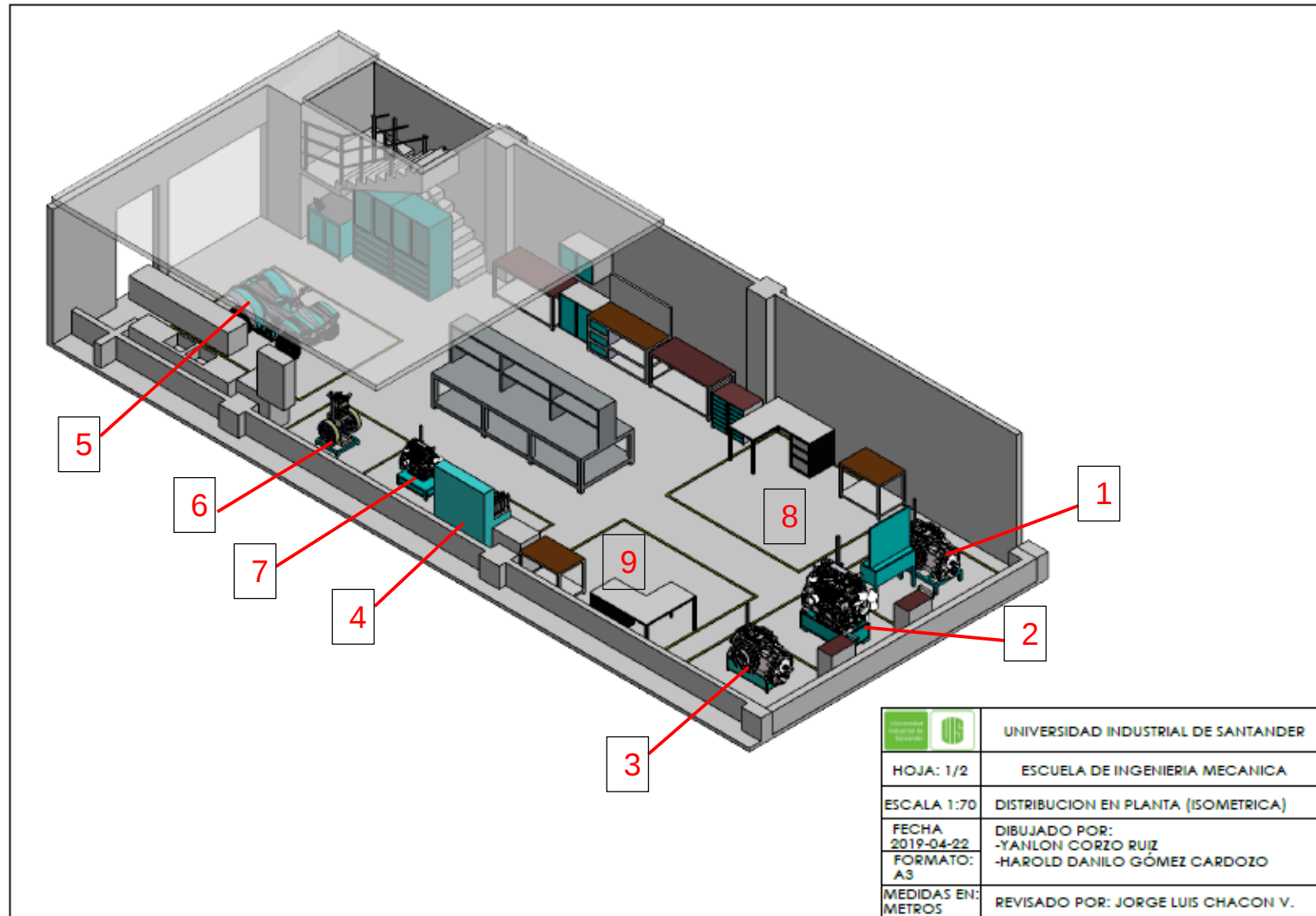


Figura 25. Distribución en Planta Alternativa 3.

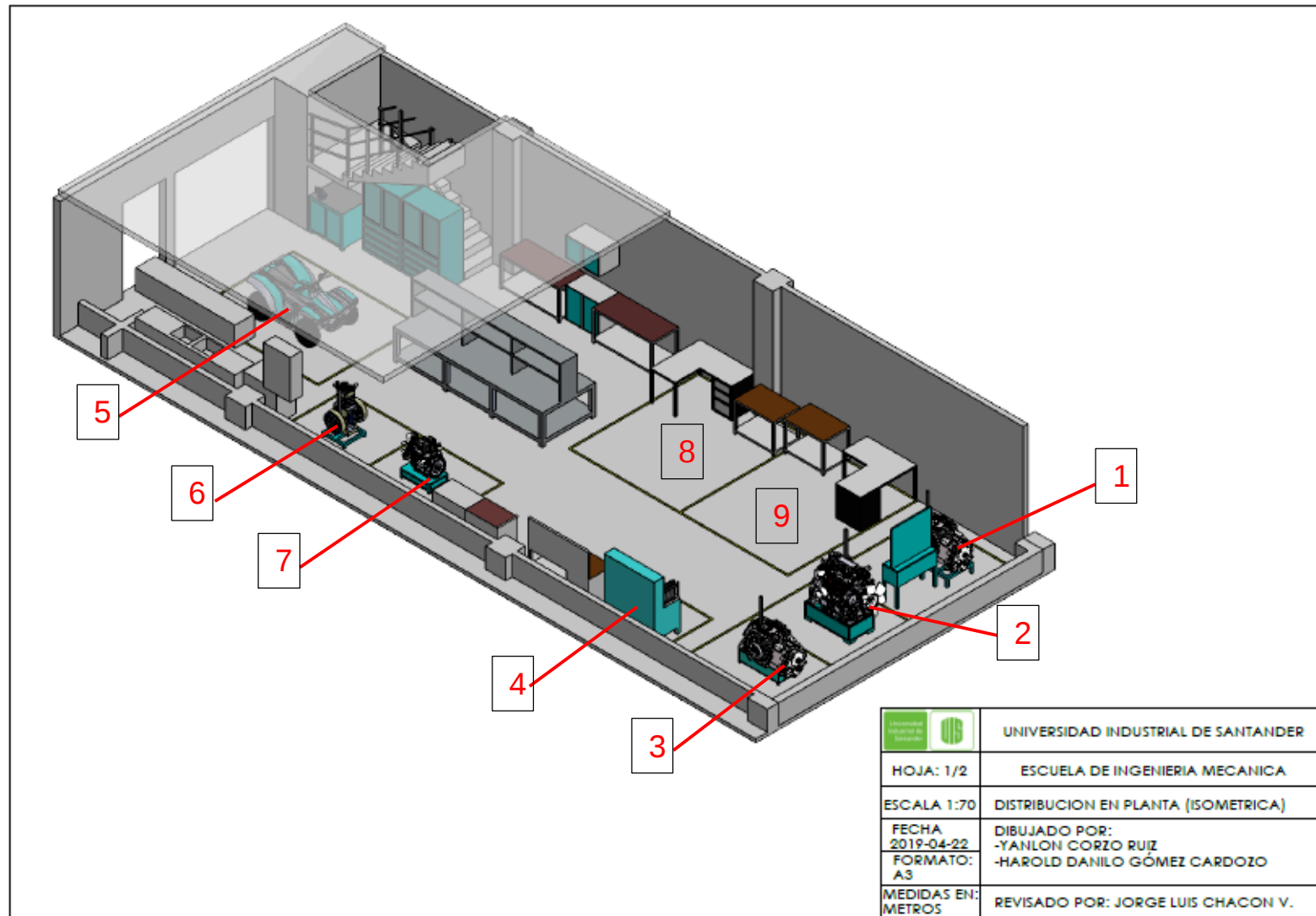


Tabla 11. Numeración de equipos

Número	Ítem
1	Motor Toyota F110 y tablero de encendido
2	Motor KIA Diésel
3	Motor Renault 4
4	Banco de inyección de gasolina
5	Cuatrimoto
6	Motor en Cummins en corte - Diésel
7	Motor de gasolina en corte
8	Espacio para dinamómetro
9	Grupo electrógeno

Para la selección de la distribución en planta más conveniente se realizó una matriz Q.F.D, en la que se calificaron las alternativas propuestas, en esta matriz se evaluaron los siguientes factores y se obtuvieron los resultados a continuación presentados (ver tablas 12 y 13):

Tabla 12. Análisis Matriz Q.F.D.

MATRIZ QFD DISTRIBUCION EN PLANTA (LAYOUT)		Funcionalidad		Comodidad		Iluminación		Ventilación		Accesibilidad		Flexibilidad al Cambio	
Extraccion de gases	6	1	6	5	30	0	0	9	54	3	18	2	12
Suministro de gas	5	9	45	2	10	0	0	9	45	3	15	2	10
Conexiones trifasicas	4	9	36	2	8	0	0	1	4	3	12	2	8
Adaptabilidad	3	7	21	8	24	7	21	8	24	9	27	7	21
Normas de seguridad	2	6	12	8	16	6	12	7	14	3	6	7	14
Estetica	1	2	2	2	2	8	8	1	1	7	7	5	5
Sumatoria		122		90		41		142		85		70	
Total		550											
Porcentajes		22.18182		16.363636		7.454545		25.81818		15.45455		12.72727	

Tabla 13. Resultados Matriz Q.F.D.

		Alternativas					
Requerimiento	Porcentaje	1		2		3	
Funcionalidad	22.181818	4	0.9	2	0.4	1	0.2
Comodidad	16.363636	1	0.2	5	0.8	2	0.3
Iluminación	7.4545455	4	0.3	4	0.3	4	0.3
Ventilación	25.818182	2	0.5	5	1.3	5	1.3
Accesibilidad	15.454545	4	0.6	4	0.6	4	0.6
Flexibilidad	12.727273	3	0.4	4	0.5	3	0.4
Total		2.865455		3.978182		3.13818	

Como se observa en la matriz de decisión realizada, la alternativa que cumplía mejor con los requisitos que pedía el laboratorio fue la alternativa número 2, la cual obtuvo el resultado más alto que fue de 3,97, una vez definida la distribución en planta y teniendo en cuenta la ubicación de los equipos así como las características del

laboratorio se procedió a dar cumplimiento al siguiente objetivo, el cual era el rediseño de un sistema de extracción para gases de escape.

9. EXAMEN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS BANCOS DE PRUEBAS DEL L.M.T.A.

Basados en los diagnósticos hechos a cada uno de los bancos de pruebas, mostradas en el capítulo 1 del presente libro, se procedió a realizar el respectivo mantenimiento correctivo, reparando cada una de las fallas y averías que se habían registrado, una vez se solucionaron, se continuo con la puesta en marcha de los equipos implicados con ayuda del técnico Fredy Vargas Quintero, quien es uno de los encargados del mantenimiento a los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, hecho esto, las pruebas realizadas nos permitieron hacer un nuevo diagnóstico, en el cual logramos detectar fallas que no se lograron notar en primera instancia, debido a que las condiciones en las que se encontraban los equipos, imposibilitaban su puesta en marcha y la detección de averías que estos pudiesen presentar en el momento en el que estuviesen funcionando.

Para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los bancos que componen el L.M.T.A., se realizaron inspecciones visuales a los diferentes sistemas que integran cada banco una vez fueron encendidos. Como resultado de esta inspección, encontramos que el motor Renault 4 seguía presentando fallas pese al mantenimiento realizado previamente, tales fallas se podrían resumir en el sistema de enfriamiento en mal estado, ocasionando recalentamiento en el motor por averías en el ventilador del radiador, que impedían el retiro eficiente de calor, conllevando a que la manguera del radiador se viera afectada al no estar hecha para soportar tan altas temperaturas, una vez más, se hicieron las reparaciones necesarias para su puesta en marcha, verificando finalmente que el motor se encontrara en condiciones óptimas para ser usado en L.M.T.A., a diferencia de este, el motor Toyota F110, presento fallas internas, las cuales se detectaron por ruidos

extraños ajenos al motor durante su funcionamiento, por lo tanto se recomienda un desmonte total de este para obtener un diagnóstico más acertado y poder corregir este inconveniente.

Con respecto a los demás bancos, se encontró una respuesta positiva al mantenimiento realizado, concluyendo con estos en óptimas condiciones para ser empleados en las distintas prácticas que puedan llevarse a cabo con cada uno. Además de esto se elaboró una hoja de chequeo para llevar un control sobre cada equipo antes de ser usado, la cual se puso a disposición del laboratorio con el fin de llevar un control sobre los equipos, dicha herramienta se diseñó teniendo en cuenta los subsistemas de cada banco en particular.

Se recomienda el diligenciamiento inmediato de este formato y presentarlo a la persona encargada del laboratorio, en caso de que algún equipo presente inconvenientes, esto para evitar que se puedan ocasionar daños de mayor calibre y que puedan ser reparados de forma oportuna.

A continuación se presentan las distintas hojas de chequeo concernientes con cada banco: tabla 14 motor Renault 4 y KIA Diesel, tabla 15 cuatrimoto y tabla 16 motor Toyota F110:

Tabla 14. Hoja de Chequeo Motor Renault 4 y KIA Diésel.

LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS				
Encargado:			Docente:	
Banco:			Hora: Inicio / Fin	
Sistema	Condición			Fecha: Día / Mes / Año
	Buena	Regular	Mala	Observaciones
Sistema de Alimentación				
Nivel del tanque de gasolina				
Mangueras				
Filtros de gasolina				
Fugas				
Sistema de Distribución				
Tensión de las Correas				
Estado de las correas				
Ajuste de elementos rotativos				
Sistema de Encendido				
Estado del Switch				
Bujías				
Cableado				
Sistema de Enfriamiento				
Nivel de agua del radiador				
Mangueras				
Ventilador				
Cableado				
Sistema de Lubricación				
Nivel de aceite				
Filtro del aceite				
Fugas				
Estado Físico del Banco				
Ruedas				
Pintura o rayones				
Otros				
Tablero de Control				
Marcador de temperatura				
Marcador de presión de aceite				
Medidor de RPM				
Observaciones Generales:				

Tabla 15. Hoja de Chequeo Cuatrimoto.

LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS				
Encargado:			Docente:	
Banco:			Hora:	Inicio / Fin
			Fecha:	Día / Mes / Año
Sistema	Condición			Observaciones
	Buena	Regular	Mala	
Sistema de Alimentación				
Nivel del tanque de gasolina				
Filtro de gasolina				
Estado del acelerador				
Fugas				
Sistema de Suspensión				
Ajuste de tornillería				
Estado de los resortes				
Fugas				
Sistema de Lubricación				
Nivel de aceite				
Fugas				
Sistema de Frenos				
Guayas				
Tensión del freno				
Nivel del líquido de frenos				
Estado Físico del Banco				
Ruedas				
Pintura				
Sillín				
Estado de la carcasa				
Observaciones Generales:				

Tabla 16. Hoja de Chequeo Motor Toyota F110.

LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS				
Encargado:			Docente:	
Banco:			Hora:	Inicio / Fin
Sistema			Fecha: Día / Mes / Año	
	Buena	Regular	Mala	Observaciones
Sistema de Alimentación				
Nivel del tanque de gasolina				
Mangueras				
Filtros de gasolina				
Fugas				
Sistema de Distribución				
Tensión de las Correas				
Estado de las correas				
Ajuste de elementos rotativos				
Sistema de Enfriamiento				
Nivel de agua del radiador				
Mangueras				
Ventilador				
Cableado				
Sistema de Lubricación				
Nivel de aceite				
Filtro del aceite				
Fugas				
Estado Físico del Banco				
Ruedas				
Pintura o rayones				
Otros				
Banco de Encendido				
Encendido Electronico				
Estado del Switche				
Bujías				
Testigos				
Cableado				
Encendido Convencional				
Estado del Switche				
Bujías				
Cableado				
Medidores				
Observaciones Generales:				

10. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN

Actualmente, dentro del Laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas de la Escuela de Ingeniería Mecánica, existen 6 bancos compuestos por motores de combustión interna, los cuales generan gases de escape altamente nocivos para la salud de las personas presentes en las áreas de prueba, por esta razón se procede a diseñar un punto de extracción para cada banco presente en el laboratorio, con el fin de evitar la presencia de gases tóxicos dentro del mismo.

Para el diseño de nuestro sistema, se debe saber que en el laboratorio existe un tubo de 400 [mm] de diámetro el cual hace las veces de extractor, pero este sistema no es óptimo, debido a que impide utilizar más de un banco a la vez porque existen limitaciones de espacio en el lugar donde está ubicado, esto sin mencionar que se debe trasladar cada uno de los bancos hacia un punto en el cual queden abajo del tubo extractor, lo que es tedioso debido a los desplazamientos que se deben realizar.

El sistema que se diseña a continuación (Figura 26), es para acoplarlo al ya existente, esto con la finalidad de reducir los costos y aprovechar el material que ya fue instalado. Para cumplir con esto se buscaron los catálogos respectivos del ventilador instalado y de los ductos, así como sus dimensiones.

El ventilador con el que cuenta el L.M.T.A, presente en la terraza del nuevo edificio de Ingeniería Mecánica se puede ver en el catálogo Greenheck (ver anexo G), con su respectiva ficha técnica, este ventilador es un modelo **SWB-118-30-CW-TH**, el

cual se describe más adelante en este capítulo y está disponible en el siguiente enlace:

- [https://my.amca.org/members/documents/catalogs/SWB%20Rev9%20June%202008%20\(2\).pdf](https://my.amca.org/members/documents/catalogs/SWB%20Rev9%20June%202008%20(2).pdf)

Ductos y accesorios **Spiro System** (ver anexo H), en este catálogo se muestran graficas de las pérdidas de presión de cada uno de los accesorios y está disponible en:

- http://www.spinhvac.com/downloads/spinhvac_es.pdf

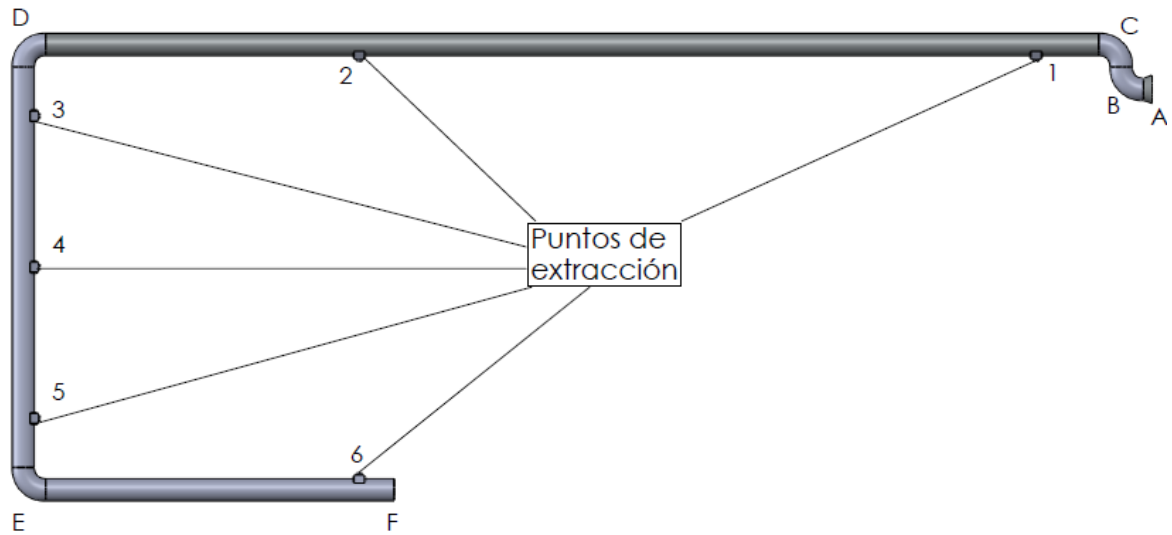
Lo siguiente es definir el caudal de gases de escape que emite cada banco, para este caso utilizaremos $0,13 \text{ [m}^3/\text{s}]$ ¹¹, este valor se corrobora usando el software Casals¹², el cual permite calcular caudales de los gases de escape en motores, además se debe tener en cuenta que el diámetro de la tubería del sistema de escape del motor es de $0,08 \text{ [m]}$.

Con el dato de caudal total, se consulta la página 17 del catálogo y en la gráfica de datos técnicos se debe seleccionar un diámetro para la tubería, observando que las pérdidas por longitud no sean muy altas, pueden estar dentro de un rango de $[1-10 \text{ Pa/m}]$.

¹¹ POZO PALACIOS, Jónatan Antonio. Influencia de la disposición del conducto de escape en el índice de contaminación de los buses de transporte masivo pasajeros en la ciudad de Cuenca. Tesis para obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz: Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías, 2010, 91p, 92p.

¹² Software que permite seleccionar el ventilador más adecuado para una instalación, además de brindar la simulación del comportamiento de esta.

Figura 26. Propuesta de Diseño del Sistema de Extracción de Gases.

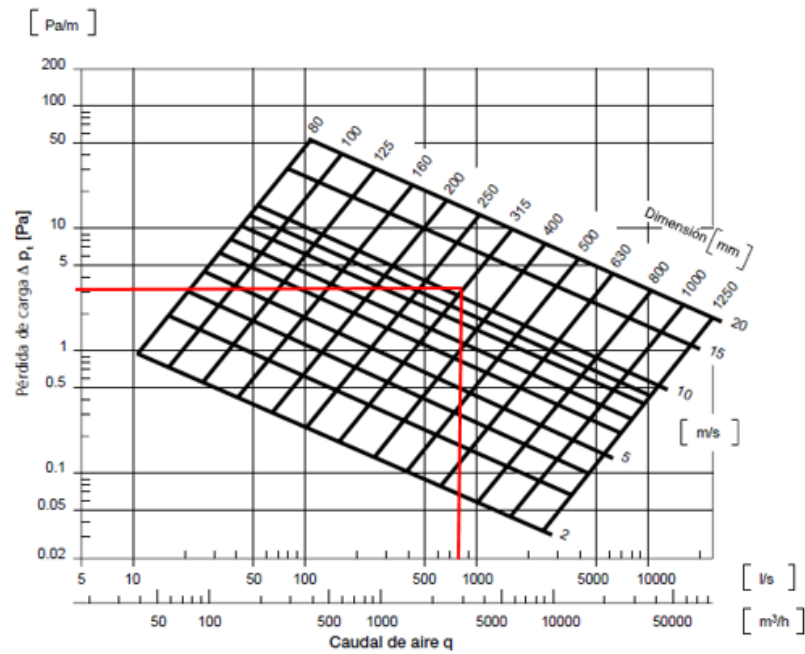


Se decide colocar los codos B y C mostrados en la figura 26, para acercar el ducto CD a la pared y así facilitar el montaje sobre los respectivos soportes que se especifican más adelante. El caudal total en la tubería (Q) es la suma del caudal proveniente de cada punto de extracción, para este caso se encuentra definido por las siguientes ecuaciones:

$$Q = 6 * 0,13 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (1)$$

$$Q = 0,78 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \approx 0,8 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = 800 \left[\frac{\text{l}}{\text{s}} \right] \quad (2)$$

Figura 27. Datos Técnicos para Ductos.



Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 17.

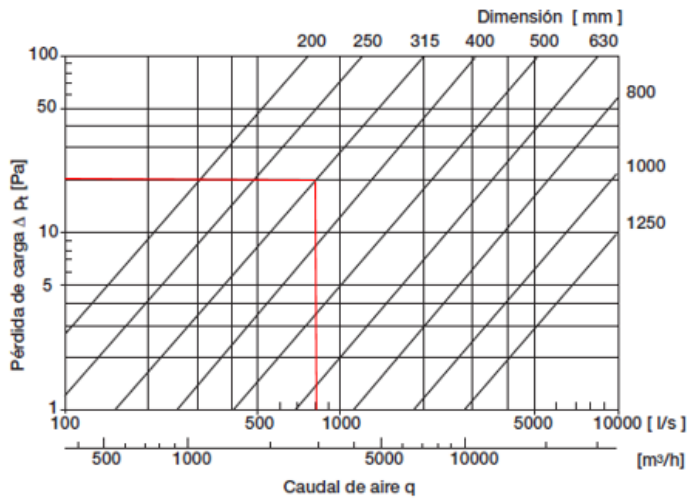
De la figura 27, se selecciona un diámetro de 315 [mm] para las tuberías AB, BC y CD (Figura 26), obteniendo perdidas por longitud de 3,2 [Pa/m].

En el punto A (Figura 26), se debe colocar una expansión de 315 a 400 [mm] para finalmente ser acoplado al ducto de 400 [mm] ya existente en el laboratorio. Por lo tanto, se requiere un ducto de 315 [mm] para los tramos CD, DE y EF (Figura 26).

Ahora se hallan las perdidas por accesorios.

Codos, están ubicados en B, C, D y E (Figura 26); Estos tienen un diámetro de 315 [mm] a 90° y un caudal de 0.8 [m³/s] (ecuación 2), por lo tanto, con la gráfica del catálogo del proveedor estimamos las pérdidas.

Figura 28. Datos Técnicos para Codos.

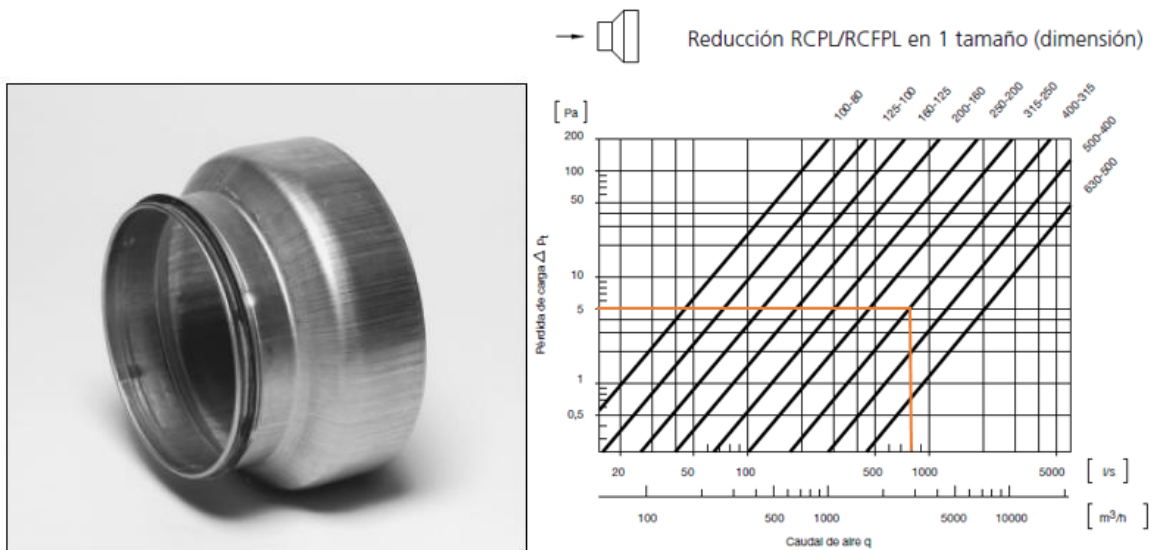


Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 19.

De la figura 28 se determina la pérdida de presión por este accesorio, teniendo un valor de 20 [Pa].

Ahora se calculan las pérdidas de presión causadas por la reducción, la cual está ubicada en el punto A de la figura 26.

Figura 29. Datos Técnicos para Reducciones.

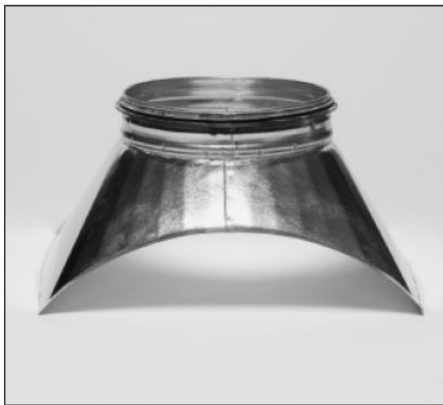


Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 38.

De la Figura 29, se tiene que para el caudal de $0,8 \text{ [m}^3/\text{s]}$ (ecuación 2) y una reducción de $400\text{-}315 \text{ [mm]}$ la perdida de presión tiene un valor de 5 [Pa] .

Sobre el ducto se deben colocar injertos aerolíticos como el que se muestra en la figura 30. Estos se ubican en los puntos 1, 2, 3, 4, 5 Y 6 (figura 26).

Figura 30. Injertos Aerolíticos.



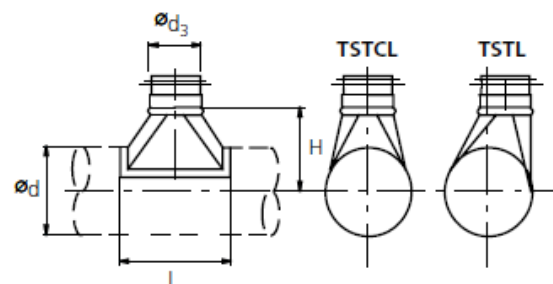
Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 54.

Dichos injertos tienen las siguientes especificaciones (Figura 31) y van acoplados directamente a la tubería flexible de 80 [mm], que se conecta a la tubería de los gases de escape de cada motor.

Figura 31. Datos Técnicos para Injertos Aerolíticos.

$\varnothing d$ nom	$\varnothing d_3$	L mm	H mm	kg
315	80	170	205	0,2
	100	190	205	0,2
	125	215	205	0,3
	140	240	210	0,4
	150	250	210	0,4
	160	260	210	0,4

Dimensiones



Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 54.

El fabricante no especifica cómo se debe realizar el cálculo de las pérdidas de presión por este accesorio, por lo tanto, se supone un valor de 8 [Pa], ya que se está conectando una línea secundaria a la línea principal de extracción y esto conlleva a que las pérdidas sean considerables.

Acoplado a estos injertos se debe colocar tubería flexible (Figura 32) para unir el tubo de los gases de escape, con el sistema de extracción. Esta debe ser de 80 [mm] porque es el diámetro del tubo de los gases de escape y también de la boquilla del injerto, la longitud de cada tubo flexible debe ser 3 [m] para garantizar que cumpla con la distancia mínima requerida para su conexión al sistema principal.

Figura 32. Tubos Flexibles.

Tubos flexibles **SRFC-2**

Descripción

Tubo flexible de chapa de aluminio de 2 x 0,07 mm, longitud estándar de 5 m, longitud comprimida aprox. 1,20 m, fabricado en las dimensiones comprendidas entre Ø63 y Ø315 mm; soporta temperaturas de hasta 200°C.



Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 173.

Para este tubo no se especifican las pérdidas de presión, por lo tanto, se suponen pérdidas de 7 [Pa/m], debido a que su flexibilidad hace que las pérdidas sean mayores si las comparamos con la caída de presión en los tramos de tubo rectos.

También se deben calcular las pérdidas de presión ocasionadas por los ductos y accesorios ya existentes hasta el punto donde se acopla al ventilador, los cuales son de un diámetro de 400 [mm].

Los accesorios son 6 codos, utilizando la figura 3, para un diámetro de 400 [mm] y un caudal de 0.8 [m³/s] (ecuación 2); se tiene que la pérdida de presión es de 8 [Pa].

La longitud total de los ductos del sistema existente es de 26 [m]. Para estimar las pérdidas hay que redirigirse a la figura 27 y con los datos de diámetro y caudal respectivamente 400 [mm], 0.8 [m³/s] (ecuación 2), se obtiene un valor de 1 [Pa/m].

Para hallar el total de las pérdidas por presión del sistema, se organizan los datos en la siguiente tabla (ver tabla 17):

Tabla 17. Pérdidas Totales en el Sistema.

Pérdidas en ductos						
Tramo	Accesorio	Caudal [m ³ /s]	Diámetro [mm]	Cantidad [m]	Pérdidas [Pa/m]	Pérdida total [Pa]
C-D	Ducto	0,8	315	15	3,2	48
D-E	Ducto	0,8	315	6	3,2	19,2
E-F	Ducto	0,8	315	5	3,2	16
Existentes	Ducto	0,8	400	26	1	26
1,2,3,4,5, 6	Tubería flexible	0,13	80	18	7	126
Pérdidas por accesorios						
Punto	Accesorio	Caudal [m ³ /s]	Diámetro [mm]	Cantidad	Pérdidas [Pa]	Pérdida total [Pa]
B, C, D, E	Codo	0,8	315	4	20	80
Existentes	Codo	0,8	400	6	8	48
A	Reducción	0,8	400-315	1	5	5
1,2,3,4,5, 6	Injerto	0,13	315-80	6	8	48
Pérdida de presión total en el sistema						416,2

De la tabla 17, se tiene que la pérdida total de presión en el sistema es de 416,2 [Pa]. Con este valor se procede a verificar si el ventilador actualmente instalado

cumple con los requerimientos necesarios para hacer las modificaciones propuestas en este diseño.

Se procede a calcular la potencia requerida ($Pot_{requerida}$) para extraer los gases de escape, esto se logra multiplicando el caudal total (Q) por las pérdidas de presión en el sistema (ΔP_{total}), tal como se enuncia en la siguiente ecuación:

$$Pot_{requerida} = Q * \Delta P_{total} \quad (3)$$

$$Pot_{requerida} = 0.8 \left[\frac{m^3}{s} \right] * 417 \text{ [Pa]} \quad (4)$$

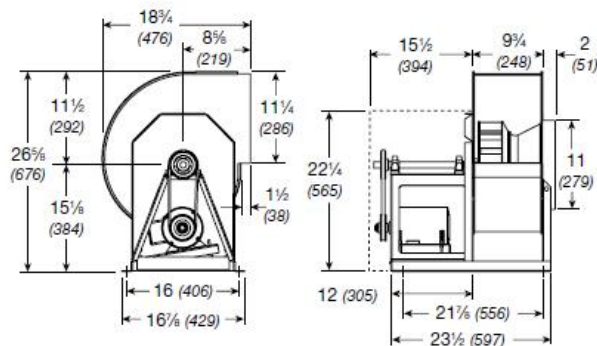
$$Pot_{requerida} = 333,6 \text{ [W]} \quad (5)$$

$$Pot_{requerida} = 0,45 \text{ [HP]} \quad (6)$$

Para la selección del ventilador, se debe tener en cuenta el caudal a través de la tubería, el cual tiene un valor de $0.8 \text{ [m}^3/\text{s]}$ (ecuación 2) y equivale a **2880 [m³/h]**, además, la pérdida de presión total en el sistema de **416,2 [Pa]** (tabla 17). Con estos valores se busca en las gráficas del catálogo, cuál de los modelos es el adecuado para este diseño.

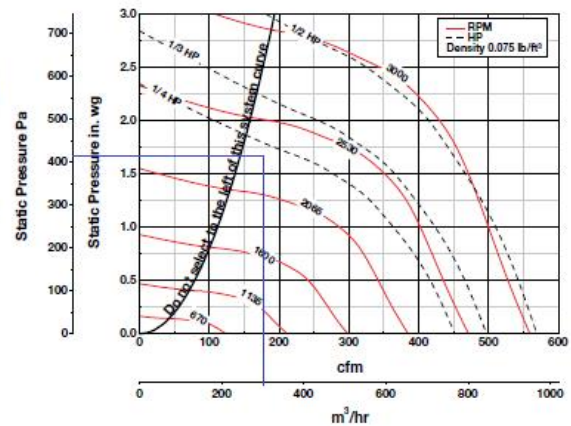
Figura 33. Especificaciones del ventilador en el extractor necesario.

SWB-106 - Belt Drive Series 100



Wheel Diameter = 11 1/2 (283)
 Shaft Diameter = 3/4 (19)
 Outlet Area = 0.76 ft² (0.07 m²)
 ^Approximate Unit Weight = 135 lb. (61 kg)

All dimensions in inches (millimeters).
 For additional discharge positions see page 9.
 ^Weight shown is largest cataloged Open Drip Proof motor.



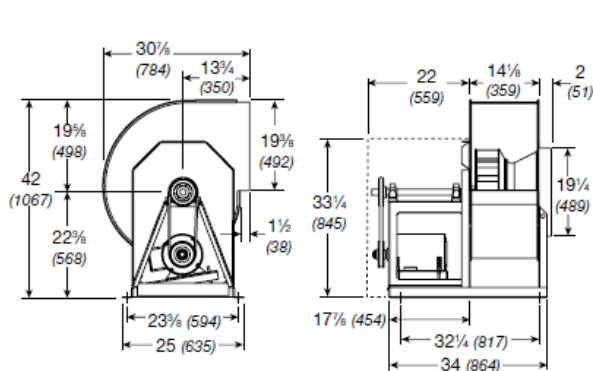
MAXIMUM BHP AT A GIVEN RPM = (RPM/3706)³
 MAXIMUM RPM = 3000
 TIP SPEED (ft/min.) = RPM x 2.91
 MAXIMUM MOTOR FRAME SIZE = 145T

Fuente: Catálogo Greenheck, pagina 12.

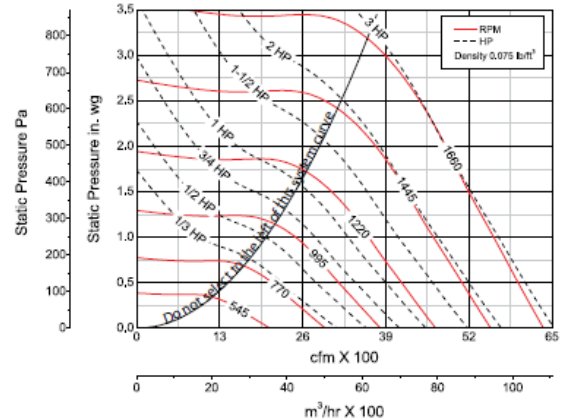
El fabricante aconseja que se realice la selección a la derecha de la curva ascendente, lo que indica que este ventilador cumple con los requerimientos del sistema. La potencia del motor debe ser 1/4 [Hp] según la gráfica anterior.

Figura 34. Especificaciones del ventilador existente.

SWB-118 - Belt Drive Series 100



Wheel Diameter = 18 1/2 (470)
 Shaft Diameter = 1 (25)
 Outlet Area = 1.87 ft² (0.17 m²)
 ^Approximate Unit Weight = 312 lb. (142 kg)
 All dimensions in inches (millimeters).
 For additional discharge positions see page 9.
 ^Weight shown is largest cataloged Open Drip Proof motor.



MAXIMUM BHP AT A GIVEN RPM = (RPM/1150)³
 MAXIMUM RPM = 1660
 TIP SPEED (ft/min.) = RPM x 4.78
 MAXIMUM MOTOR FRAME SIZE = 213T

Fuente: Catálogo Greenheck, pagina 19.

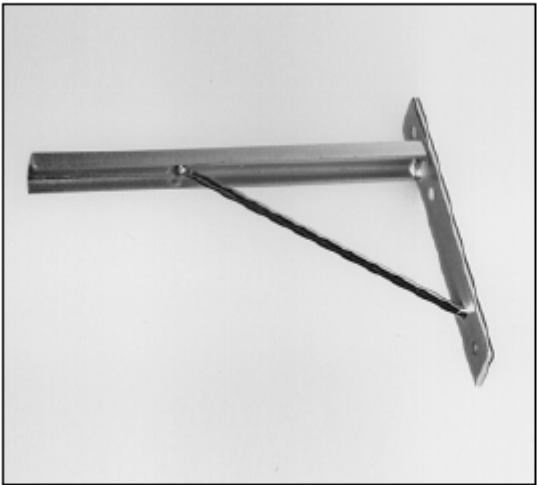
Este ventilador tiene un motor de 3 [HP], esta potencia es mucho mayor a la potencia que se requiere para este sistema, por lo tanto se puede concluir que el diseño es viable, además, se encuentra sobredimensionado, lo que indica que cumple con las especificaciones mínimas presentes en el diseño.

En cuanto al montaje de los ductos, serán utilizados los soportes de pared (ver figura 35), los cuales se pueden seleccionar en el catálogo del fabricante de los ductos, dependiendo de las condiciones del lugar destinado para instalar el sistema.

Figura 35. Elementos de Soporte.

Soportes de pared

VK



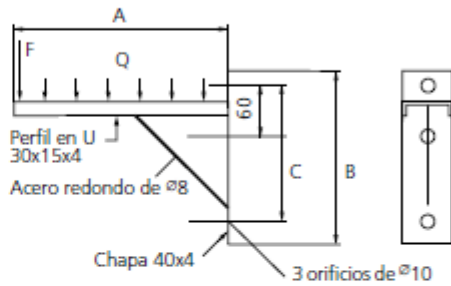
Descripción

Soportes para montaje en la pared.
Electro galvanizados.

Ejemplo de pedido

Código de producto: VK aaa
Tipo _____
A _____

Dimensiones



	A mm	B mm	C mm	F (kg)	Q (kg)
VK3	300	250	200	116	260
VK4	400	300	250	92	241
VK5	500	350	300	77	228
VK6	600	400	350	57	173
VK8	800	500	450	48	130
VK10	1000	600	550	44	111

F indica la carga puntual máx. permitida.
Q indica la carga lineal máx. permitida.

Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 170.

Estos soportes van apernados a la pared y separados una distancia de 1,5 [m] uno del otro. Para este caso se necesitan 15 soportes como el mostrado anteriormente, los cuales tienen una longitud de 1 [m], ya que la distancia entre la pared y el ducto extractor es aproximadamente 96 [cm].

Los ductos se fabrican de un tamaño máximo de 6 [m], por lo tanto, para unir las secciones se requiere el uso de 3 manguitos de unión tipo macho los cuales se muestran en la figura 36. Sumado a esto, para unir los accesorios entre sí, se

requieren 3 manguitos de unión tipo hembra, mostrados en la figura 37. Cuando se unen ductos y accesorios no se requiere ningún tipo de unión adicional. Se realiza directamente.

Figura 36. Manguitos de unión macho.

Manguitos de unión macho

NPL



Descripción

Los manguitos de unión macho NPL se utilizan para unir los tubos SPIRO®system.

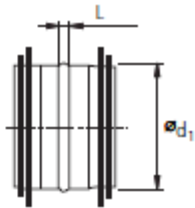
Ejemplo de pedido

Código de producto: **NPL** **aaa**

Tipo _____

$\varnothing d_1$ _____

Dimensiones



$\varnothing d_1$ nom	L mm	kg
80	8	0,1
100	8	0,1
125	8	0,2
140	8	0,2
150	8	0,2
160	8	0,2
180	8	0,3
200	10	0,3
224	10	0,3
250	10	0,5
280	10	0,5
300	10	0,6
315	10	0,6
355	10	0,7

Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 76.

Figura 37. Manguitos de unión hembra.

Manguitos de unión hembra

MF

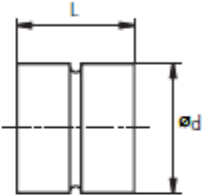


Descripción

Los manguitos de unión hembra MF se utilizan para unir accesorios de tubo.

Ejemplo de pedido
Código de producto: MF aaa
Tipo _____
Ød _____

Dimensiones



Ød nom	L mm	kg
80	90	0,1
100	90	0,1
125	90	0,2
140	90	0,2
150	90	0,2
160	90	0,2
180	90	0,3
200	90	0,3
224	90	0,3
250	135	0,5
280	135	0,5
300	135	0,6
315	135	0,6
355	135	0,7

Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 77.

Para asegurar la correcta unión de estos accesorios, se hace uso de 10 abrazaderas herméticas como las que se muestran en la figura 38, con esto se descarta la presencia de fugas en el sistema.

Figura 38. Abrazaderas herméticas.

Abrazaderas herméticas

MFK



Descripción

El interior de estas abrazaderas herméticas está recubierto con goma EPDM resistente al envejecimiento.

Se utiliza para obturar uniones entre los tubos.

Ejemplo de pedido

Código de producto: **MFK** **aaa**

Tipo _____

ØD _____

Dimensiones



ØD nom	kg
80	0,3
100	0,3
125	0,4
140	0,4
150	0,5
160	0,5
180	0,5
200	0,5
224	0,6
250	0,6
300	0,6
315	0,7
350	0,7

Fuente: Catálogo Spiro System, pagina 163.

El costo total del sistema, incluyendo la mano de obra se puede ver en la tabla 18:

Tabla 18. Valor del Sistema de Extracción de Gases.

Costo del Sistema de Extracción de Gases y Montaje				
Ítem	Descripción de productos Spiro System	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tubería	Diámetro 315 mm	26 m	60.000	1.560.000
Reducción	Diámetro de 400-315 mm	1	50.000	50.000
Codos	Diámetro 315 mm	4	50.000	200.000
Manguitos de unión	Tipo macho de 315 mm	3	20.000	60.000
	Tipo hembra de 315 mm	3	20.000	60.000
Abrazaderas	Diámetro 315 mm	10	10.000	100.000
Injertos	Diámetro de 315 a 80 mm	6	50.000	300.000
Tubería	Flexible diámetro 80 mm x 3 m	6	330.000	1.980.000
Soportes de pared	Tipo VK de 1 m de longitud	15	50.000	750.000
Montaje	Costo de instalación del sistema	2 operarios	250.000	500.000
Costo total				5.560.000

Junto con este documento, se anexan los siguientes planos (ver anexo D):

- Plano completo del sistema de extracción dentro y fuera del laboratorio.
- Plano explosionado de los ductos y accesorios del sistema dentro del laboratorio.
- Plano en vista superior de los ductos dentro del laboratorio.
- Plano en vista frontal de los ductos dentro del laboratorio.

11. APLICACIÓN NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Dentro del laboratorio, es de suma importancia que se garantice el cumplimiento de las normas básicas de seguridad industrial para la protección del personal, en el desarrollo de este objetivo se aplicaron un mínimo de normas, las cuales permiten que los espacios de trabajo sean seguros para su uso.

A continuación se describen las normas que fueron tenidas en cuenta durante el desarrollo de este proyecto:

11.1 Código NFPA 30: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES INFLAMABLES Y COMBUSTIBLE

La NFPA (*National Fire Protection Association*), es una organización encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio, utilizados tanto por bomberos, como por el personal encargado de la seguridad. Entre los códigos que esta organización maneja se encuentra el código NFPA 30, el cual dicta una serie de requisitos mínimos con los que se debe contar para la manipulación y almacenamiento de combustibles.

El nuevo edificio de Ingeniería Mecánica, cuenta con una bodega destinada para el almacenamiento de combustibles, la cual se encuentra ubicada frente al L.M.T.A., esta cumple con un mínimo de requisitos para su funcionamiento, entre los que se destacan los siguientes:

- ✓ Puerta metálica, la cual es incombustible.
- ✓ Área protegida de la luz directa del sol, la lluvia y daños mecánicos.
- ✓ Área de almacenamiento identificada claramente, libre de obstrucciones y accesible solamente a personal autorizado.
- ✓ Zona libre de posibles fuentes de ignición.
- ✓ La bodega está disponible únicamente para almacenamiento de combustibles líquidos.
- ✓ La bodega es utilizada para un bajo almacenamiento de combustible.
- ✓ Cuenta con instalación de duchas y lavajos.
- ✓ Cuenta con un extintor y tomas de agua a una distancia no mayor a 5 metros.

11.2 NTC 1461: HIGIENE Y SEGURIDAD. COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD

En el L.M.T.A. existen múltiples riesgos para las personas que allí se encuentran, es por esto que se aplica esta norma técnica colombiana, la cual establece factores de seguridad industrial, la función de los colores y señales que informan sobre los lugares, objetos o situaciones que puedan provocar accidentes u originar riesgos a la salud, a la vez que indica la ubicación de dispositivos o equipos que tengan gran importancia desde el punto de vista de la seguridad.

Para evitar accidentes dentro del laboratorio es importante realizar la señalización respectiva, dicha señalización se clasifica en 4 tipos, los cuales son: señales de prohibición, señales de acción de mando, signos de prevención y señales de información concernientes a condiciones de seguridad, en el L.M.T.A. se aplicaron las siguientes señales (ver tabla 19):

Tabla 19. Señales implementadas en el L.M.T.A.

Señales de prohibición	
Señal	Referencia
	No fumar ni encender fuego.
	No extinguir con agua.
	No tocar
Señales de acción de mando	
Señal	Referencia
	Uso obligatorio de gafas de protección.
	Uso obligatorio de protección auditiva.
	No obstruir la puerta.

Tabla 19. (Continuación)

Signos de prevención	
Señal	Referencia
	¡Peligro! Gas inflamable.
	Riesgo eléctrico.
	¡Atención! ruido.
	¡Atención! Riesgo de atrapamiento.
señales de información concernientes a condiciones de seguridad	
Señal	Referencia
	Lavaojos.
	Salida de emergencia.
	Ducha de emergencia.

Tabla 19. (Continuación)

Señal	Referencia
	Primeros auxilios.
	Extintor.

11.3 NTC 1819: FACTORES HUMANOS. FUNDAMENTOS ERGONOMICOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE TRABAJO

Esta norma trata sobre los factores relacionados con el espacio de trabajo, en donde se deben considerar las limitaciones impuestas por las dimensiones y la movilidad del cuerpo, buscando que el espacio de trabajo sea el que se adapte al operador, estudiante, auxiliar o profesor, según sea el caso. También contiene factores relacionados con las condiciones del medio de trabajo, tales como: físicas, químicas y biológicas, las cuales no deben presentar ningún efecto nocivo sobre las personas.

Para el cumplimiento de esta norma, el L.M.T.A ya contaba con algunos de los parámetros que se enuncian en esta sobre el diseño del medio de trabajo, tales como:

- ✓ Renovación del aire.
- ✓ Condiciones térmicas.

- ✓ Iluminación adecuada.
- ✓ Selección de colores para el área y equipo de trabajo.
- ✓ Sistemas de control de riesgo.

Sumado a esto la norma también hace referencia a las dimensiones que deben tener las áreas de trabajo, esta dicta que cada banco de pruebas debe tener una distancia mínima de 80 cm por cada lado por el que este pueda ser operado y para el tránsito de personal, por lo tanto se realizó la distribución en planta, mostrada en el capítulo 8, basados en el cumplimiento de esta norma para garantizar los factores ergonómicos al momento de la manipulación de equipos.

En el anexo E, se pueden apreciar fotografías de la aplicación de las diferentes normas de seguridad que se mencionan con anterioridad en este capítulo.

12. IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Para aprovechar al máximo el L.M.T.A. es indispensable contar con un manual que contenga las guías pertinentes para el uso de los equipos que posee este, en el desarrollo de este objetivo se realizó un manual que contiene nueve diferentes prácticas de laboratorio, en el cual se usan la totalidad de equipos que allí se encuentran, esta herramienta está elaborada de forma tal que las guías desarrolladas siguen el mismo orden de los temas vistos en clase, para de este modo poder realizar la experiencia en el laboratorio con la información inmediata que posee el estudiante y así complementar la clase haciendo uso de herramientas didácticas brindadas por el L.M.T.A.

Una manera de facilitar el cumplimiento de este objetivo, fue el reunir información de proyectos de grado antes desarrollados con el mismo propósito, para esta situación específica se realizaron modificaciones y actualizaciones a algunas prácticas ya existentes con el fin de mejorar la implementación de cada una de ellas, además de esto, se incluyeron algunas prácticas nuevas, las cuales se consideraban necesarias para mejorar la calidad de la asignatura. Los proyectos que se tomaron como base fueron ESTUDIO Y ORGANIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS. FASE I¹³ y ESTUDIO, ACTUALIZACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE PRÁCTICAS EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE

¹³ GONNZALES GARCÍA, José Gustavo; OROZCO MERCADO, Alex Javier. Estudio Y Organización De Las Prácticas De Motores De Encendido Por Chispa Para El Laboratorio De Máquinas Térmicas Alternativas. Fase I. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2005. p.128-220.

SANTANDER¹⁴, los cuales brindaron una base para desarrollar un nuevo manual, más completo y actualizado de los bancos de pruebas con los que hoy día cuenta el L.M.T.A. En la elaboración de estas guías se tuvo en cuenta una secuencia específica, en un formato elaborado con el fin de brindar orden y comodidad al estudiante al momento de utilizar dicho material. El manual de guías se puede ver en el anexo F, a continuación se presenta el formato empleado en cada guía:

Tabla 20. Formato para Prácticas de Laboratorio.

  LABORATORIO DE MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS 		
Practica #: Nombre de la práctica		Profesor: Jorge Luis Chacón V.
Auxiliar:	Fecha:	Página: 1 de 1
Nombre:	Código:	Calificación:
1. Objetivos de la práctica		
2. Introducción		
3. Aplicaciones de la práctica		
4. Materiales y equipo a utilizar		
5. Fundamentos teóricos		
6. Procedimiento		
7. Cuestionario		

¹⁴ CARRERO CHAPARRO, Rafael Andrés; SOTOMONTE VEGA, Hermes Joaquín. Estudio, Actualización Y Organización De Prácticas En Motores De Combustión Interna Para El Laboratorio De Máquinas Térmicas Alternativas De La Universidad Industrial De Santander. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2011. p.122-310.

13. COSTOS

Para poder cumplir con este proyecto, se hizo una inversión monetaria por parte de los autores, el dinero invertido se utilizó en la reparación de equipos, adecuación del laboratorio, entre otros. Además de esto se realizó la cotización del diseño e implementación del sistema de extracción de gases propuesto en el capítulo 10. La suma de estos ítems da como resultado el total monetario necesario para la puesta en marcha del laboratorio. A continuación se especifican los costos que implicó cada operación.

En la tabla 21 se muestran los valores correspondientes únicamente a la puesta en marcha del L.M.T.A.

Tabla 21. Costo de la puesta en marcha.

Costo de la Puesta en Marcha				
Ítem	Descripción de productos	Cantidad	Valor unitario.	Valor total
Batería	43R800	1	263.644	263.644
Pera de temperatura	Thomson 82.72 motor Renault 4	1	25.000	25.000
Filtro	De combustible motor Renault 4	1	10.000	10.000
Filtro	De combustible P550105 motor KIA	1	15.000	15.000
Bujías	BP5HS motor Toyota F110	6	7.000	42.000
	AE42 motor Renault 4	4	7.000	28.000
Acoples	Para los filtros de aire	3	3.000	9.000
Arreglo del radiador	Boquilla	1	25.000	25.000
	Ventilador	1	70.000	70.000
	Manguera	1	40.000	40.000
Manguera	Para medidor de presión de aceite x metro	4	2.500	10.000
Cinta	Para demarcación de espacios	2	25.000	50.000

Tabla 21. (Continuación)

Normas	Señalización	1	30.000	30.000
Otros	Tornillería y herramientas	1	30.000	30.000
Transporte	Hacia los diversos talleres	1	100.000	100.000
Total puesta en marcha				747.644

En la tabla 22 se puede apreciar el costo total del proyecto, en esta además se incluye el valor de la implementación del sistema de extracción de gases diseñado en este proyecto.

Tabla 22. Costo Total.

Costo Total del Proyecto	
Detalle	Valor
Costo del sistema de extracción de gases y montaje. Ver tabla 17.	5.560.000
Costo de la puesta en marcha	747.644
Papelería	100.000
Total del proyecto	6.407.644

14. CONCLUSIONES

Durante el diagnóstico realizado, se evidenciaron las múltiples fallas que presentaban cada uno de los ocho bancos de prueba presentes en el laboratorio, en base a esto y con ayuda de la información recopilada, la cual fue de gran importancia para conocer la composición de cada equipo, se corrigieron los problemas detectados, remplazando las partes dañadas y obteniendo algunas faltantes para garantizar que estos funcionaran correctamente.

El inventario de los diferentes equipos y herramientas del L.M.T.A permitió conocer cada uno de los elementos que lo constituyen, sin embargo, esto también fue importante para evidenciar la ausencia de algunas herramientas necesarias para realizar mantenimiento a los diversos bancos.

La distribución en planta realizada en el L.M.T.A permite una fácil movilización del personal dentro de este, además existe un espacio libre de trabajo, el cual permite manipular cada uno de los equipos con cierta comodidad para brindar un ambiente laboral adecuado a la comunidad estudiantil.

Una vez fueron reparados los equipos, se pusieron en marcha para verificar su correcto funcionamiento y así garantizar que los estudiantes puedan hacer uso de todo el laboratorio en general, y de esta manera afianzar los conocimientos que se obtienen durante el desarrollo de la catedra. Sin embargo, para lograr esto es necesaria la implementación del rediseño que se hizo al sistema de extracción de gases en este proyecto, el cual tiene un valor de 5'560.000 COP y que debería ser

asumido por la Escuela de Ingeniería Mecánica, para asegurar el bienestar a las personas que allí frecuentan.

El L.M.T.A es uno de los que presenta mayores peligros para la salud humana, razón por la cual se implementaron diversas normas de seguridad industrial tales como MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES INFLAMABLES Y COMBUSTIBLE, HIGIENE Y SEGURIDAD. COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD y FACTORES HUMANOS. FUNDAMENTOS ERGONOMICOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE TRABAJO, que brindan al personal un espacio de trabajo adecuado para la realización de las actividades académicas.

Se desarrolló un manual de guías para la realización de nueve prácticas de laboratorio, el cual es una versión actualizada y mejorada de una ya existente con la cual se venía desarrollando el curso, estas modificaciones se hicieron para que el estudiante logre obtener una mejor comprensión de cada uno de los temas tratados en la asignatura y aproveche al máximo la experiencia que le brinda participar en esta catedra.

15. RECOMENDACIONES

El L.M.T.A. cuenta con equipos que de momento cumplen con la tarea para la cual fueron puestos allí, no obstante, dichos equipos son obsoletos y algunos carecen de condiciones óptimas para su funcionamiento. Aprovechando los espacios dispuestos para los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, es imperativo que esta o en su defecto la Universidad Industrial de Santander, realice inversiones en la adquisición de nuevas tecnologías que representen una mejora significativa en los equipos utilizados en el laboratorio, y así, generar profesionales con una mejor formación, familiarizados con los avances tecnológicos.

Pese a la gran infraestructura disponible para el laboratorio, esta no es del todo confortable para su uso, prueba de esto es la poca practicidad que hay al momento de usar bancos como motores, los cuales generan grandes cantidades de humo en parte por ser estos equipos muy viejos, es recomendable hacer modificaciones al sistema de extracción de gases como las planteadas en este proyecto y con ello garantizar la salud de las personas participes en el laboratorio.

La reparación de los bancos del laboratorio es parte vital para que este funcione correctamente y cumpla con sus funciones, en el L.M.T.A. es evidente el abandono en los distintos equipos allí presentes, por lo tanto es pertinente realizar un proyecto en el que se desarrolle y aplique un plan de mantenimiento que optimice el funcionamiento de los bancos en el laboratorio para evitar daños mayores y permanentes a los bancos.

16. APORTES

Durante el desarrollo de este proyecto de grado, se consiguió la reparación, mantenimiento y optimización de los bancos de prueba involucrados en el laboratorio, además de ubicarlos correctamente dentro de este, en zonas en las que optimizaran sus respectivos funcionamientos; se aplicaron algunas Normas Técnicas Colombianas (NTC) de seguridad y ergonomía que elevan la calidad del laboratorio y lo hacen un lugar más seguro y agradable al momento de su uso, también se logró desarrollar, actualizar y mejorar un manual de prácticas de laboratorio con nueve diferentes guías, las cuales permiten un adecuado desarrollo de la materia de Maquinas Térmicas Alternativas, se realizó un rediseño para la mejora del sistema de extracción de gases con el que contaba en L.M.T.A., el cual es recomendable y pertinente su pronta instalación para garantizar el adecuado uso del laboratorio.

Con el cumplimiento de los objetivos planteados, se logra entregar el L.M.T.A. en correcto funcionamiento y listo para ser usado por el cuerpo docente y estudiantil de la Universidad Industrial de Santander.

BIBLIOGRAFÍA

HEYWOOD, John B, *Internal combustion engine fundamentals*, New York: Mc Graw Hill, 1988.

JENSEN, Jens, Maquinas térmicas alternativas, Bucaramanga: UIS, DPTO. de Ingeniería Mecánica, 1983.

MARTINEZ MEJIA, Edwin Enrique. Reacondicionamiento Y Construcción De Un Banco De Pruebas De Los Sistemas De Encendido Convencional Y Electrónico De Un Motor De Ignición Por Chispa. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. 2009.

MAY, Ed. Mecánica para motores diésel: Teoría, Mantenimiento y Reparación, México: Mc Graw Hill, 1999.

MCCORMICK, Ernest James, Ergonomía; Factores humanos en ingeniería y diseño, Barcelona, ES.: Gustavo Gili, 1980.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, NFPA 30, Flammable and Combustible Liquids Code.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, NFPA 704, Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 1819, Factores Humanos. Fundamentos Ergonómicos para el Diseño de Sistemas de Trabajo.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC-ISO-IEC 17025, Requisitos Generales de Competencias de Laboratorios de Ensayo y Calibración.

PINZÓN ARIZA, Magda Rocío y PINZÓN ACELAS, Tania Carolina. Diseño, Construcción E Implementación De Las Prácticas Experimentales De Un Banco Para El Análisis De Compresores De 2 Etapas Para El Laboratorio De Máquinas Térmicas Alternativas Fase 2. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. 2017.

RUIZ ROSALES, Santiago; [y otros], Prácticas de motores de combustión, México: Alfaomega; Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, c2005.

SAAVEDRA CORDERO, Héctor Eulisis y SOLORZANO VILLA, Arielis. Recuperación Del Banco Simulador De Inyección Electrónica A Gasolina De La Escuela De Ingeniería Mecánica De La Universidad Industrial De Santander. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. 2010.

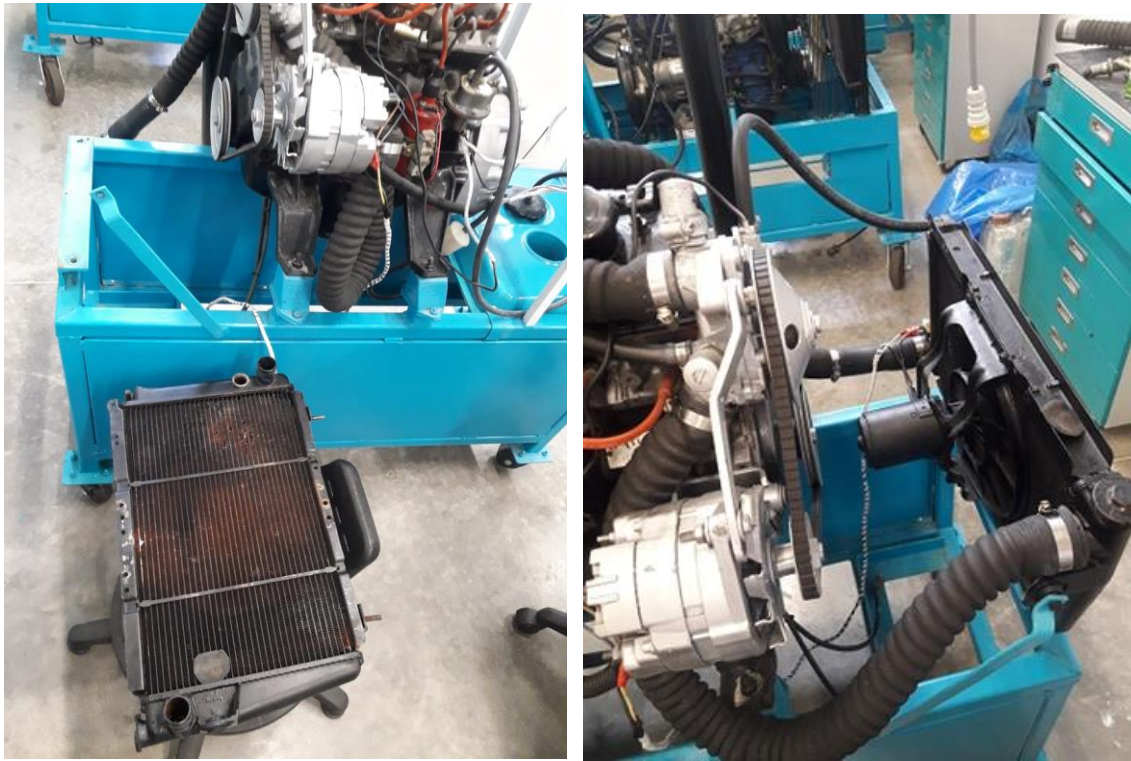
ANEXOS

ANEXO A. Imágenes de las Reparaciones Realizadas

Las siguientes imágenes soportan algunas de las reparaciones que se hicieron para la reparación de los bancos del L.M.T.A.



Filtro de combustible motor KIA. Presentaba fugas de combustible al momento de encender el motor.



Motor Renault 4. Boquilla del radiador dañada, al igual que el ventilador, mangueras y la pera de temperatura.



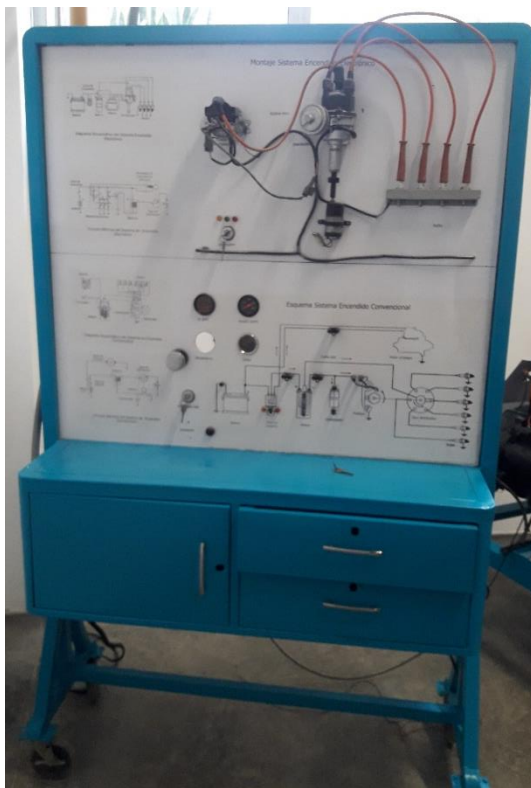
Tanque de gasolina Renault 4. Tanque corroído, presentaba impurezas dentro de él, esto provocó daños en el filtro de gasolina el cual debió ser cambiado.



Cuatrimoto. Tanque de combustible roto, carburador y llantas en mal estado.



Motor Toyota F110. Presentaba mangueras del sistema de enfriamiento cristalizadas y bujías inservibles.



Banco de Encendido. Hacían falta indicadores en el tablero, cableado en mal estado.

ANEXO B. Inventario de Herramientas y Equipos del L.M.T.A.

A continuación se presentan imágenes del estado en que se encontraron las herramientas y equipos del laboratorio y de cómo quedaron organizadas en los distintos estantes, mesas, vitrinas y guarda herramientas.

Estado en el que se encontraron las herramientas.



A continuación se muestra la organización en el guarda herramientas:



Llaves de estrella acodadas (8 - 19 mm) y copas hexagonales (10 – 22 mm).



Llaves mixtas (8 – 19 mm) y llaves fijas (8 – 28 mm).



Accesorios para copas.



Martillos, llave para tubo y hombre solo (10 in).



Destornilladores varios, remachador, alicates y pinzas.



Llaves de estrella acodadas (8 – 19 mm), segueta, llaves brístol (2 – 8 mm) y copas de 12 puntas (3/8 – ½ in).

A continuación se muestra la organización en las vitrinas:



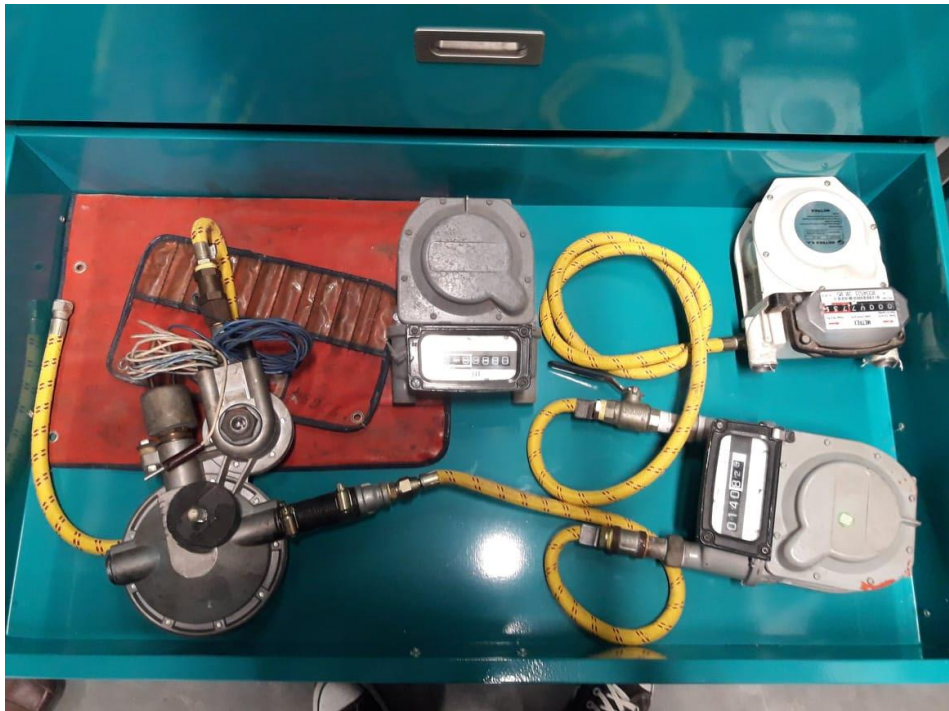
Equipos y repuestos varios.



Caja de herramientas con brocas y llaves brístol variadas.



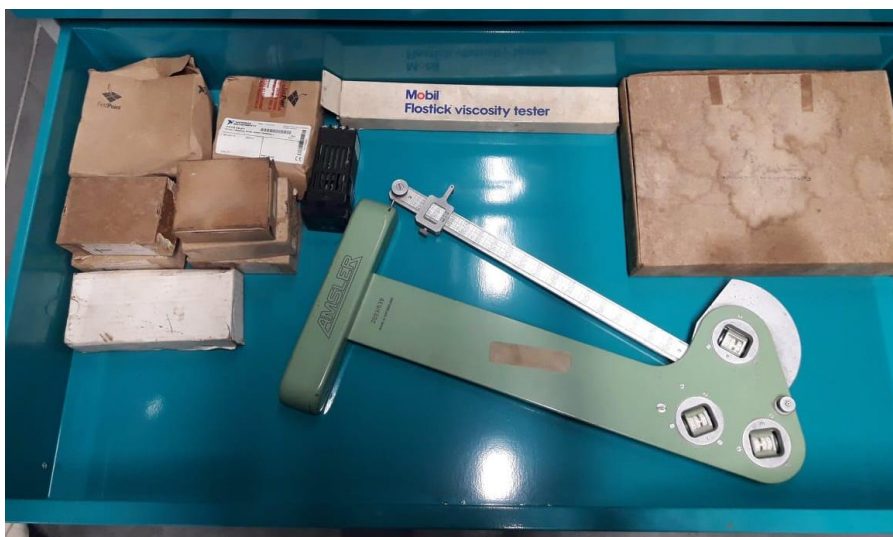
Micrómetros.



Sistema de regulación de gas.



Sistema de conversión de gas.



Planímetro y medidor de viscosidad.

Las mesas del laboratorio se emplearon para exponer diferentes elementos didácticos, a continuación se ilustra su organización:



Motores Wankel, monocilíndrico en corte, entre otros.



Árboles de levas, cigüeñales, culata y bloque.



Turbocompresores en corte.

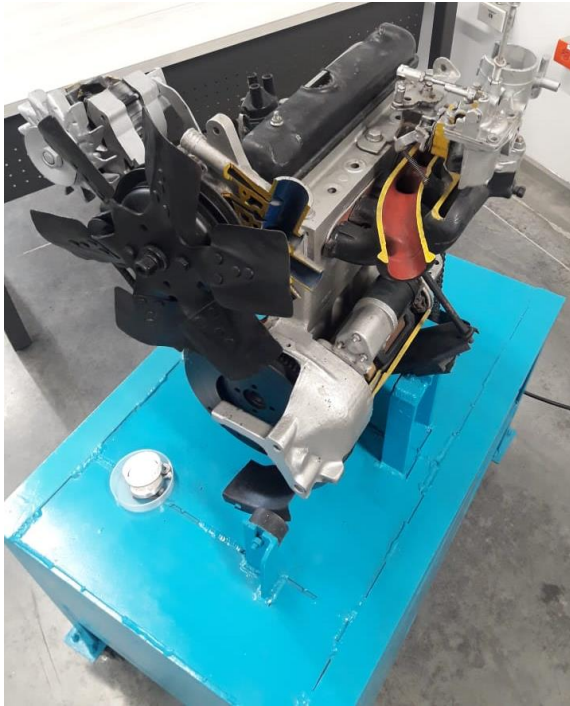


Camisas, pistones y bielas.



Carburadores y silenciador en corte.

A continuación se muestran los distintos bancos con los que cuenta el L.M.T.A.



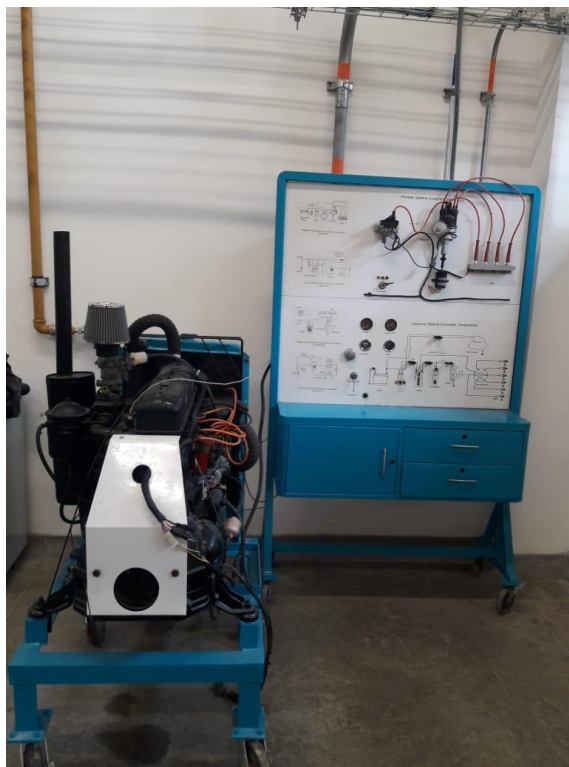
Motor de gasolina en corte.



Motor Diesel Cumins en corte.



Banco de inyección.



Motor Toyota F110 y Banco de Encendido.



Cuatrimoto.



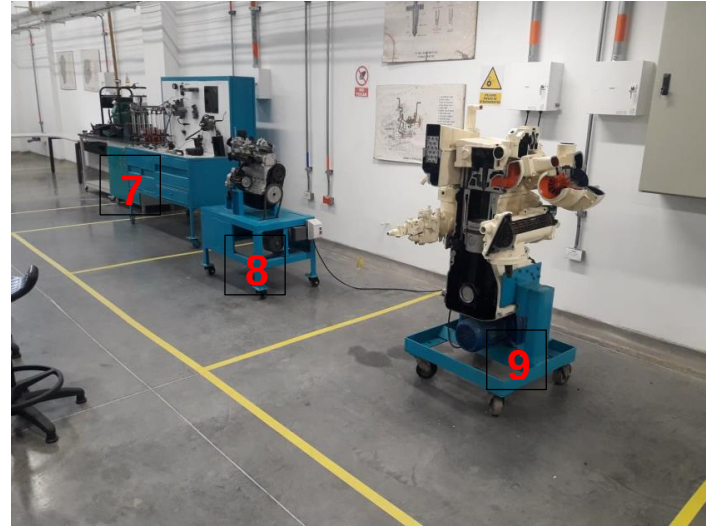
Motor Renault 4.



Motor KIA Diésel.

ANEXO C. Fotografías y Planos de la Distribución en Planta

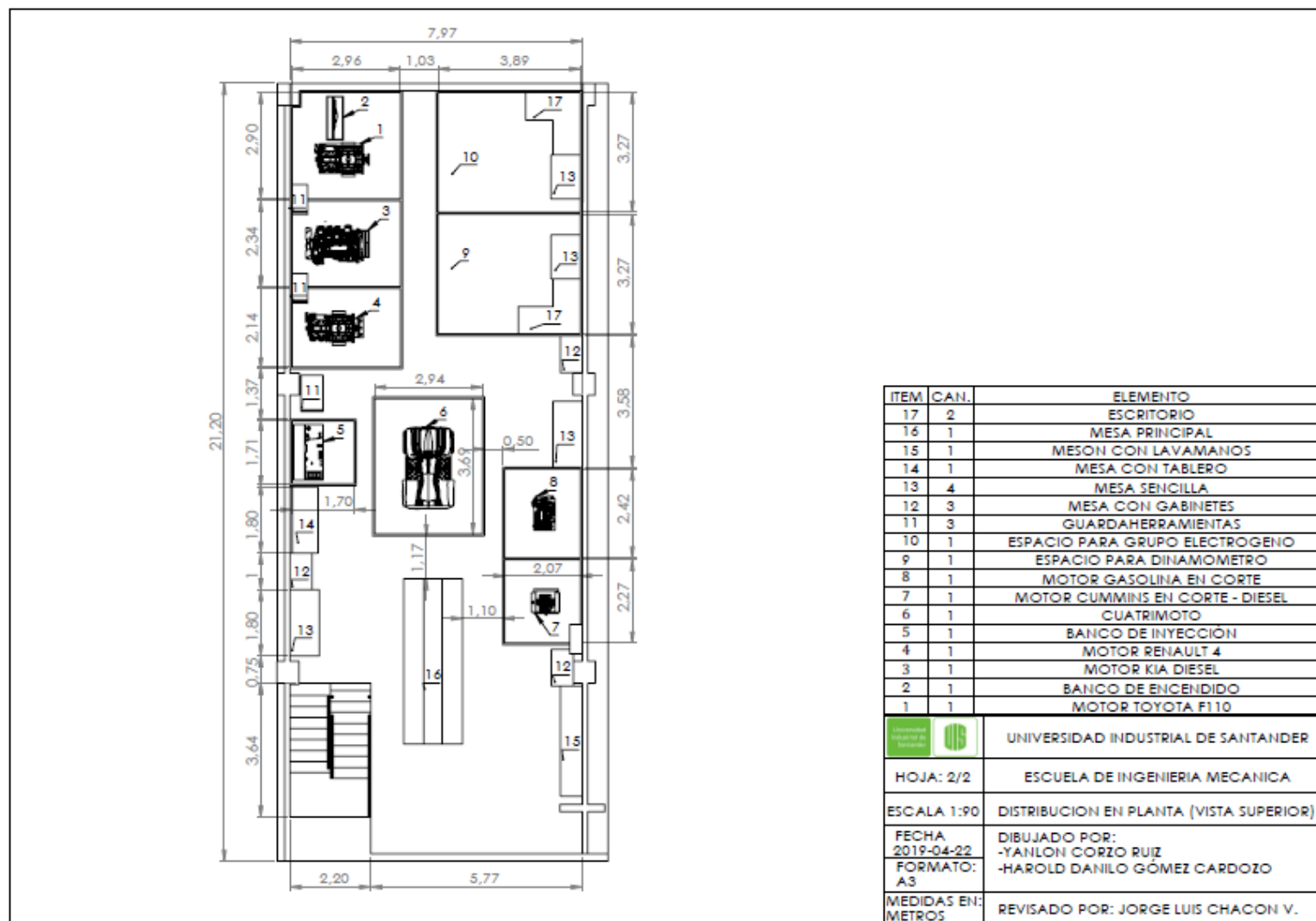




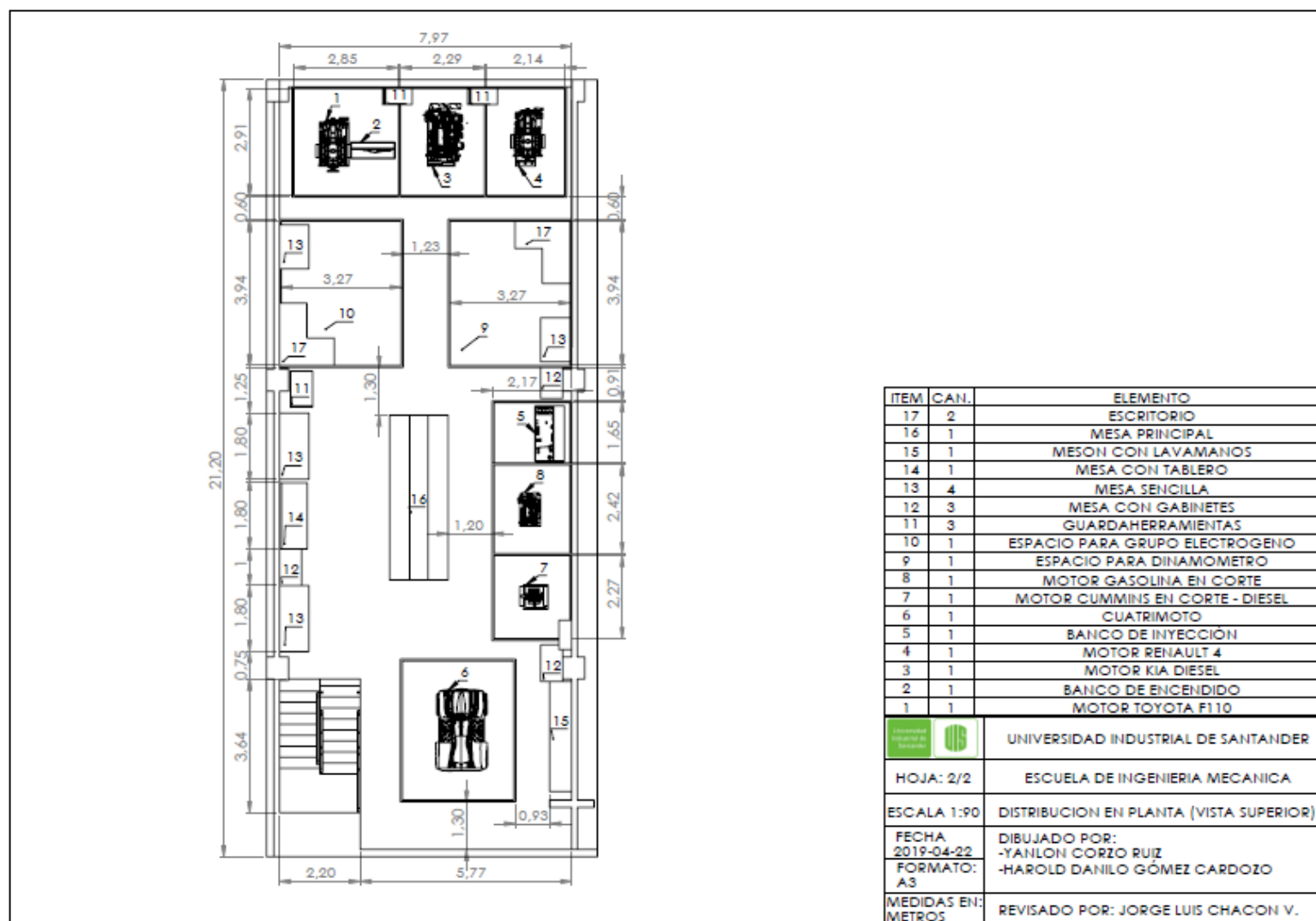
En la siguiente tabla se mencionan cada uno de los bancos numerados anteriormente:

Número	Nombre
1	Grupo electrogeno
2	Cuatrimoto
3	Motor Toyota F110
4	Banco de encendido electronico
5	Motor KIA Diesel
6	Motor Renault 4
7	Banco de inyeccion de gasolina
8	Motor de gasolina en corte
9	Motor Diesel en corte
10	Espacio para dinamometro

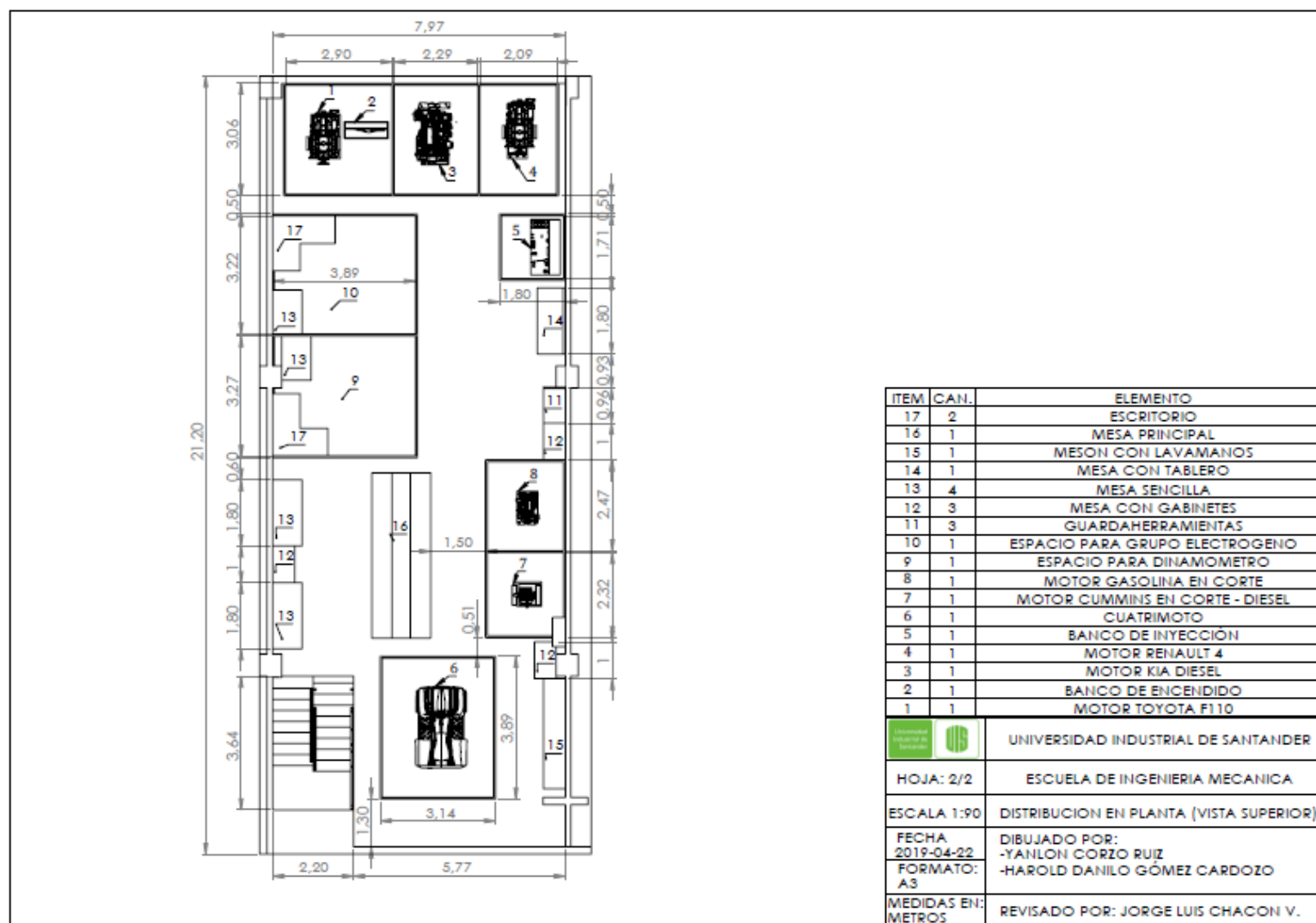
Vista Superior de la Alternativa 1.



Vista Superior de la Alternativa 2.

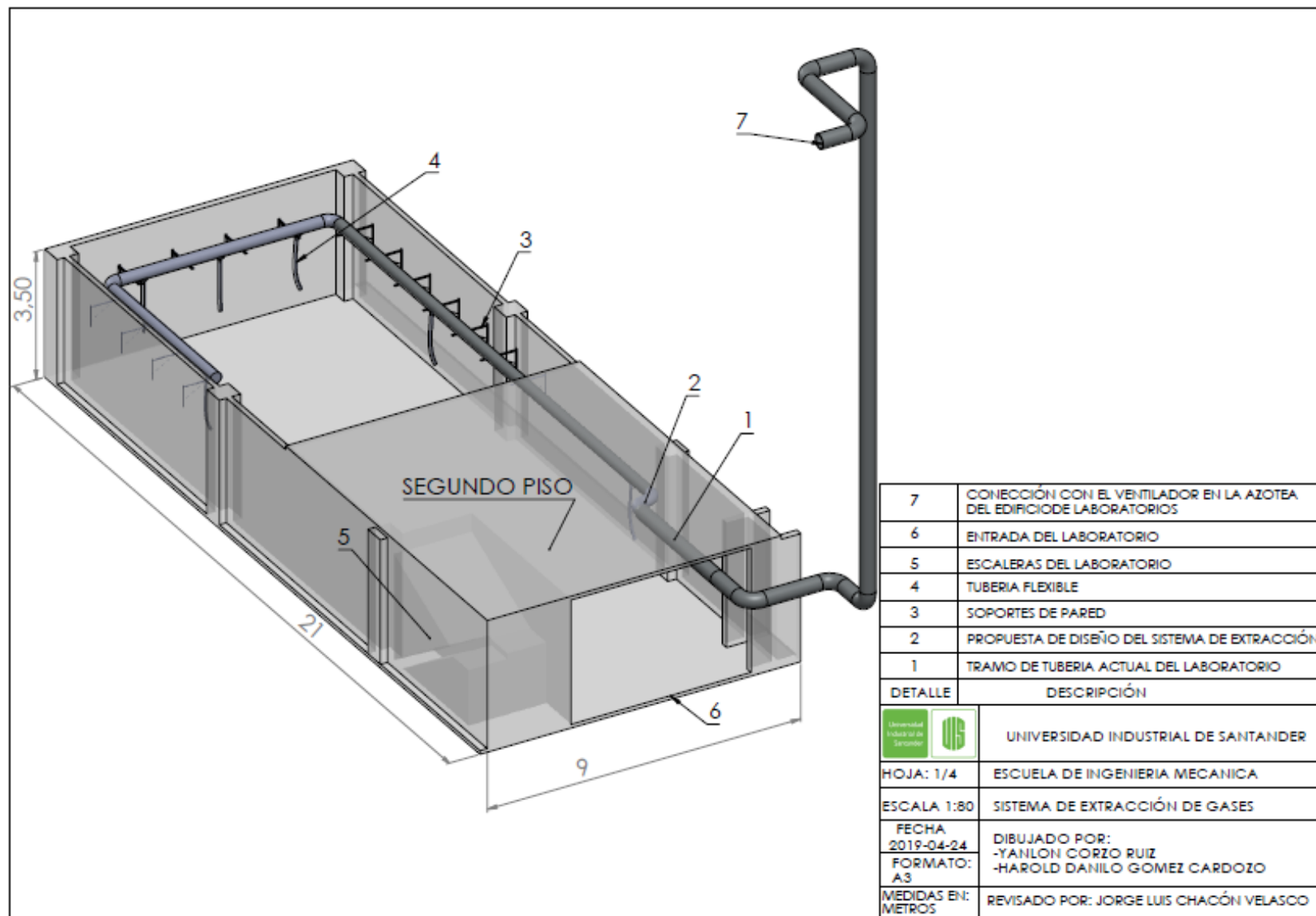


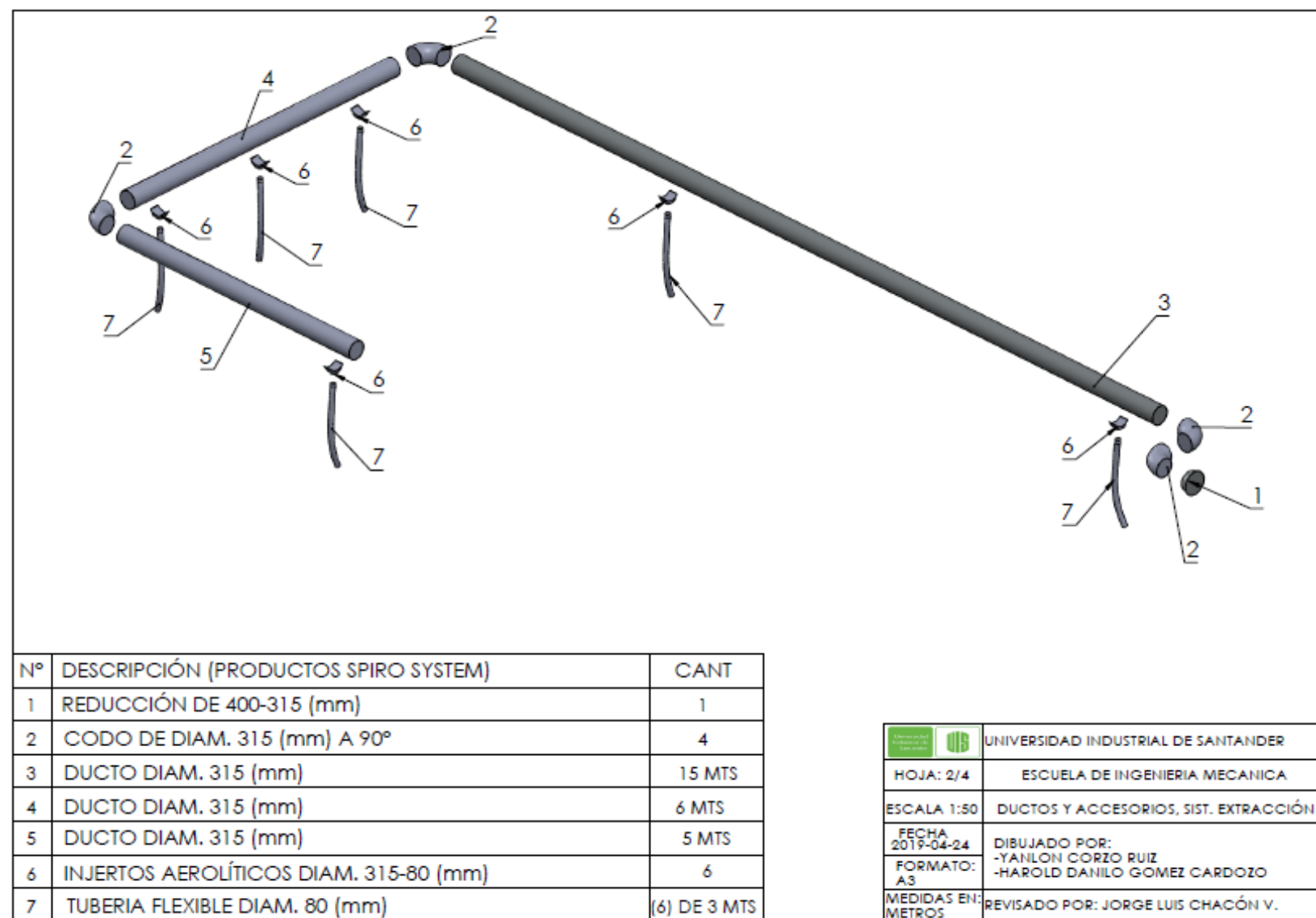
Vista Superior de la Alternativa 3.

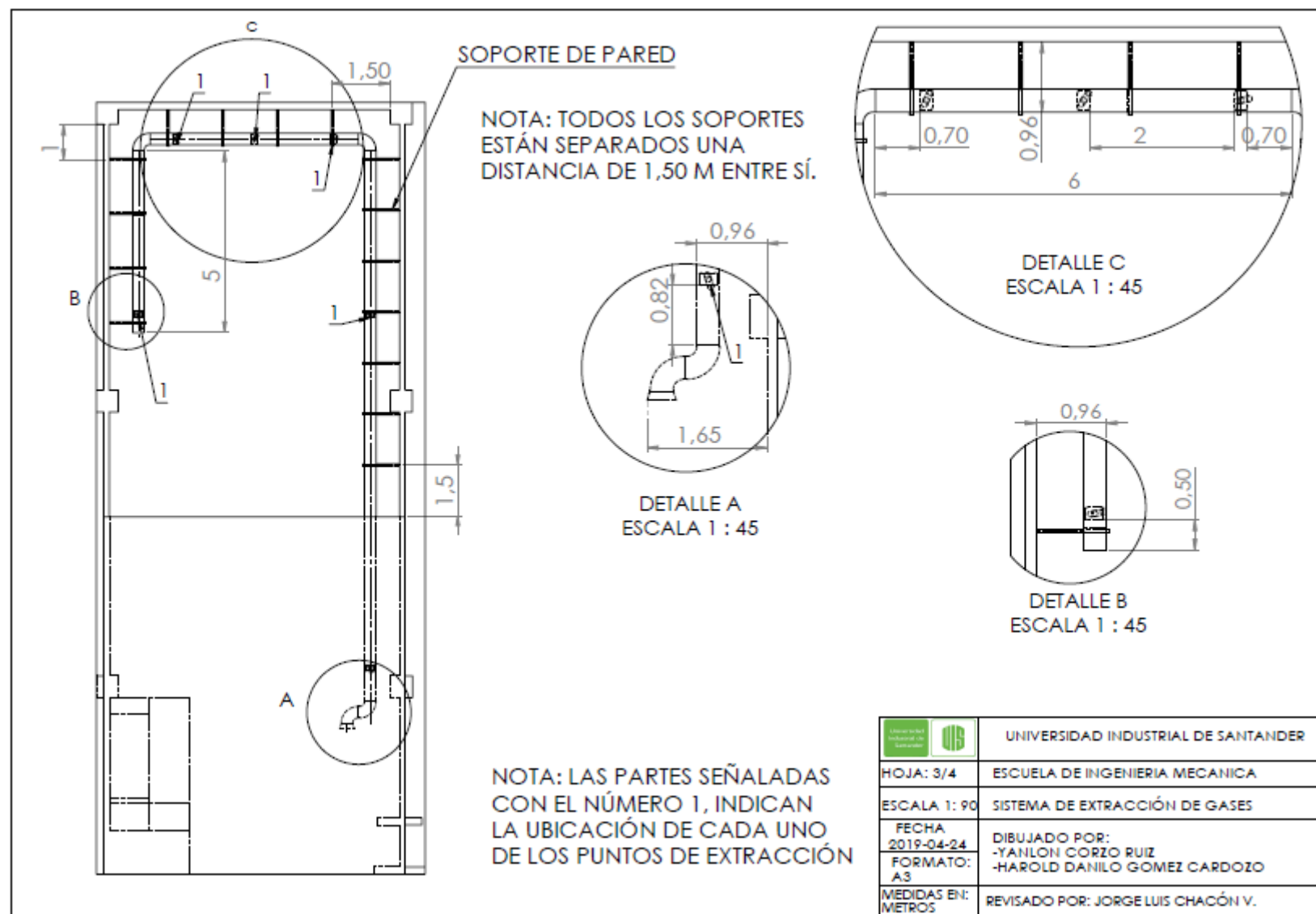


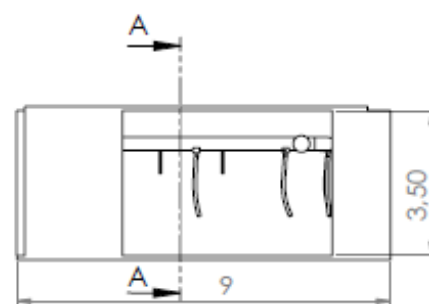
ANEXO D. Planos del Sistema de Extracción de Gases

A continuación se muestran los planos referentes al diseño del sistema de extracción de gases para el L.M.T.A., en este caso no se realizaron planos para los accesorios, debido a que estos se encuentran estandarizados en el catálogo del fabricante como se dejó ver en el capítulo 10 del presente proyecto.

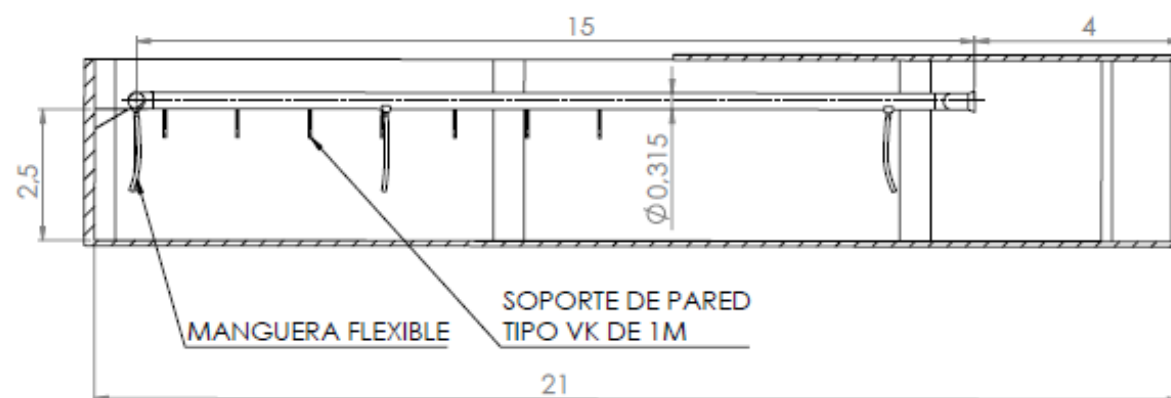








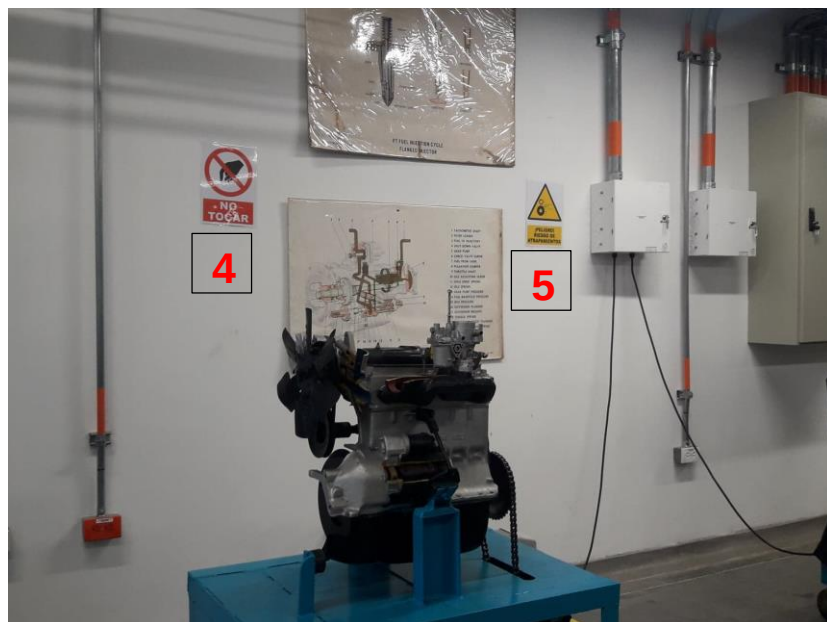
ESCALA 1:100

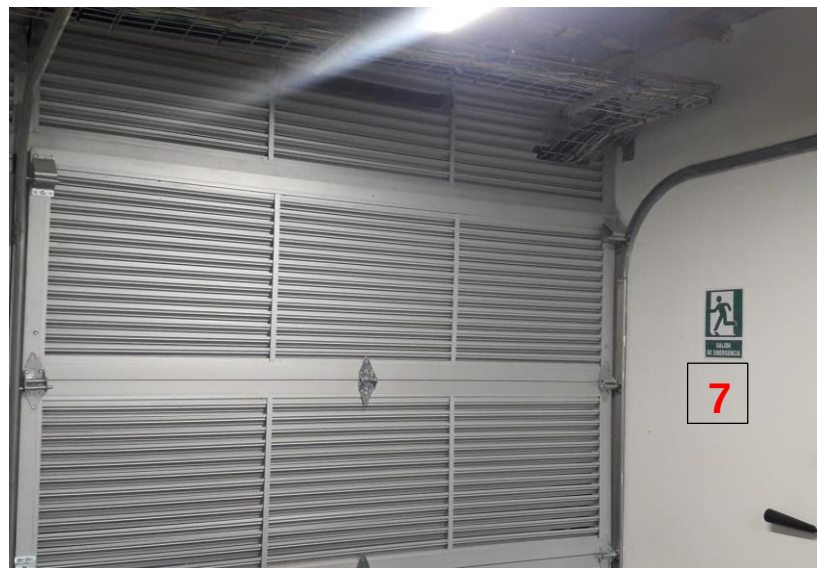


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 80

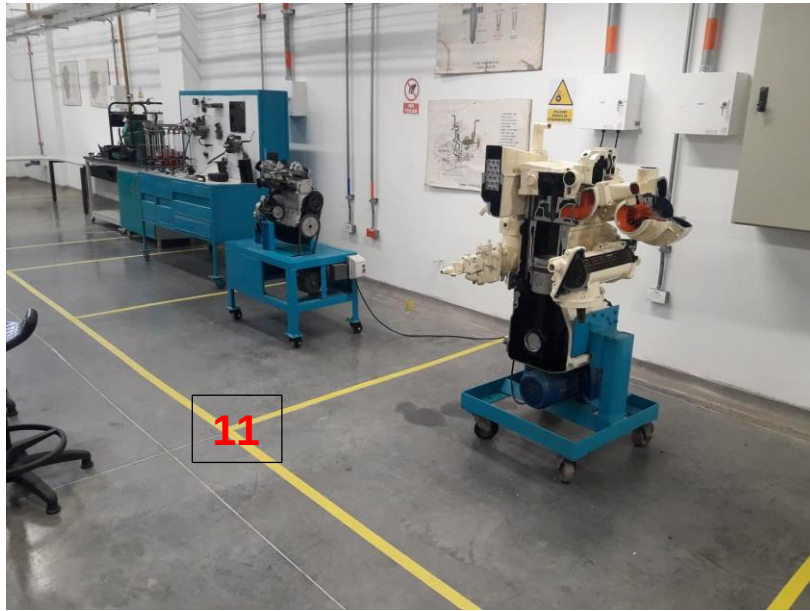
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
HOJA: 4/4	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESCALA 1:80	VISTA FRONTAL SISTEMA DE EXTRACCIÓN
FECHA: 2019-04-24	DIBUJADO POR: -YANLON CORZO RUIZ -HAROLD DANILO GOMEZ CARDOZO
FORMATO: A3	
MEDIDAS EN: CENTIMETROS	REVISADO POR: JORGE LUIS CHACÓN VELASCO

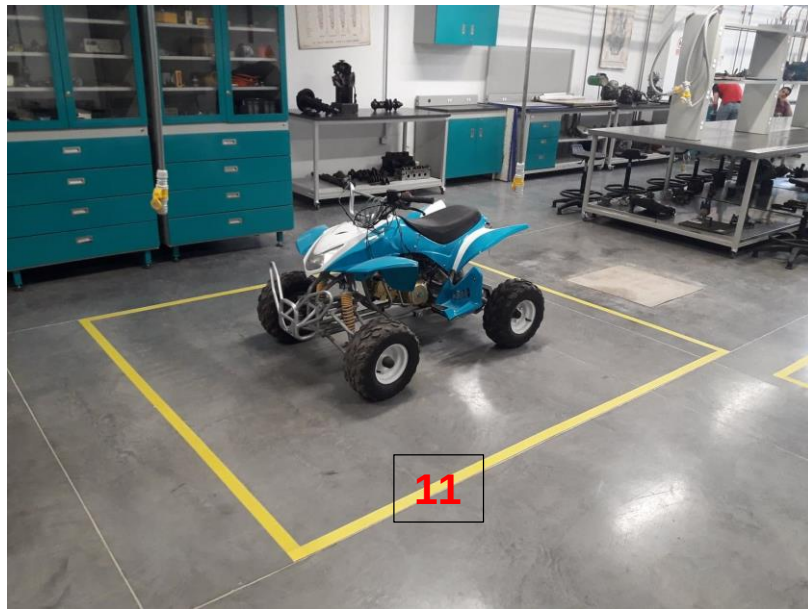
ANEXO E. Aplicación de Normas de Seguridad.













Número	Señal
1	No extinguir con agua
2	¡Atención! Ruido
3	Uso obligatorio de gafas y protección auditiva
4	No tocar
5	¡Atención! Riesgo de atrapamiento
6	¡Peligro! Gas inflamable
7	Salida de emergencia
8	No obstruir la puerta
9	Almacén de combustible
10	Ducha de emergencia
11	Demarcación de zonas
12	Sistema contra incendios
13	Extintor

ANEXO F. Manual de Guías de Laboratorio

 Universidad Industrial de Santander CONSTRUIMOS FUTURO		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS	 LABORATORIO MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS
Practica 1: Medidas de Seguridad		Profesor: Jorge Luis Chacón V.	
Auxiliar:	Fecha:	Página: 1 de 11	
Nombre:	Código:	Calificación:	
1. Objetivos de la práctica			
1. Reconocer las diferentes normas de seguridad (Condiciones del entorno, señalización, manejo de: herramientas manuales, equipos generales de trabajo, almacenamiento y manipulación de productos químicos) cuando se trabaje con M.C.I. 2. Manipular y guardar combustible en forma segura. 3. Conocer los diferentes tipos de incendios que se producen en la operación de M.C.I. y cómo extinguirlos. 4. Reconocer los efectos nocivos que trae el monóxido de carbono y el ruido para la salud humana y reconocer cómo prevenirlos.			
2. Introducción			
Toda persona debe adoptar ciertas normas básicas de seguridad, simplemente para conservar la vida y buena salud. La seguridad es indispensable en toda actividad que se desarrolle y más si se manipulan M.C.I. En el L.M.T.A., se trabaja con Motores pequeños y medianos de Combustión Interna y se tiene que utilizar sustancias químicas volátiles como la gasolina y el combustible Diésel, se está			

cerca de ejes y otras partes que tienen rápido movimiento rotatorio, de superficies muy calientes y de sistemas con presiones y vacíos; además, si no hay una ventilación adecuada, se respira aire que podría estar contaminado con los gases y humos de combustión parcialmente quemado. Los lugares de trabajo, tales como son, los talleres mecánicos y laboratorios de motores deben mantenerse en unas condiciones de orden y limpieza apropiadas y cumplir las prescripciones sobre temperatura, humedad, ventilación, iluminación y ruido.

3. Aplicaciones de la práctica

En toda actividad que se realice en la vida cotidiana, en especial cuando se manipulan elementos y sustancias que conforman las M.T.A. (gasolina, A.C.P.M., aceite, ejes, etc.), son muy importantes las medidas de seguridad.

4. Materiales y equipo a utilizar

1. Literatura sobre normas de seguridad en talleres y laboratorios de M.C.I.
2. Extintor, Botiquín, Protectores auditivos, Gafas de seguridad, Bata.
3. Tanque de depósito de combustible. (Código NFPA 30: manipulación y almacenamiento de materiales inflamables y combustible).

5. Fundamentos teóricos

En talleres y laboratorios en donde se trabajan con M.C.I. es indispensable contar con una serie de normas de seguridad tales como:

5.1. MANEJO DE COMBUSTIBLES A.C.P.M Y GASOLINA

Algunas reglas básicas para el almacenamiento correcto de A.C.P.M y Gasolina son:

Figura 1. Bodega de almacenamiento de combustibles.



- ✓ Ponga este combustible en un recipiente y sitios adecuados.
- ✓ Guarde el A.C.P. y la gasolina. en un sitio exterior y no dentro de recintos cerrados y de acuerdo a las recomendaciones de las normas.
- ✓ No se tenga almacenado durante periodos prolongados en que no se va a utilizar. Es demasiado peligroso el tenerlo en existencia innecesaria.
- ✓ Cerciórese de que los combustibles están fuera del alcance de niños y animales domésticos.
- ✓ Tenga un extinguidor de incendios portátil y del tipo apropiado y guárdelo en un sitio de fácil acceso para utilizarlo cuando sea necesario.

5.2. MEDIDAS BÁSICAS DE SEGURIDAD EN EL L.M.T.A.

Reglas básicas de seguridad para operar adecuadamente un M.C.I.:

- ✓ Siga las reglas de almacenamiento de combustible.
- ✓ No llene el tanque de combustible mientras el motor esté en marcha.

- ✓ Limpie todos los derrames de combustible tan pronto ocurran y deposite la tela de limpieza en un recipiente de seguridad apropiado.
- ✓ Utilice un embudo para llenar el tanque de combustible y emplee sólo combustible destilado ligero de alto grado y fresco.
- ✓ No opere el motor a la velocidad máxima sin carga.
- ✓ Es obligatorio usar gafas de seguridad siempre que se esté en una práctica donde los ojos puedan ser dañados.
- ✓ El uso de bata es obligatorio en el laboratorio, ya que por mucho cuidado que se tenga al trabajar, las salpicaduras de productos químicos son inevitables.
- ✓ No llevar minifalda o pantalones cortos.
- ✓ Se recomienda llevar zapatos cerrados, no sandalias, y recoger el cabello largo.
- ✓ Se deberán utilizar guantes apropiados para evitar el contacto con sustancias químicas.
- ✓ No toque el cigüeñal cuando el motor está en marcha y si lleva ropa suelta manténgase alejado del eje en rotación.
- ✓ No toque el silenciador hasta que el motor se haya enfriado.
- ✓ Proporcione suficiente ventilación para el escape del motor.
- ✓ Está PROHIBIDO fumar, ingerir bebidas o alimentos dentro de las instalaciones de los laboratorios.
- ✓ Los usuarios deben respetar las áreas asignadas para el uso de cada máquina, la cual esta demarcada alrededor de la misma.

5.3. SEÑALIZACIÓN

Según el significado de la señal se pueden clasificar en:

- ✓ Prohibición: Prohíbe un comportamiento que pueda producir un peligro.
- ✓ Obligación: Señal que obliga a un comportamiento determinado.
- ✓ Advertencia: Advierte de un riesgo o peligro.
- ✓ Salvamento: Indicación relativa a salidas de socorro o primeros auxilios, o a los dispositivos de salvamento.
- ✓ Indicación: Proporciona informaciones distintas a las anteriormente indicadas.
- ✓ Señal adicional o auxiliar: Contiene exclusivamente un texto.

Tabla 1. Señalización

COLOR	SIGNIFICADO	APLICACIONES
ROJO	PARADA PROHIBICIÓN	Señales de parada. Señales de prohibición. Para indicar la ubicación de elementos para combatir incendios (extintores portátiles, baterías contra incendios)
AMARILLO	ATENCIÓN ZONA DE PELIGRO	Señalización de riesgos. El amarillo se utiliza en combinaciones con el negro para indicar lugares que deban resaltar de un conjunto, en prevención contra posibles golpes, caídas, tropiezos, originados por obstáculos.

VERDE	SITUACIÓN DE SEGURIDAD PRIMEROS AUXILIOS	Para indicar la ubicación de elementos de seguridad y primeros auxilios (Ubicación de cajas de máscaras de protección respiratorias, duchas y lava ojos de seguridad, camillas, etc.).
AZUL	OBLIGACIÓN INDICACIONES	Se utilizara para indicar precaución en situaciones tales como: tableros de control eléctrico, llaves o mecanismos en general, motores eléctricos, asegurándose antes de hacerlo, que la puesta en marcha del dispositivo no sea causa de accidente.

5.4. PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Para la prevención de incendios es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ Almacenar los productos inflamables y combustibles aislados y alejados de las zonas de trabajo.
- ✓ Utilizar recipientes herméticamente cerrados, tanto para almacenamiento, transporte y depósito de residuos.
- ✓ Prohibición de fumar y de introducir útiles que puedan generar llamas o chispas.
- ✓ Evitar que la instalación eléctrica sea origen de focos de calor. Cuando se termine la jornada se observará que todos los aparatos eléctricos quedan desconectados de la red.

A demás de tener estas recomendaciones en cuenta, también cabe aclarar que el nuevo edificio de Ingeniería Mecánica cuenta con una red de rociadores contra

incendios ubicados al interior de cada laboratorio, a esto se suma la implementación de bocas de incendio equipadas (B.I.E) puestas estratégicamente en cada piso.

5.4.1. EL EXTINTOR

Un extintor es un elemento cilíndrico relleno de material auxiliar en la sofocación de un incendio, normalmente son de color rojo dado a que de esta manera se pueden identificar fácilmente en un incendio o siniestro.

CLASIFICACIÓN DE LOS EXTINTORES DE ACUERDO AL TIPO DE FUEGO:

Tipo A - Para fuego provocado por combustibles de tipo sólido.

Tipo B - Combustibles de tipo líquido.

Tipo C - Combustibles en estado gaseoso.

Tipo D - Metales que son combustibles.

Tipo E - Para fuego de tipo eléctrico.

¿CÓMO UTILIZAR UN EXTINTOR?

1. Descolgar el extintor.
2. Quitar el seguro.
3. Dirigir el material que sale del extintor hacia la base del fuego, NO por encima de las flamas.

Figura 2. Extintor.



5.5. MONÓXIDO DE CARBONO

Un veneno ideal sería aquel que fuera inodoro, incoloro e insípido. Si un tóxico posee estas tres propiedades, el hombre no puede detectarlo por medio de los sentidos únicamente. El solo pensar en tal cosa aterroriza y parece diabólico, como algo sacado de un manual de guerra química o de una película de horror. Pero tal veneno existe y es bastante común. Vivimos con él todos los días: se llama monóxido de carbono (CO). El peligro que representa esta sustancia es real. Es un **tóxico mortal** y, de hecho, es el responsable de más muertes por envenenamiento que cualquiera otra sustancia tóxica mortal.

El monóxido de carbono se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, querosén, carbón, petróleo o madera. Se halla en las cercanías de hornos de gas, calentadores de agua, estufas, hornos de secado y de fundición, minas, fraguas y **Motores de Combustión Interna**. El monóxido de carbono, o CO, afecta el cuerpo humano con gran rapidez. La hemoglobina, el pigmento y el elemento respiratorio de los glóbulos rojos de la sangre, tienen una gran afinidad por el CO, casi 300 veces más que por el oxígeno. Cuando el CO se combina con la hemoglobina, se reduce la cantidad de hemoglobina disponible para llevar oxígeno a los tejidos del cuerpo. Si el volumen de CO que se combina con hemoglobina es considerable, el cuerpo literalmente sufre sofocación debido a la falta de oxígeno.

En espacios cerrados es esencial eliminar los humos o gases desprendidos de combustibles parcialmente quemados, proporcionando una buena ventilación o conduciendo al exterior los gases de escape por medio de tubos, chimeneas, duelos o ventiladores. El monóxido de carbono puede penetrar al interior de automóviles y si las ventanas, puertas y ventilas se hallan cerradas herméticamente, los ocupantes sufrirán asfixia (o sea incapacidad o **muerte por falta de oxígeno**). Los síntomas del envenenamiento por monóxido de carbono son: **sensación de tirantez en la piel de la frente seguida de palpitaciones en las sienes, debilidad, fatiga, dolor de cabeza, vértigo, náusea, control muscular deficiente y ritmos cardíaco y respiratorio acelerados**. Memorice bien la lista de estos síntomas. Si alguna vez se tiene alguno de ellos, suspenda cualquier actividad y salga sin demora al aire libre.

5.5.1. REGLAS PARA PREVENIR EL ENVENENAMIENTO POR MONÓXIDO DE CARBONO

- ✓ Los Motores de Combustión Interna **no deben ponerse en marcha en espacios cerrados o limitados como garajes o cuartos pequeños**, a

menos que tales zonas cuenten con un sistema de escape o extracción de gases y se haya comprobado que dicho sistema funciona correctamente.

- ✓ Todos los Motores de Combustión Interna (y otras máquinas o aparatos que despidan monóxido de carbono) deben mantenerse bien ajustados y afinados, a fin de reducir al mínimo el CO que se produzca en ellos.

5.6. EFECTOS NOCIVOS DEL RUIDO EN LA SALUD HUMANA

En términos generales podemos definir al ruido como un sonido desagradable y molesto, con niveles excesivamente altos que son potencialmente nocivos para la audición. Existen varios mecanismos de exposición a un ambiente ruidoso, esto puede ser de manera continua, fluctuante, intermitente o impulsiva y dependerá de ello la profundidad y la rapidez con la que se desarrolle la pérdida auditiva, aunque en cualquiera de estos casos, es lamentablemente irreversible.

5.6.1. VALORES PERMISIBLES DEL RUIDO EN COLOMBIA

Los valores límites permitidos para el ruido dependerán del tiempo de exposición para ruido continuo y del número de impulsos, para ruidos de impacto. Este valor ha sido especificado por el gobierno colombiano, a través de las resoluciones 8321 de 1983 expedida por el Ministerio de Salud y la 1792 de 1990 expedida por los Ministerios de Salud y de Trabajo y Seguridad Social. Ver tabla 1.2.

Tabla 2. Valores límites permisibles de ruido continuo en Colombia.

EXPOSICIÓN DIARIA (hrs.)	PERMITIDO EN dB
8	90
7-6	92
5-4	95
3	97
2	100
1	102
1/2	105
1/4	110
1/8	115

Fuente: Ministerio de salud resolución 8321del 4 de agosto de 1983.

6. Procedimiento

Pasos del desarrollo de la práctica:

1. El profesor o auxiliar da a conocer a los estudiantes las normas y reglamentos del laboratorio para evitar accidentes, además les recomienda, como complemento, estudiar las normas para laboratorios y talleres de M.T.A.
2. El auxiliar explica como instalar el extintor: “Debe situarse en un lugar visible, de fácil acceso y en las zonas de mayor riesgo. Evite el habitual

error de colocarlo detrás de cortinas o muebles, o en el interior de algún cajón”.

3. El auxiliar expone y realiza una demostración de cómo usar el extintor.

Uso del extintor:

- ✓ Antes de usar el extintor determine la clase de fuego.
- ✓ Revise la etiqueta del extintor, asegúrese de que es el tipo que aplica a la clase de incendio.
- ✓ Asegúrese que el extintor está cargado. En este caso el extintor del laboratorio no posee manómetro, por lo tanto esto debe estimarse por su peso.
- ✓ Hale la abrazadera y saque el pasador de seguridad. (Figura 3).

Figura 3. Pasador de seguridad del extintor.



- ✓ Dirigir el chorro a la base de la llama, procurando mantener la botella en posición vertical. (Ver figura 4).

Figura 4. Sofocación de incendio.



7. Cuestionario

Responda el siguiente cuestionario:

1. Enuncie tres medidas de seguridad que debe tener el estudiante en el L.M.T.A.
2. ¿Por qué los Motores de Combustión Interna no deben ponerse en marcha en espacios cerrados?
3. ¿Por qué es necesario una buena ventilación en el L.M.T.A.?
4. Enuncie tres reglas para el buen almacenamiento de combustibles.
5. Describa como utilizar el extintor de forma adecuada.
6. ¿Qué sustancia compone a cada extintor de acuerdo a su tipo?
7. (Consulta) Describa brevemente el funcionamiento del B.I.E y de los rociadores contra incendios.
8. Describa que efectos nocivos tiene el ruido para la salud humana.

 		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS		
Práctica 2: Elementos constitutivos y sistemas principales del M.C.I.			Profesor: Jorge Luis Chacón V.	
Auxiliar:		Fecha:		Página: 1 de 16
Nombre:		Código:		Calificación:
1. Objetivos de la práctica				
1. Identificar las partes constitutivas y subsistemas del M.C.I. (Diésel y a gasolina). 2. Reconocer los principales materiales y los procesos de fabricación de las principales partes constitutivas de M.C.I.				
2. Introducción				
Con esta práctica se pretende describir los sistemas y elementos principales que componen las Máquinas Térmicas Alternativas, M.T.A. Permitiendo que el estudiante conozca la estructura, los materiales y procesos utilizados en la fabricación de los principales elementos de los Motores de Combustión Interna. Los elementos y sistemas más importantes en la constitución del motor son: ✓ Bloque, cilindros, émbolos, manivelas, bielas, válvulas, cigüeñal, árbol de levas, entre otros. ✓ Sistema de arranque, sistema de alimentación, sistemas encendido, sistema de distribución mecánica, sistema de lubricación, sistema refrigeración, etc.				
3. Aplicaciones de la práctica				

En el ejercicio de la vida profesional del Ingeniero Mecánico. Posiblemente el Ingeniero Mecánico en su labor como profesional se enfrentara a situaciones donde tendrá que aplicar sus conocimientos básicos sobre los sistemas y partes que conforman un Motor de Combustión Interna, enlazando fundamentos teóricos con situaciones reales.

4. Materiales y equipo a utilizar

- ✓ Láminas didácticas del laboratorio.
- ✓ Motor Diésel Kia.
- ✓ Motor a gasolina, Renault 4.
- ✓ Motor a gasolina en corte.
- ✓ Motor Cummins en corte (Diésel).
- ✓ Motor Toyota F110.
- ✓ Motor monocilíndrico en corte.

5. Fundamentos teóricos

A continuación se hace descripción breve de los principales elementos y sistemas de los M.C.I.

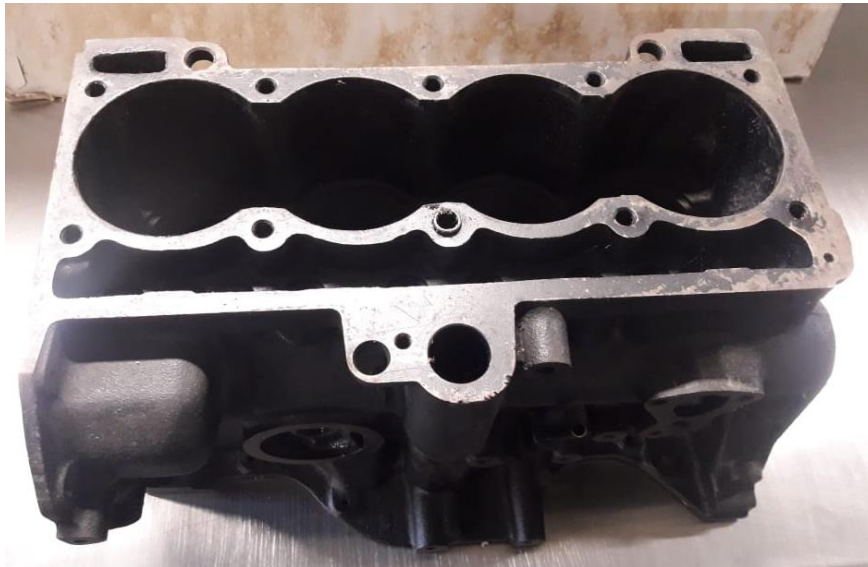
5.1. Elementos importantes en un M.C.I.

5.1.1. Bloque de cilindros.

El bloque (figura 1) es la base del motor. Es uno de los elementos más importante del motor donde se alojan los cilindros, así como los soportes de apoyo del cigüeñal, las culatas, el Carter y su diseño tiene gran repercusión en el costo, peso y tamaño del motor. Los materiales más comunes para la fabricación del bloque son:

- ✓ **Hierro fundido:** como ventajas más importantes se puede destacar su facilidad para tomar formas complicadas, su elevada rigidez y una alta resistencia a la fatiga además de tener un bajo costo.
- ✓ **Aleación ligera:** tiene como ventaja un bajo peso por lo que es utilizado en autos de competición, pero tiene problemas de resistencia mecánica y su rigidez es inferior a la del hierro fundido.
- ✓ **Chapa soldada:** solo se utilizan en grandes motores, usualmente en motores marinos, tiene la ventaja de un peso más reducido.

Figura 1. Bloque de cilindros.



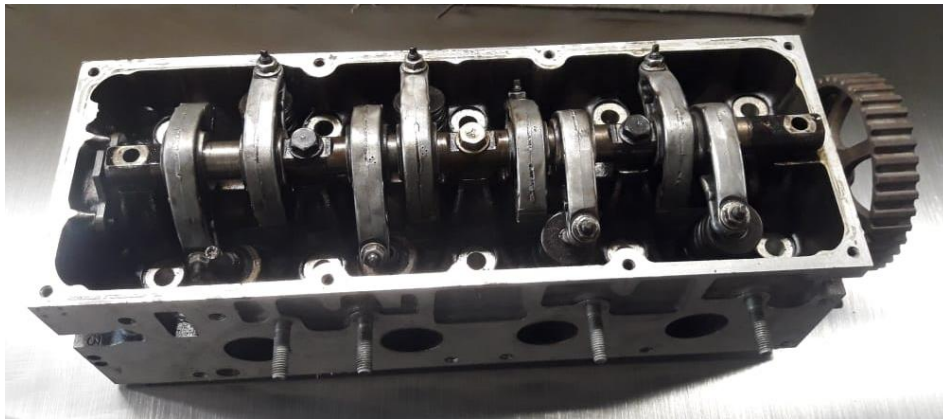
5.1.2. Culata.

La culata (figura 2) es la pieza ubicada en la parte superior del bloque de cilindros. Es una de las piezas del motor de diseño más complejo por la cantidad de funciones y requerimientos que debe cumplir y por la gran precisión que requiere

su mecanizado. Es la tapa de todos los cilindros. Allí se ubican las bujías, las válvulas de admisión y de escape, y los conductos de entrada y salida de gases.

La culata es fundida en hierro aleado con otros metales o de aleación de aluminio, la mayoría de las culatas son de hierro fundido, pero en algunos motores se utiliza el aluminio por las ventajas que presentan en su menor peso y mayor conductividad térmica.

Figura 2. Culata.



5.1.3. Pistón

El pistón (figura 3) Es un elemento que se desplaza en movimientos ascendentes y descendentes dentro de cada uno de los cilindros. Comunica la fuerza que produce la combustión a la biela, quien a su vez se la trasmite al cigüeñal.

Los materiales más utilizados para la fabricación de los pistones son:

- ✓ **Fundición:** es frecuente en pequeños motores industriales y normalmente es de estructura perlítica con silicio en un elevado porcentaje. Presenta elevada resistencia mecánica y capacidad para trabajar a fricción, su mayor inconveniente es el peso.

- ✓ **Acero:** su mayor aplicación ha sido en motores de embolo de aviación, las ventajas más representativas de este material son su elevada resistencia mecánica y su ligereza, normalmente lleva un alto porcentaje de cobre.
- ✓ **Aleación con silicio:** el silicio disminuye el coeficiente de dilatación y aumenta la dureza y la conductividad, el mayor inconveniente de este material es la disminución de las características mecánicas del pistón.

Figura 3. Pistón.



5.1.4. La biela.

La biela (figura 4) es un brazo que transmite el movimiento ascendente y descendente del pistón al cigüeñal. La biela es un elemento mecánico que sometido a esfuerzos de tracción o compresión, transmite el movimiento articulando a otras partes de la máquina. Se diseñan con una forma específica para conectarse entre las dos piezas, el pistón y el cigüeñal. Su sección transversal o perfil puede tener forma de H, I o +. El material del que están hechas es de una aleación de acero, titanio o aluminio. En la industria automotriz todas son producidas por forjamiento, pero algunos fabricantes de piezas las hacen mediante maquinado.

Figura 4. Biela.



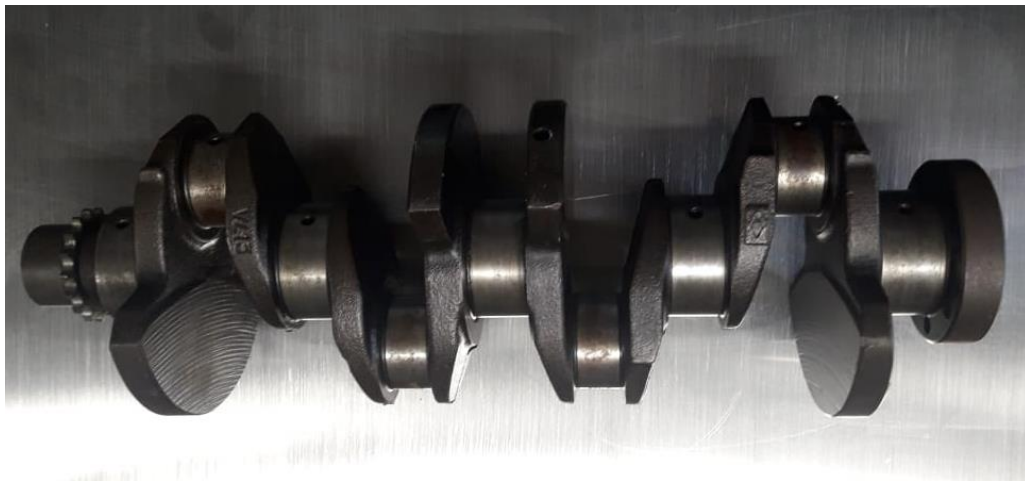
Por lo general, las bielas de los motores alternativos de combustión interna se realizan en acero templado mediante forja, aunque hay motores de competición con bielas de titanio o aluminio. Algunos otros materiales con los que son fabricadas estas piezas son:

- ✓ **Acero al carbono:** una composición habitual de acero al carbono es 0.35% de C y 0.60% de Mn.
- ✓ **Aceros especiales:** los aceros especiales se emplean especialmente en motores rápidos para dar más ligereza al conjunto. Son en general aceros al cromo-níquel.
- ✓ **Aleaciones ligeras:** las aleaciones ligeras se han intentado emplear en motores con resultados no muy satisfactorios. La aleación más utilizada es el duraluminio.
- ✓ **Fundición de grafito esferoidal:** es muy bien empleada en la actualidad por sus buenas características mecánicas y su bajo precio.

5.1.5. Cigüeñal.

El cigüeñal (figura 5) forma parte del mecanismo biela-manivela, es decir de la serie de órganos que con su movimiento transforman la energía desarrollada por la combustión en energía mecánica. El cigüeñal recoge y transmite al cambio la potencia desarrollada por cada uno de los cilindros. Por consiguiente, es una de las piezas más importantes del motor. El cigüeñal se encuentra sometido a esfuerzos de flexión y torsión alternados y resulta una pieza del motor difícilmente calculable, por ello la experiencia es una base muy importante para el diseño de esta pieza.

Figura 5. Cigüeñal.



Los materiales más comúnmente utilizados en la fabricación de los cigüeñales son los siguientes:

- ✓ **Aceros forjados:** son normalmente aceros al Cr-Ni-Mo.
- ✓ **Materiales fundidos:** puesto que el cigüeñal es un elemento de geometría relativamente complicada la fundición es un buen método para su fabricación. El acero más característico puede ser el que contenga la siguiente composición: 1.3% C, 1% Si, 0.6% Mn, 1.7% Cu, 0.5% Cr, 0.2%

Ni. Otro buen material es el grafito esferoidal puesto que tiene unas buenas características mecánicas.

Por lo general los cigüeñales se tratan térmicamente para endurecer las superficies de rozamiento.

5.1.6. Cáster.

Es la zona inferior del bloque motor en la cual se recoge todo el aceite que circula a través del motor. Al ser un sistema cerrado todo el aceite del circuito de lubricación retorna al cárter.

Figura 6. Carter.



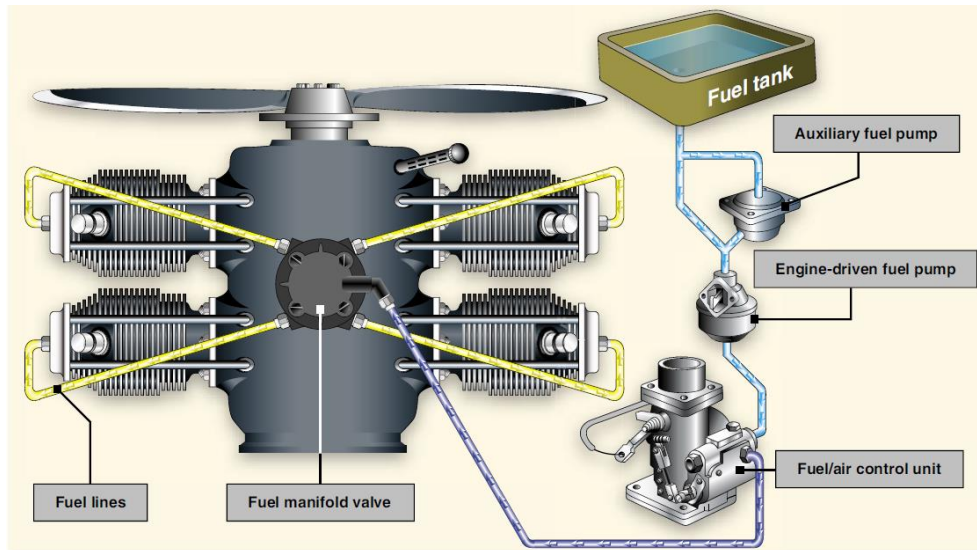
5.2. Sistemas principales del M.C.I.

A continuación se describen algunos de los sistemas más importantes en M.C.I.

5.2.1. Sistema de alimentación de combustible.

En los motores de gasolina, la mezcla se prepara utilizando un carburador o un equipo de inyección. Hasta ahora, el carburador era el medio más usual de preparación de mezcla, medio mecánico. Desde hace algunos años, sin embargo, aumentó la tendencia a preparar la mezcla por medio de la inyección de combustible en el colector de admisión. Esta tendencia se explica por las ventajas que supone la inyección de combustible en relación con las exigencias de potencia, consumo, comportamiento de marcha, así como de limitación de elementos contaminantes en los gases de escape. Las razones de estas ventajas residen en el hecho de que la inyección permite una dosificación muy precisa del combustible en función de los estados de marcha y de carga del motor; teniendo en cuenta así mismo el medio ambiente, controlando la dosificación de tal forma que el contenido de elementos nocivos en los gases de escape sea mínimo. Además, asignando una electroválvula o inyector a cada cilindro se consigue una mejor distribución de la mezcla. También permite la supresión del carburador; dar forma a los conductos de admisión, permitiendo corrientes aerodinámicamente favorables, mejorando el llenado de los cilindros, con lo cual, favorecemos el par motor y la potencia, además de solucionar los conocidos problemas de la carburación, como pueden ser la escarcha, la percolación, las inercias de la gasolina.

Figura 7. Sistema de alimentación de combustible.

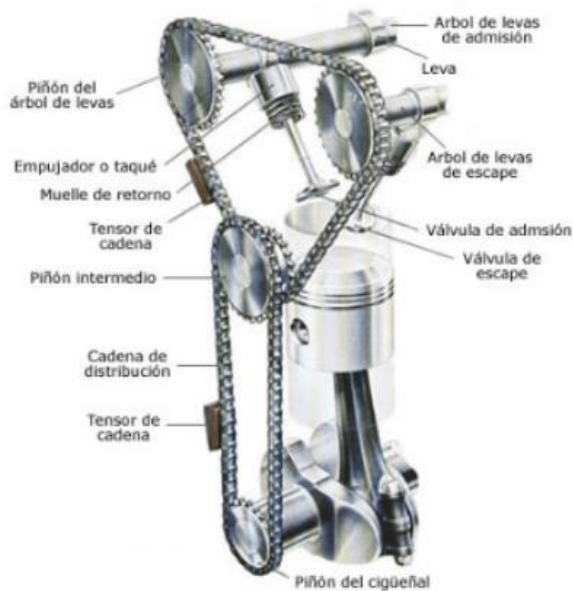


Este tema se tratará más a fondo en la guía diseñada específicamente para el sistema de alimentación de combustible.

5.2.2. Sistema de distribución.

El sistema de distribución en un M.C.I., es el conjunto de elementos que, debidamente sincronizados con el giro del cigüeñal, se encargan de abrir o cerrar las válvulas para que la mezcla (aire-combustible), en el motor, entre en el cilindro en el momento adecuado y los gases quemados, una vez utilizados, fluyan hacia el exterior. Las principales partes del sistema de distribución en MCI son: árbol de levas, balancines y válvulas.

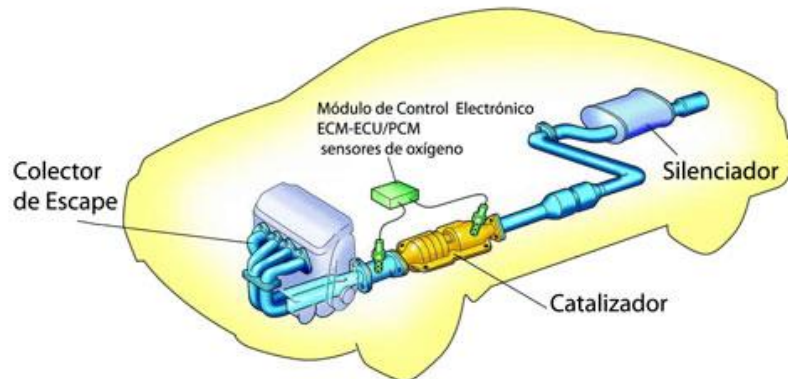
Figura 8. Sistema de distribución.



5.2.3. Sistema de admisión y escape.

Los equipos de admisión y escape (figura 9) están divididos en el sistema de admisión y el sistema de escape. El sistema de admisión consiste en un purificador de aire que remueve el polvo del aire del múltiple de admisión, que conduce la mezcla aire-combustible a cada uno de los cilindros. El sistema de escape consiste en un múltiple de escape, el cual recolecta los gases de escape cuando son extraídos desde los cilindros, la tubería de escape, la cual extrae estos gases de escape al aire exterior, el silenciador, el cual reduce el nivel de ruido del escape, etc.

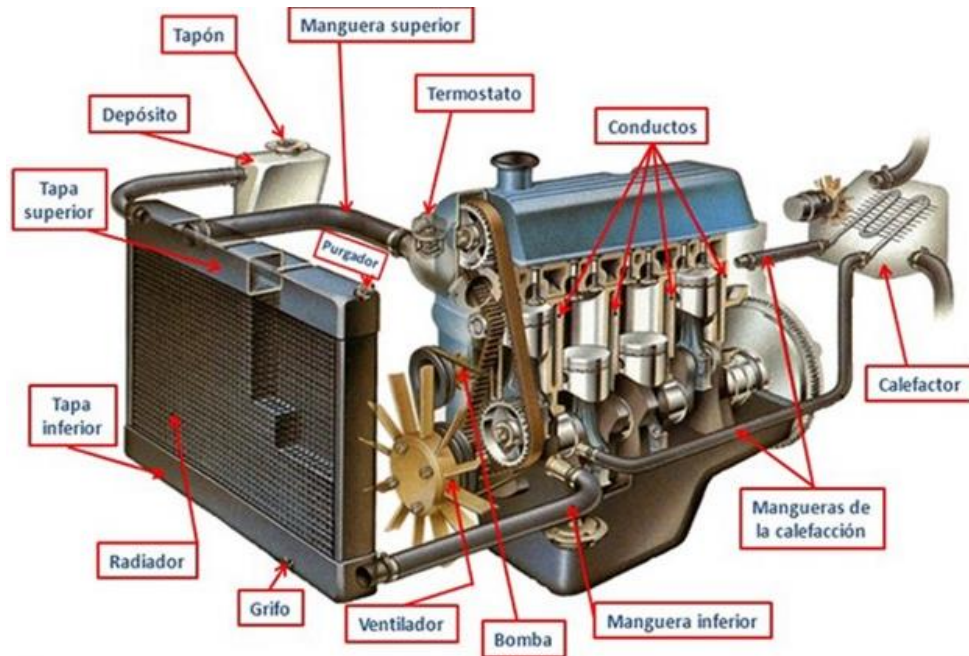
Figura 9. Sistema de admisión y escape.



5.2.4. Sistema de refrigeración.

Se entiende por refrigeración, la cesión de calor desde un elemento, a otro cuya temperatura es inferior a la de aquel. En los motores térmicos empleados en Automoción, el sistema de refrigeración (figura 3.9) se justifica, por la necesidad de evacuar el calor sobrante, generado en las combustiones, que no se destina a producir trabajo en la carrera motriz, así como el calor generado por el rozamiento entre los elementos móviles. De no evacuarse dicho calor, la temperatura de los mismos se elevaría peligrosamente, provocando una dilatación excesiva, que podría originar el agarrotamiento por fusión, más conocido como gripaje. A su vez lo que también se busca es mantener la temperatura del motor dentro de unos márgenes, en los que el rendimiento es máximo, y no correr el riesgo de deteriorar las partes móviles del mismo.

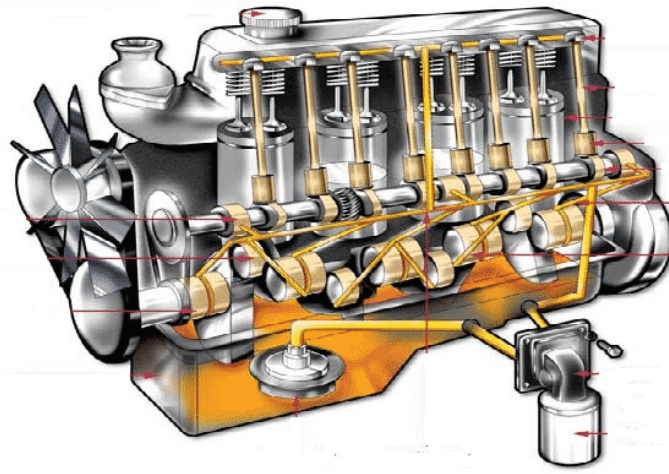
Figura 10. Sistema de refrigeración.



5.2.5. Sistema de lubricación.

Todo movimiento de dos piezas en contacto y sometida a presiones, producen un rozamiento que depende tanto del estado (calidad de acabado superficiales), como de la naturaleza de las superficies en contacto (materiales empleados). Las superficies, por muy lisas y acabadas que parezcan, siempre presentarán , una serie de rugosidades que al estar en contacto con otras, generan tal cantidad de calor, que ocasiona desgaste y un aumento de temperatura que podrá provocar la fusión (gripaje) de los metales en sus respectivas zonas superficiales de acoplamiento. Para reducir el rozamiento en los acoplamientos metálicos móviles se interpone entre ambas superficies, una fina película de aceite, de tal manera, que forme una cuña de aceite que mantenga separada e impida el contacto entre sí.

Figura 11. Partes del sistema de lubricación.



6. Procedimiento

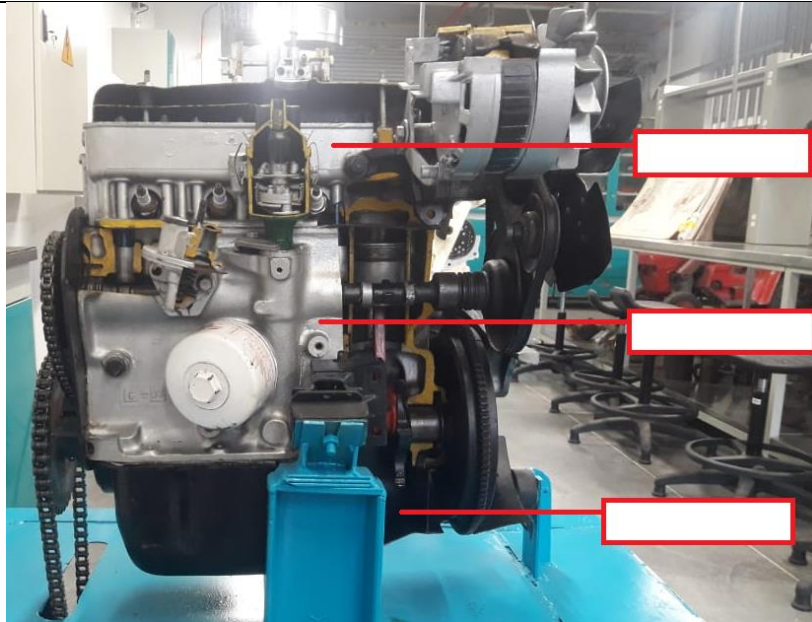
Pasos para el desarrollo de la práctica:

1. Repaso del tema por parte del estudiante.
2. Observación e identificación interactiva de las principales partes y sistemas que conforman los motores: Diésel Kia, Renault 4, Motor a gasolina en corte, Motor Cummins en corte (Diésel).
3. Después de la observación e identificación de las principales partes y sistemas en los motores, describa los diferentes procesos y materiales con los que son fabricados los principales elementos.
4. Aclaración de dudas por parte del auxiliar o el docente y evaluación.

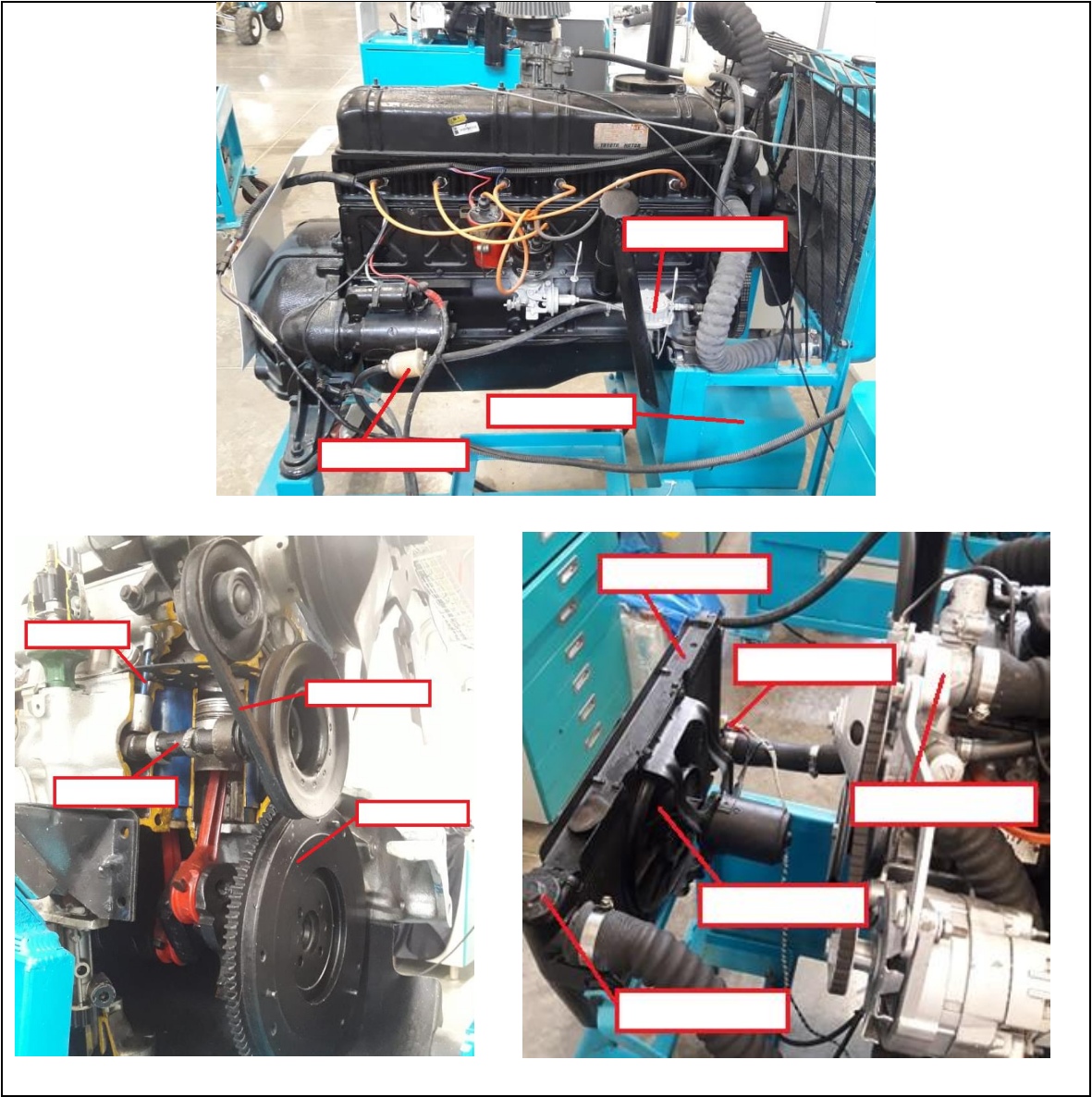
7. Cuestionario

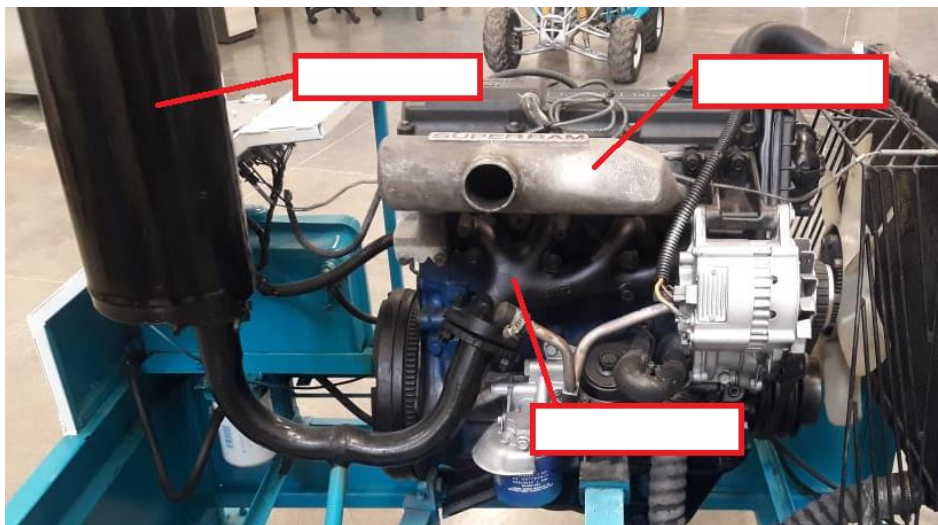
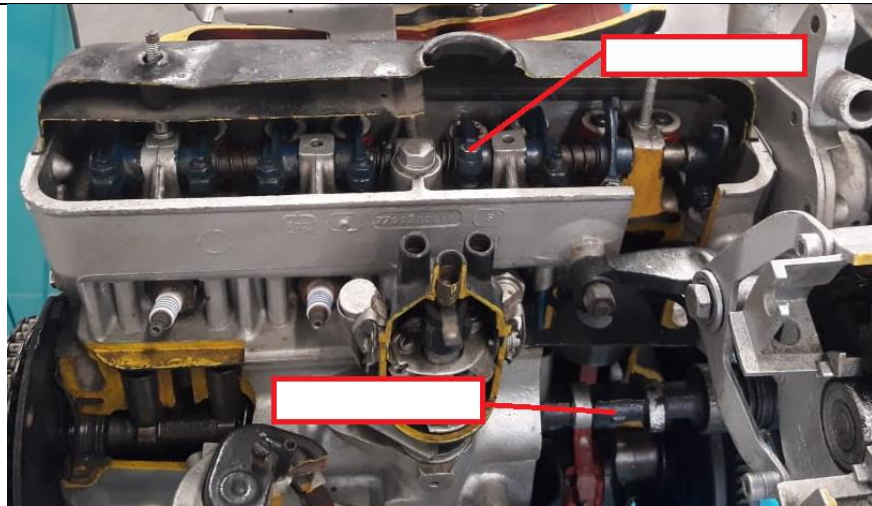
Responda el siguiente cuestionario:

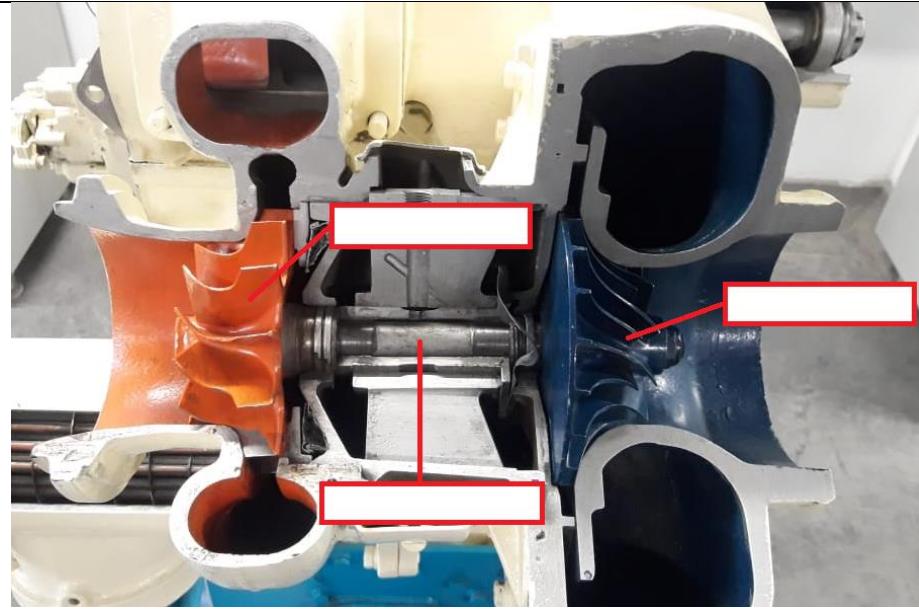
1. En la figura señale las 3 principales partes en las que se divide un motor a gasolina.



2. ¿De qué material se fabrican los cilindros, los pistones, biela y cigüeñal?
3. ¿Cuáles son los principales sistemas que conforman a un M.C.I.?
4. ¿Cuántos tipos de alimentación de combustible existen? De una explicación breve.
5. Identifique las partes señaladas de los diferentes sistemas que conforman el M.C.I.:







6. ¿Cuáles son los medidores de aceite con los que cuenta un motor?
7. Contribuye el sistema de lubricación con la refrigeración del motor. ¿Por qué?

 		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS		
Práctica 3: Metrología			Profesor: Jorge Luis Chacón V.	
Auxiliar:		Fecha:		Página: 1 de 17
Nombre:		Código:		Calificación:
1. Objetivos de la práctica				
1. Aprender el funcionamiento de los distintos elementos de medición presentes en el laboratorio. 2. Comprender las operaciones de metrología dimensional necesarias para determinar los desgastes que han sufrido los cilindros del motor. 3. Identificar y operar diestramente procesos de verificación e interpretación de mediciones realizadas en cilindros. 4. Conocer desgastes comunes que se presentan en los cilindros tales como ovalización y conicidad. 5. Comparar los valores suministrados por el fabricante y los obtenidos en las mediciones. 6. Tomar decisiones de reparación según los valores de las mediciones e inspección.				
2. Introducción				
La metrología está conformada por una serie de operaciones de mediciones destinadas a obtener las dimensiones y realizar el trazado para la elaboración de piezas o elementos. Los dos sistemas de medida que se deben conocer son el sistema inglés y el Sistema Internacional (S.I.). El sistema inglés usado en países como EEUU, Canadá y Reino Unido, utiliza unidades como la pulgada, el pie y la				

yarda. El Sistema Internacional de medida (S.I.) el cual se conoce como sistema métrico es el más utilizado universalmente. La base de este sistema es el metro, que equivale aproximadamente a 39,75 pulgadas.

3. Aplicaciones de la práctica

En diferentes actividades que realiza el Ingeniero Mecánico tendrá que hacer uso de herramientas de medición (para el mantenimiento, calibración y reparación de MCI?). El uso de una u otra de estas herramientas dependerá del grado de precisión que desee.

4. Materiales y equipo a utilizar

1. Alexómetro.
2. Micrómetro de exteriores.
3. Manual de taller del motor Renault 12 de 1300 c.c.
4. Calibrador.
5. Galgas.

5. Fundamentos teóricos

Los dos sistemas de medida que se deben conocer son el sistema inglés y el sistema métrico. El sistema inglés es utilizado en países como EEUU, Canadá y Reino Unido. El sistema internacional de medida (S.I.) se conoce como sistema métrico. La base de este sistema es el metro, que equivale aproximadamente a 39,75 pulgadas. El sistema métrico es más universal y es por tal motivo que los fabricantes de herramientas en EEUU están adoptando este sistema.

5.1. Herramientas de medición.

En la medición de elementos y partes de M.T.A. se utilizan diferentes herramientas para tal fin según el grado de precisión que se desee obtener, algunas de estas herramientas son:

Cinta métrica

Figura 1. Cinta métrica.



Esta es una herramienta para tomar medidas aproximadas, permiten medir tanto en milímetros como en fracciones de pulgada, el uso de estas cintas se puede combinar con compases de interiores y de punta.

Galgas

Figura 2. Galgas.



Es un elemento que se utiliza para la verificación de las cotas con tolerancias estrechas. Las galgas se suelen utilizar para medir la holgura de una válvula, la holgura lateral de los segmentos del pistón, el juego del cigüeñal.

Micrómetro

Figura 3. Micrómetro.



Los micrómetros (pueden ser externos o internos) presentan ventajas sobre otro tipo de instrumentos de medidas. Resultan claros y fáciles de leer. Por otra parte, las lecturas que proporciona son consistentes y precisas, al tiempo que incorpora un calibre de ajuste que sirve para compensar los efectos del desgaste.

Alexómetro

Figura 4. Alexómetro.



Esta herramienta puede medir holguras del cigüeñal o el desgaste de las guías de válvulas. Asimismo, puede medir la distancia que sobresale la válvula dentro de la culata, entre su punto de apertura y cierre, llamadoalzada de válvula, así como, el diámetro interior del cilindro en sus distintas alturas y posiciones para determinar su conicidad y su grado de ovalización.

5.2. Cilindros.

El cilindro de un motor es el recinto por donde se desplaza un pistón. Hay dos formas de hacer la parte interior del cilindro, por donde corre el pistón. Una es dar un tratamiento superficial al propio metal del bloque, que consiste en recubrirlo de una capa muy resistente de otro material distinto del que tiene el bloque. Por ejemplo, los recubrimientos a base níquel y silicio.

La otra es colocar dentro del cilindro una pieza aparte, que es la que se denomina

«camisa». Una ventaja de la camisa es que, en caso de desgaste o deformación, se puede cambiar. Un inconveniente es que hacen que el motor ocupe más espacio.

Existen dos tipos de camisas: secas o húmedas. Se denominan secas cuando no están en contacto con el líquido refrigerante. Las camisas húmedas son más gruesas, y se montan de forma que entre el bloque y la propia camisa circula el líquido refrigerante.

5.2.1. Camisa seca.

Es un cilindro que se coloca a presión en el bloque, sin existir ningún espacio entre bloque y camisa. En casos de reparación este tipo de camisas permite ser maquinada, teniendo en cuenta que se aumenta el diámetro interior, cierta cantidad de veces, especificadas inicialmente por los fabricantes de motores y al llegar a estos límites debe ser cambiada por una nueva de medida original.

5.2.2. Camisa húmeda.

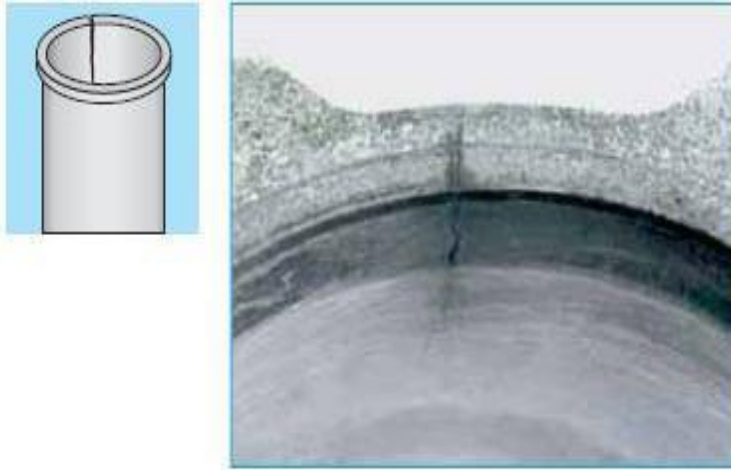
En este caso la camisa reemplaza totalmente al cilindro del bloque y es apoyada en éste únicamente en su parte superior e inferior siendo rodeada en su totalidad por los ductos de refrigeración. Para una reparación simplifica el proceso ya que solo se debe extraer la camisa vieja y reemplazarla por la nueva, la cual se sujeta del bloque en la parte superior por medio de unas bridas, las que presionan evitando cualquier tipo de movimiento.

5.3. Fallas y desgastes en cilindros y camisas.

5.3.1. **Rotura longitudinal.** La grieta se presenta normalmente en sentido vertical, partiendo del collarín de la camisa hacia arriba. Las roturas de este tipo sobrevienen normalmente por tratamientos descuidados (figura 5). Otra posible

causa es un asiento malo, defectuoso o sucio entre la camisa y el bloque del cilindro.

Figura 5. Rotura longitudinal.



5.3.2. Rotura de collarines de camisa. El collarín de la camisa esta desprendido completamente (figura 6). La rotura inicia desde el fondo inferior del collarín y se extiende diagonalmente hacia arriba en un ángulo de unos 30 grados. Normalmente estos tipos de daños ocurren por momentos de flexión, por malos montajes, empleo de juntas diferentes a las prescritas, limpieza deficiente y forma incorrecta de asiento, etc.

Figura 6. Rotura de collarines de camisa.



5.3.3. Desgaste irregular del cilindro. En los agujeros del cilindro aparece un desgaste irregular con áreas individuales pulidas y brillantes (figura 7). Hay corrosión en el exterior de la camisa que causa la pérdida de redondez del cilindro. Algunas causas son asiento de camisa muy flojo y agujeros deformados en el bloque.

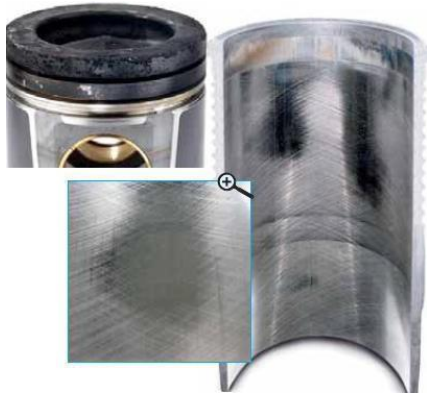
Figura 7. Desgaste irregular del cilindro.



5.3.4. Áreas brillantes en el sector superior del cilindro. En la superficie de rodadura del cilindro destacan zonas pulidas muy lustrosas y carentes de estructuras bruñidas y en el pistón no se perciben huellas de notables de desgaste, por lo cual causa el aumento en el consumo de aceite del motor (figura

8). Algunas causas pueden ser: Empleo de aceites no permitidos o de baja calidad, acabado insuficiente del cilindro, formación de una capa dura en la superficie de fuego del cilindro (carbonizado), etc.

Figura 8. Áreas brillantes en el sector superior del cilindro.



5.5. Medidas de rectificación de cilindros.

Al diagnosticar el estado en que se encuentra el cilindro (es decir medir ovalidad, conicidad) se debe verificar que la ovalidad y la conicidad no sobrepase los valores predeterminados por el fabricante, en caso contrario se debe verificar en qué medida está el diámetro del cilindro y que tan excesivo es el valor. Para ello se toma como referencia el diámetro recomendado por el fabricante (estándar) y se compara con el diámetro medido en el cilindro. Los cilindros originales (nuevos) vienen en medida estándar 0.00mm cuando lo rectifican por primera vez queda en 0.25 mm, la segunda en 0.50 mm y la tercera en 0.75 mm que es la última medida utilizable del mismo. Sin embargo, en la actualidad en Colombia existen medidas de rectificación de hasta 1.50 mm, pero el fabricante recomienda solo hasta 0.50 mm. Con base en esto se toman decisiones para determinar si el cilindro o la camisa se deben cambiar o se puede rectificar. Las medidas normalizadas para la rectificación de cilindros están determinadas por la constante necesidad de estandarizar procesos para facilitar la comercialización y

distribución de repuestos. Como se mencionaba anteriormente el cilindro viene de fábrica en medida estándar y a medida de que sufra desgastes va disminuyendo su diámetro nominal y por consiguiente tenemos la necesidad de rectificarlo. Estas medidas pueden estar en milímetros o en pulgadas, cuando hablamos de milímetros rectificaremos el cilindro en escalas de 0,25 mm hasta 1,50 mm (el fabricante recomienda únicamente rectificar hasta 0,50 mm), por otra parte, cuando hablamos en pulgadas las medidas van en incrementos de 10 hasta 60 milésimas de pulgada. La rectificación del cilindro se hará con respecto al diámetro original (dado por el fabricante), es decir al diámetro original se le resta la medida del diámetro actual y esa diferencia nos da el rango de medida en el cual se encuentra el cilindro, y con base a esto se hace la debida rectificación. Cuando el cilindro sobrepase los límites establecidos de rectificación se debe remplazar por uno nuevo, es decir cambiar el bloque, por otra parte, si el bloque es de camisas se deberán cambiarlas por nuevas.

6. Procedimiento

En esta práctica se realiza el diagnóstico respectivo mediante la inspección visual y la utilización de un alexómetro con el cual se medirá el diámetro interno y así determinar el desgaste, ovalización y conicidad que sufren los cilindros.

Inspección visual

1. Haga una limpieza y luego proceda a realizar una inspección visual para obtener información sobre el estado general de las camisas o los cilindros (figura 9).

Figura 9. Limpieza de cilindros.



2. Utilizar una luz introducida en la parte inferior del cilindro para poder observar mejor las posibles fallas (figura 10).

Figura 10. Inspección visual de cilindros.



3. Comprobar el escalón o reborde superior del cilindro, deslizando los dedos por el interior del cilindro, desde abajo hacia arriba, y, al tacto, notará perfectamente el escalón si existe. Normalmente esté se origina al marcarse el final del desplazamiento del segmento de fuego (figura 11).

Figura 11. Reborde superior en el cilindro.



4. También deberá realizar una inspección visual en el exterior de la camisa, (camisas húmedas) especialmente en el surco donde se coloca el empaque superior (figura 12).

Figura 12. Exterior de camisa húmeda.



Proceso de medición usando el Alexómetro.

1. Ubique el soporte con el bloque al lado del banco de trabajo de una forma adecuada para realizar las diferentes mediciones (figura 13).

Figura 13. Bloque de cilindros.



2. Emplee el alexómetro provisto de un adaptador adecuado al diámetro del cilindro que va a medir (figura 14).

Figura 14. Alexómetro.



3. Tomar, en cada cilindro, medidas a tres alturas diferentes (figura 15): la primera a unos 10 mm del plano superior del cilindro, la segunda a la mitad y la tercera a 10 mm del borde inferior del mismo, en sentido longitudinal (A) y otras tres en sentido transversal (B) (figura 16). Anote los resultados en la tabla 1.

Figura 15. Descripción grafica de los puntos de medición.

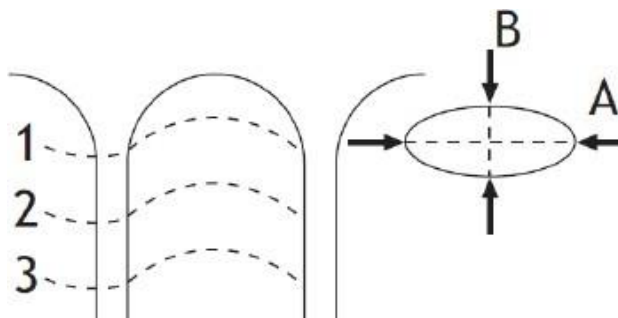


Figura 16. Medida longitudinal y transversal al bloque.

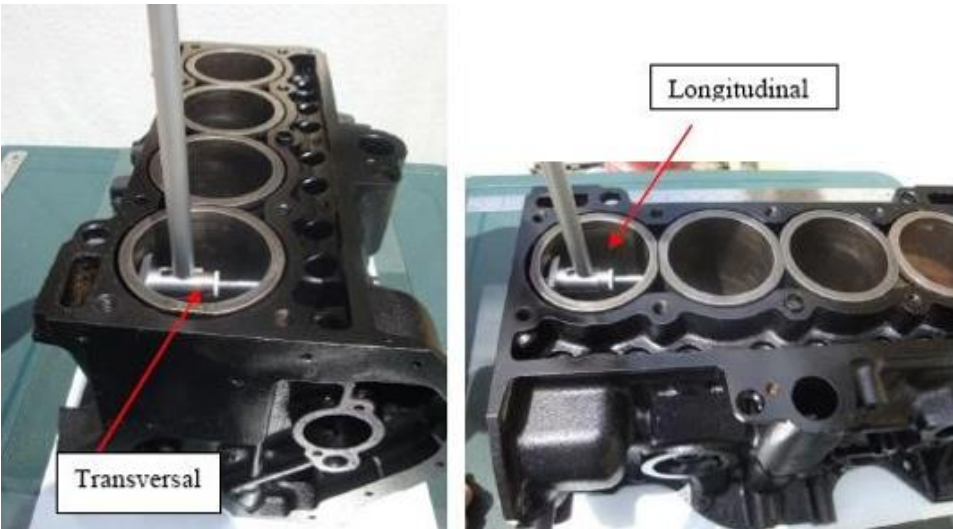


Tabla 1. Tabla de resultados.

Diámetro nominal de cilindro:												
N°	Cil. 1			Cil. 2			Cil. 3			Cil. 4		
	A	B	Oval	A	B	Oval	A	B	Oval	A	B	Oval
1												
2												
3												
Coni												

4. Una vez introducido el alexómetro en el cilindro (figura 17), balancéelo hacia uno y otro lado, entonces la aguja del reloj se moverá hacia ambos lados de la esfera: el punto donde cambia de sentido corresponde a la menor lectura, que es el diámetro buscado.

Figura 17. Balanceo del alexómetro.



5. Seguidamente cuente los trazos que hay después del cero de referencia (figura 18) y súmele el diámetro del cilindro dado por el fabricante. Luego escriba los resultados en la tabla 1.

Figura 18. Balanceo del alexómetro.



6. Calcule la ovalización y conicidad para cada uno de los puntos medidos en el cilindro y determine donde se presenta la mayor de cada una de ellas.

- La **ovalización** es la diferencia máxima entre el diámetro longitudinal (A) y el diámetro transversal (B) o, lo que es lo mismo, $B - A$.
- La **conicidad** es la diferencia máxima entre los diámetros superior (1) e inferior (3), tomados en el mismo plano vertical.
- Los **límites de ovalización y conicidad** los da el fabricante del motor. En caso de no conocerse, deberá tomarse el de 0,05 mm.

7. Para valorar el desgaste sufrido por los cilindros, tome como referencia la medida estándar o diámetro original del cilindro, que lo marca el fabricante.
8. Por último calcule el desgaste máximo del cilindro seleccionando el diámetro mayor de cada una de las mediciones tomadas y restándole el diámetro nominal que se encuentra en el catálogo.

Desgaste Máximo = Diámetro mayor de desgaste – Diámetro nominal

9. Este procedimiento se debe realizar para cada uno de los cilindros.
10. Finalmente de un diagnóstico del estado en el que se encuentran los cilindros.

Proceso de medición usando las galgas.

1. Tome los el bloque con los respectivos cilindros y pistones, dispóngase a ensamblarlos adecuadamente.
2. Mida los espacios que hay entre la camisa y el bloque y entre camisa y pistón, registre los datos en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resultados.

Camisa-Bloque		Camisa-Pistón	
Tolerancia Min.	Tolerancia Max.	Tolerancia Min.	Tolerancia Max.

3. Compare las tolerancias obtenidas con las suministradas por el manual de taller del motor Renault 12 de 1300 c.c.

Tabla 3. Datos de medición.

Camisa-Bloque		Camisa-Pistón	
Tolerancia Min.	Tolerancia Max.	Tolerancia Min.	Tolerancia Max.
0,2 mm	0,3 mm	0,045 mm	0,065 mm

Proceso de medición usando el micrómetro.

1. Tomar el cigüeñal mostrado en la imagen.

Figura 19. Cigüeñal.



2. Mida con un micrómetro de exteriores el diámetro de los muñones principales a 6mm (1/4") más o menos de cada extremo o a la distancia

suficiente para librar el radio del filete, y alrededor del muñón para obtener las lecturas máxima y mínima, complete la siguiente tabla con los datos obtenidos:

Figura 20. Demostración de la medición.



Tabla 4. Resultados medición del cigüeñal.

CIGÜEÑAL				
N° de cilindros	1	2	3	4
Diámetro del muñón (pulgadas)				

7. Cuestionario

Responda el siguiente cuestionario:

1. ¿Qué sistema de medida se basa en el 10?
2. ¿Cuántos centímetros cúbicos hacen un litro?
3. ¿Qué tipo de instrumentos son los calibres, los compases de puntas y los indicadores telescópicos?
4. ¿Cuál es el instrumento de medida de precisión más versátil del que puede disponer un técnico?
5. ¿Cuál es el nombre de la herramienta capaz de medir el diámetro interno, el diámetro externo y la profundidad de 0 a 7 pulgadas (0 a 17,5 centímetros)?
6. En los instrumentos de medida de precisión, ¿cómo se expresa en números decimales magnitudes tales como 1/10 pulgadas?

 		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS		
Práctica 4: Sistema de ignición en M.C.I.		Profesor: Jorge Luis Chacón V.		
Auxiliar:		Fecha:		Página: 1 de 16
Nombre:		Código:		Calificación:
1. Objetivos de la práctica				
1. Conocer las generalidades del sistema de ignición en M.C.I. 2. Identificar los elementos y los principios de funcionamiento de los sistemas de ignición en M.C.I. 3. Evaluar y comparar el comportamiento de los sistemas de encendido en los motores de ignición por chispa e ignición por compresión. 4. Identificar las características de un buen sistema de encendido en MCI.				
2. Introducción				
Esta práctica tiene como prioridad conocer el principio de funcionamiento del sistema de encendido, así como la de conocer la evolución histórica que ha tenido en los últimos años. Este sistema es de gran importancia ya que un mal funcionamiento de este lleva a un irregular comportamiento de la combustión en el motor y por consiguiente la pérdida de rendimiento, así como el aumento de los productos contaminantes.				
3. Aplicaciones de la práctica				
El campo de aplicación de esta práctica se extiende al diseño, valoración, evaluación, mantenimiento y reparación del sistema de ignición en M.C.I.				

4. Materiales y equipo a utilizar
✓ Manual del fabricante motor Kia. ✓ Motor Toyota F110. ✓ Motor Diésel Kia. ✓ Motor a Gasolina en corte. ✓ Copas para bujía. ✓ Galgas. ✓ Taquímetro. ✓ Multímetro.
5. Fundamentos teóricos
El circuito de encendido utilizado en los motores de gasolina, es el encargado de hacer saltar una chispa eléctrica en el interior de los cilindros, para provocar la combustión de la mezcla aire-gasolina en el momento oportuno. La encargada de generar una alta tensión para provocar la chispa eléctrica es "la bobina". Una vez generada esta alta tensión necesitamos un elemento que la distribuya a cada uno de los cilindros en el momento oportuno, teniendo en cuenta que los motores poli-cilíndricos trabajan en un ciclo de funcionamiento con un orden de explosiones determinado para cada cilindro (ejemplo: motor de 4 cilindros orden de encendido: 1-3-4-2). El elemento que se encarga de distribuir la alta tensión es el "distribuidor o delco". La alta tensión para provocar la chispa eléctrica en el interior de cada uno de los cilindros necesita de un elemento que es "la bujía", hay tantas bujías como numero de cilindros tiene el motor. El sistema de encendido se encarga primordialmente de aportar la energía que necesita el motor de combustión para mantener los ciclos que describe por sí mismo. Los motores de combustión describen ciclos de cuatro fases: admisión,

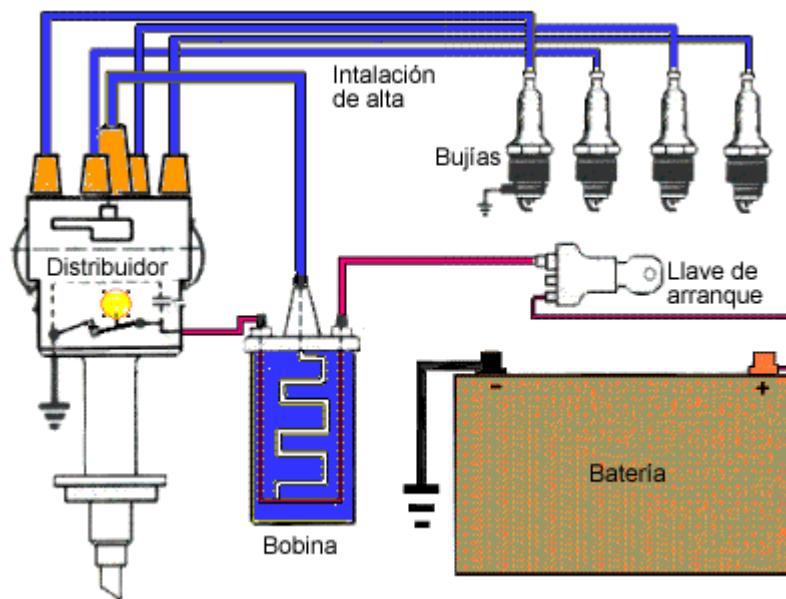
compresión, combustión y escape; pero dicho motor únicamente entrega energía en la fase de combustión, por lo que necesita energía para el resto.

Será el sistema de encendido quien se encargue de dichas fases, aportando esta energía mediante un motor eléctrico que mueve al cigüeñal o eje del motor. Además el sistema de encendido tiene otra función y es la de almacenar y generar esta energía eléctrica, mediante los acumuladores (baterías) y el alternador. Después de realizar las fases correspondientes debe producir el encendido del combustible, como el caso del motor Otto, que produce chispas en la cámara de combustión o bien se encarga de enviar el combustible Diésel mediante las bombas de inyección.

5.1. Tipos de sistemas de encendido.

- Encendido convencional (Por ruptor).
- Encendido electrónico por descarga de condensador.
- El encendido electrónico sin contactos también llamado “Encendido transistorizado”.
- Encendido electrónico integral.
- El sistema de encendido D.I.S. (Direct Ignition System).

Figura 1. Sistema de encendido.



5.1.1. Encendido convencional (por ruptor). Este sistema es el más sencillo de los sistemas de encendido por bobina, en él, se cumplen todas las funciones que se le piden a estos dispositivos. Es capaz de generar 20.000 chispas por minuto, es decir, alimentar un motor de cuatro tiempos a 10.000 rpm; aunque para motores de 6-12 cilindros da más problemas. El sistema está compuesto por los siguientes elementos:

- Bobina de encendido.
- Resistencia previa.
- Ruptor.
- Condensador.
- Distribuidor de encendido.
- Variador de avance centrifugo.
- Variador de avance de vacío.

- Bujías.

Una vez que giramos la llave de contacto a posición de contacto el circuito primario es alimentado por la tensión de batería, el circuito primario está formado por el arrollamiento primario de la bobina de encendido y los contactos del ruptor que cierran el circuito a masa. Con los contactos del ruptor cerrados la corriente eléctrica fluye a masa a través del arrollamiento primario de la bobina. De esta forma se crea en la bobina un campo magnético en el que se acumula la energía de encendido. Cuando se abren los contactos del ruptor la corriente de carga se deriva hacia el condensador que está conectado en paralelo con los contactos del ruptor. El condensador se cargara absorbiendo una parte de la corriente eléctrica hasta que los contactos del ruptor estén lo suficientemente separados evitando que salte un arco eléctrico que haría perder parte de la tensión que se acumulaba en el arrollamiento primario de la bobina. La colocación del condensador hace que la tensión generada en el circuito primario de un sistema de encendido puede alcanzar momentáneamente algunos centenares de voltios.

Debido a que la relación entre el número de espiras del bobinado primario y secundario es de 100/1 aproximadamente se obtienen tensiones entre los electrodos de las bujías entre 10 y 15000 Voltios. Una vez que tenemos la alta tensión en el secundario de la bobina esta es enviada al distribuidor a través del cable de alta tensión que une la bobina y el distribuidor. Una vez que tenemos la alta tensión en el distribuidor pasa al rotor que gira en su interior y que distribuye la alta tensión a cada una de las bujías.

5.1.2. Encendido electrónico por descarga de condensador. Este sistema llamado también "encendido por tiristor" funciona de una manera distinta los encendidos por bobina. Su funcionamiento se basa en cargar un condensador con energía eléctrica para luego descargarlo provocando en este momento la alta tensión que hace saltar la chispa en las bujías.

Las ventajas esenciales del encendido por descarga del condensador son las siguientes:

- Alta tensión más elevada y constante en una gama de regímenes de funcionamiento más amplia.
- Energía máxima en todos los regímenes.
- Crecimiento de la tensión extremadamente rápida.

Como desventaja la duración de las chispas son muy inferiores, del orden de 0,1 o 0,2 ms. Este tipo de encendido se aplica en aquellos vehículos que funcionan a un alto número de revoluciones como coches de altas prestaciones o de competición.

5.1.3. El encendido electrónico sin contactos también llamado "encendido transistorizado". Su característica principal es la supresión del ruptor por su carácter mecánico, sistema que se sustituye por la centralita y un amplificador de impulsos (todo un sistema electrónico). Al eliminar el sistema mecánico vamos a aumentar las prestaciones a mayor número de revoluciones. Este es un sistema muy utilizado en automóviles de gama media.

5.1.4. Encendido electrónico integral. Básicamente se trata de ir eliminando cualquier sistema mecánico debido a su falta de prestaciones y desventajas, por lo que será la electrónica quien se encargue ahora de dos sistemas en el distribuidor:

- Un sensor de rpm del motor que sustituye al "regulador centrífugo" del distribuidor.
- Un sensor de presión que mide la presión de carga del motor y sustituye al "regulador de vacío" del distribuidor.

Las ventajas de este sistema de encendido son:

- Posibilidad de adecuar mejor la regulación del encendido a las variadas e individuales exigencias planteadas al motor.
- Posibilidad de incluir parámetros de control adicionales (por ejemplo: la temperatura del motor).
- Buen comportamiento del arranque, mejor marcha en ralentí y menor consumo de combustible.
- Viabilidad de la regulación antidetonante.

5.1.5. El sistema de encendido D.I.S. (Direct Ignition System). El sistema de encendido D.I.S. (Direct Ignition System) también llamado: sistema de encendido sin distribuidor (Distributorless Ignition System), se diferencia del sistema de encendido tradicional en suprimir el distribuidor, con esto se consigue eliminar los elementos mecánicos, siempre propensos a sufrir desgastes y averías. Como la electrónica avanza, hemos ido sustituyendo todos los elementos mecánicos con las consecuentes ventajas:

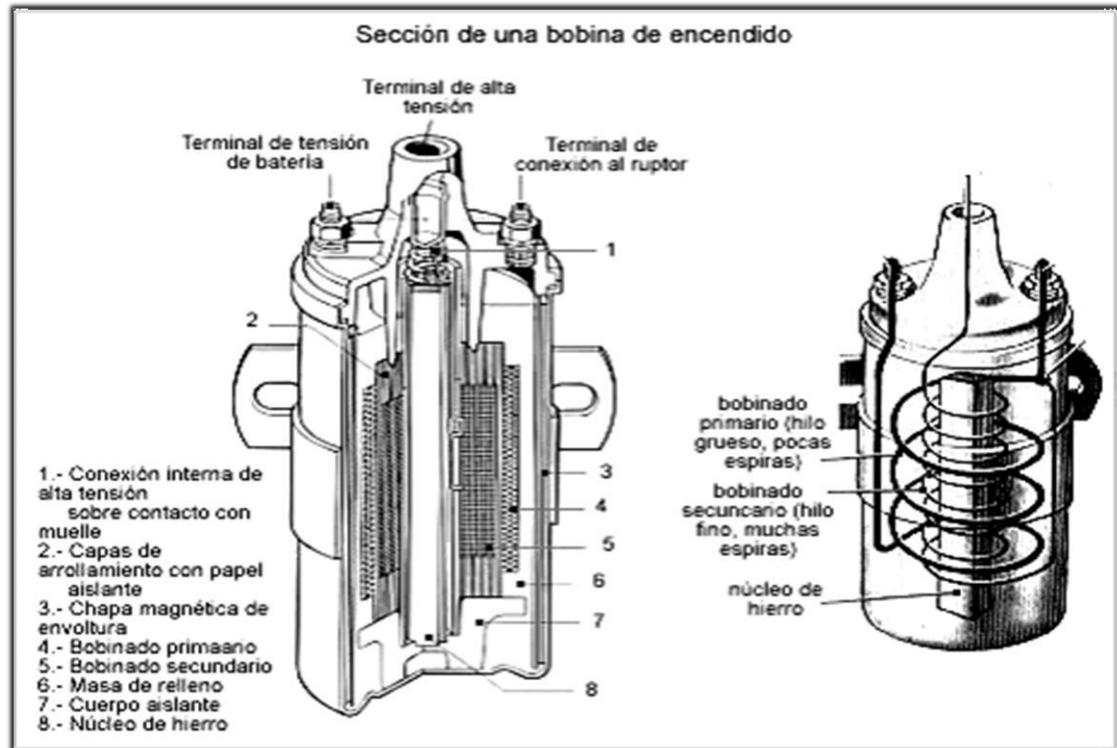
- Se gana más tiempo en la generación de la chispa por lo que al ser mejor tenemos menos problemas a altas revoluciones.
- Se elimina las interfaces del distribuidor y así acercamos las bobinas a las bujías pudiendo en algunos casos incluso eliminar los cables de alta tensión.
- Ahora podemos jugar con mayor precisión con el avance del encendido, ganando más potencia y fiabilidad.

5.2. Elementos comunes que componen el sistema de ignición.

Los elementos comunes que compone el sistema de ignición en M.C.I. son:

5.2.1. Bobina.

Figura 2. Sección de una bobina de encendido.

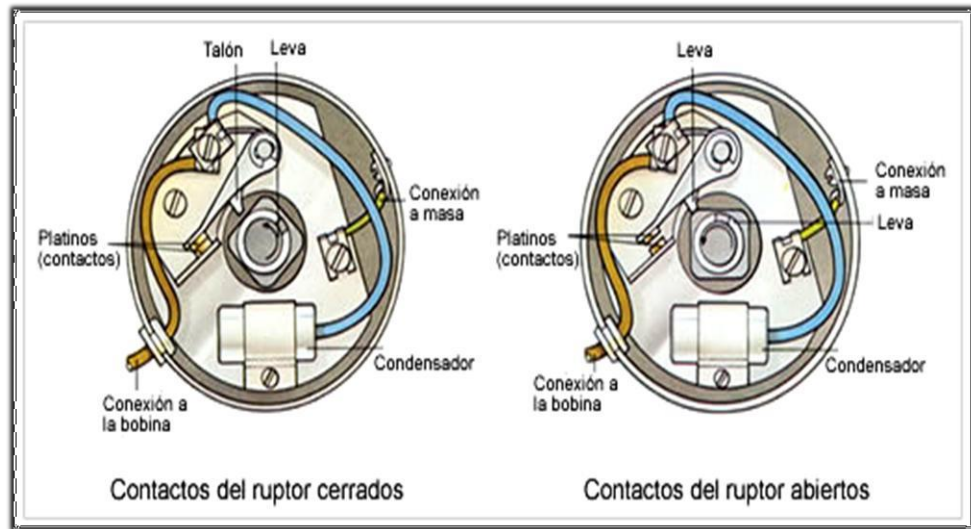


Consiste en una cubierta impermeable, conteniendo un devanado primario con aproximadamente 200 vueltas de alambre de cobre No.20, montadas sobre un núcleo de hierro (ver figura 2). Sobre el primario se monta un devanado secundario con aproximadamente 18000 vueltas de alambre de cobre No.38, siendo aislada cada capa de la anterior mediante una tira de papel encerado para evitar los arcos eléctricos.

5.2.2. Ruptor.

El ruptor es un interruptor accionado mecánicamente mediante una leva que viene del eje del distribuidor de forma que nos está dando el momento en el que se necesita la chispa. Debido a su funcionamiento, entre los contactos surge un arco eléctrico que quema a estos produciendo un desgaste que da lugar a errores.

Figura 3. Ruptor.



5.2.3. Distribuidor.

El distribuidor (figura 4) es el elemento más complejo y que más funciones cumple dentro de un sistema de encendido. El distribuidor reparte el impulso de alta tensión de encendido entre las diferentes bujías, siguiendo un orden determinado (orden de encendido) y en el instante preciso. Sus funciones son:

- Abrir y cerrar a través del ruptor el circuito que alimenta el arrollamiento primario de la bobina.
- Distribuir la alta tensión que se genera en el arrollamiento secundario de la bobina a cada una de las bujías a través del rotor y la tapa del distribuidor.
- Avanzar o retrasar el punto de encendido en función del número de revoluciones y de la carga del motor, esto se consigue con el sistema de avance centrífugo y el sistema de avance por vacío respectivamente. El movimiento de rotación del eje del distribuidor le es transmitido a través del árbol de levas del motor.

Figura 4. Distribuidor.



5.3. Motor encendido por chispa.

La mezcla se enciende por la chispa eléctrica y se quema en el proceso de propagación de la llama turbulenta. Existen tres fases:

Fase Inicial: Desde que salta la chispa en la bujía hasta el punto donde empieza el incremento brusco de la presión. En las zonas de altas temperaturas entre los electrodos de la bujía surge un pequeño foco de combustión que se convierte en un frente de llama turbulenta, siendo el porcentaje de la mezcla que se quema muy bajo. La velocidad de llama es relativamente baja y solo depende de las propiedades físico-químicas de la mezcla.

Fase Principal: La llama turbulenta se propaga por toda la cámara de combustión, cuyo volumen casi es constante y el pistón se encuentra cerca del punto muerto superior (P.M.S.). La velocidad de propagación depende de la intensidad de la turbulencia lo que es a su vez directamente proporcional a la frecuencia de rotación del cigüeñal. Cuando el frente de la llama llega a las paredes, como hay menos turbulencia, la velocidad disminuye.

Fase de combustión residual: Se quema la mezcla detrás del frente de llama. La presión ya no crece por que ya se produce la carrera de expansión y hay transmisión de calor a las paredes. La velocidad de la combustión en las paredes y detrás del frente de la llama es lenta y depende de las propiedades físico-químicas de la mezcla. Para aumentar esta velocidad hay que crear turbulencia en las zonas de combustión residual.

5.4. Motores encendidos por compresión.

Se distinguen claramente tres fases de encendido:

Fase 1-2: Retardo de encendido (el combustible se calienta pero el calor producido no es suficiente para aumentar la presión).

Fase 2-3: La presión se eleva fuertemente (debido a la rápida combustión del combustible inyectado).

Fase 3-4: Combustión lenta del combustible todavía no quemado. Aunque con estas tres fases concluye el proceso de encendido, el rendimiento, máximo no puede alcanzarse debido a que el aire y el combustible no se mezclan totalmente.

Según el tipo de cámara de combustión los motores Diésel pueden clasificarse como sigue:

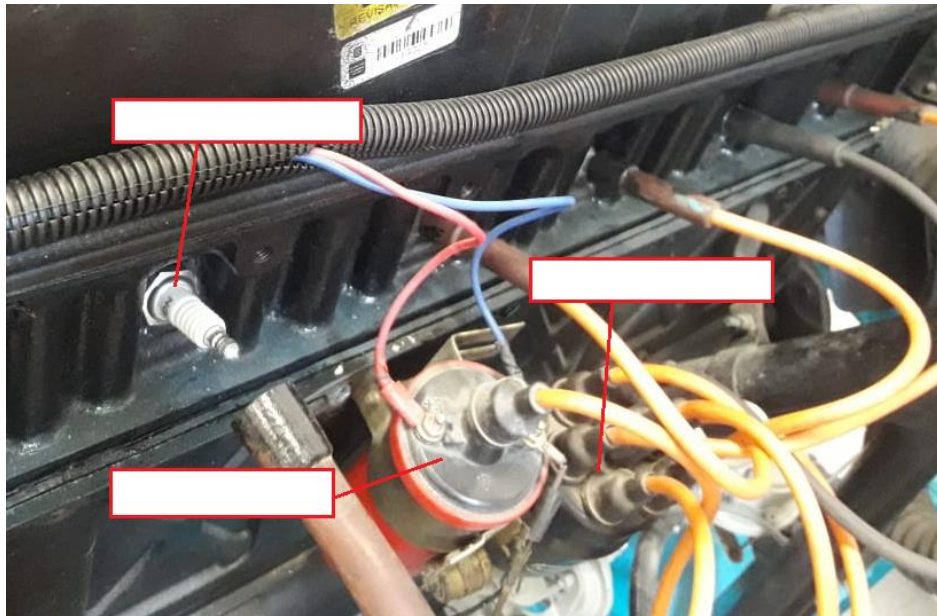
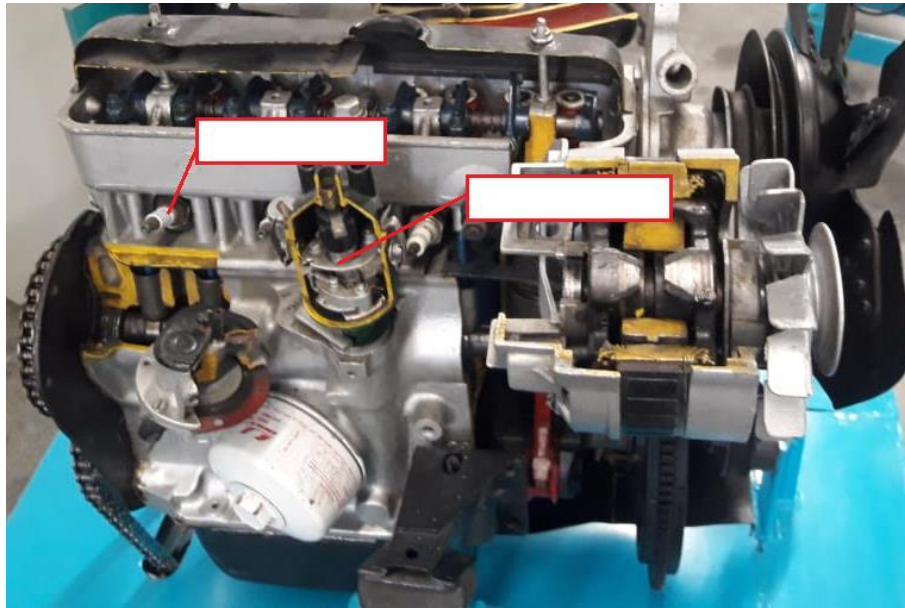
- Con cámara de inyección directa.
- Con cámara arremolinadora.
- Con cámara de combustión con depósito de aire.
- Con antecámara de combustión.

6. Procedimiento

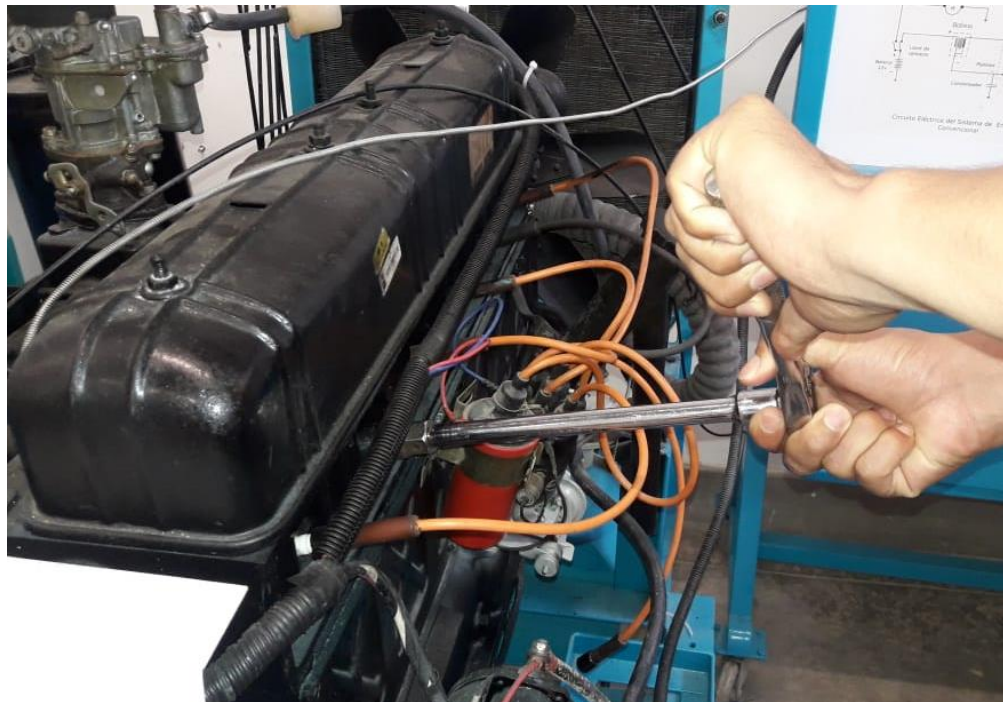
Pasos para el desarrollo de la práctica:

6.1. Repaso del tema por parte del estudiante.

6.2. Inspección Visual: realizar una inspección en los motores Diésel Kia, motor Toyota F110, motor a Gasolina 4 en corte y el motor Cummins en corte (Diésel), luego hacer una observación detallada de cada elemento que compone el sistema de ignición, con el fin de determinar cada una de sus partes y entender su funcionamiento.

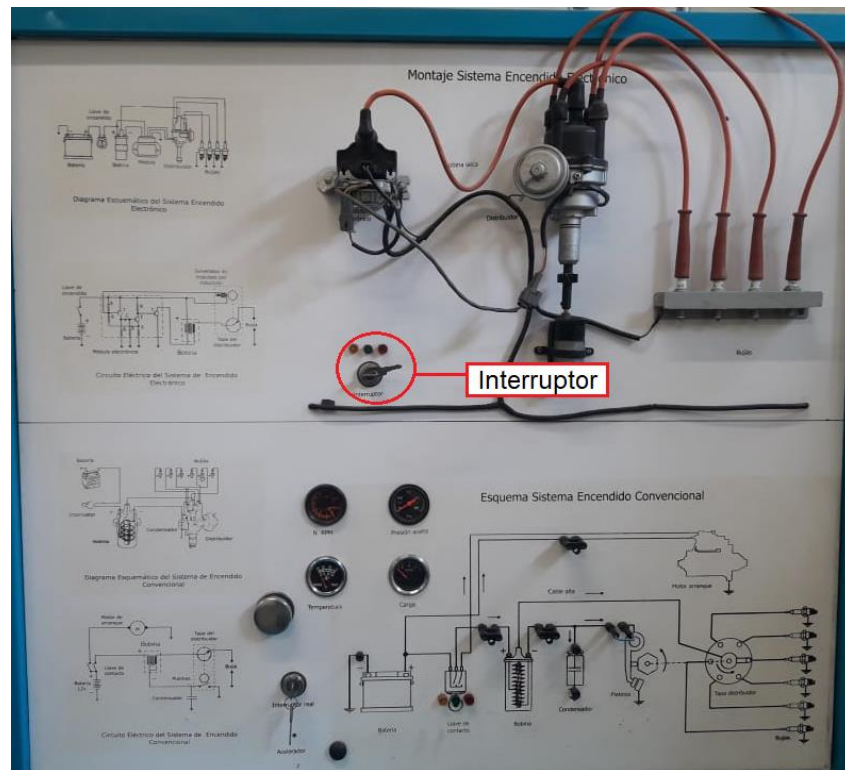


6.3. Identifique las bujías en el motor Toyota F110, desmóntelas evitando ladear la llave de copa para no dañar la porcelana aislante de la bujía, luego de desmontarlas proceda a calibrarlas, lo cual consiste en situar los electrodos, central y lateral donde salta la chispa, a la distancia que indica el fabricante del motor, para esto válgase de las galgas. Si la separación es muy abierta, el voltaje requerido será mayor, si por el contrario es menor, el voltaje será insuficiente para crear la chispa adecuada, ocasionando que la bujía acumule depósitos de carbón y deje de funcionar.



6.4. A continuación encienda el tablero de encendido electrónico y observe el comportamiento de las bujías que allí se encuentran, teniendo precaución de no tocar ninguna de estas, registre el orden de encendido de las bujías en la siguiente tabla:

Orden de encendido	Bujía #:	Bujía #:	Bujía #:	Bujía #:
--------------------	----------	----------	----------	----------



6.5. A continuación comprobaremos el estado de cada uno de los cilindros del motor a partir de la medición de las RPM entregadas. Un método para revisar el estado de los cilindros del motor es usando el analizador digital de motores ALLTEST (Ver figura 5), el cual es capaz de medir las RPM de cualquier motor a gasolina, en este caso usaremos el motor R4, para esto se deben seguir los siguientes pasos:

Figura 5. Analizador digital Alltest.



1. Conecte los cables de energía a la batería del vehículo.
2. Conecte la sonda TDV y el cable VERDE/NEGRO al terminal negativo de la bobina.
3. Coloque el botón selector en TACH.
4. Seleccione el número de cilindros, en nuestro caso 4.
5. Encienda el motor, desconecte brevemente uno a uno los cables de las bujías (cables de alta) y observe la variación de las RPM, si estas no varían indica que en el cilindro desconectado hay un problema, registre los valores obtenidos en las siguiente tabla:

N° Cil.	1	2	3	4	
desconectado					
RPM del motor.					
Estado del Cilindro.					
RPM con 4 cilindros conectados:					

1. En caso de que se presenten fallas en alguno de los cilindros, revise las bujías y los cables de alta.

2.1. Para la revisión de los cables de alta, quite la tapa del distribuidor y haga contacto con uno de los cables de prueba en el terminal del cable a probar. En el interior de la tapa, toque el otro extremo, con el otro cable de prueba.

La resistencia no deberá ser mayor a 30KΩ en cables hasta de 25" (63,5cm) de longitud y de 50kΩ para cables más largos.



2. De una conclusión de porque se presentó la falla y proponga una solución para esta y como evitarla.

6.6. Nuevamente con la ayuda del analizador digital de motores ALLTEST, tomaremos medida del ángulo de contacto del distribuidor del motor del R4, lo cual hace referencia al tiempo en que los platinos están cerrados. Este determina el voltaje de encendido (CHISPA) para las bujías. Un ángulo insuficiente o excesivo causa una chispa difícilmente y un encendido difícil. Para esto seguiremos las instrucciones a continuación:



1. Conecte los cables de energía del analizador a los terminales de la batería.
2. Conecte el probador TDV y el cable VERDE/NEGRO BOBINA al negativo (-) de la bobina. En encendido CD, use el cable que conecta con los platinos.
3. Coloque el botón selector de funciones en DWELL.
4. Coloque el botón selector de cilindros, en el número que corresponde al motor que está probando.
5. Ponga a funcionar el motor y observe la lectura.

NOTA: En el ajuste del ángulo: Disminuyendo la abertura, se aumenta el ángulo.
Aumentando la abertura, disminuye el ángulo.

7. Cuestionario

Resuelva el siguiente cuestionario

1. ¿Qué es el sistema de ignición en MCI?
2. ¿Qué función realizan las bujías y sus cables?
3. ¿Qué son los ángulos de contacto?
4. ¿Qué relación existe entre el ángulo en el cual se produce la chispa y la velocidad del motor?
5. En las siguientes afirmaciones, marque V si la afirmación es verdadera o F si es falsa:
 - a. La energía para el arranque eléctrico la proporciona generalmente una batería de 10 V. (V) (F).
 - b. El alternador es el dispositivo que mantiene cargada la batería. (V) (F).
 - c. En los motores Diésel grandes generalmente el motor de arranque eléctrico va acoplado directamente al volante del motor. (V) (F).

 		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS		
Práctica 5: Compresores			Profesor: Jorge Luis Chacón V.	
Auxiliar:		Fecha:		Página: 1 de 13
Nombre:		Código:		Calificación:
1. Objetivos de la práctica				
1. Reconocer los componentes que constituyen un compresor reciprocante. 2. Comprender el funcionamiento general de un sistema de compresión en dos etapas. 3. Comparar un diagrama P-V de un sistema de compresión teórico con uno real (Banco de laboratorio). 4. Identificar las distintas zonas que se presentan en un diagrama P-V para un compresor de dos etapas.				
2. Introducción				
Con esta práctica se pretende que el estudiante comprenda aspectos relevantes sobre los compresores alternativos o maquinas que aportan una energía a los fluidos compresibles (gases y vapores), haciéndolos fluir y aumentando la presión, característica que los distingue de los ventiladores y sopladores, al finalizar esta práctica el estudiante podrá identificar los distintos elementos que componen un sistema de compresión de dos etapas así como su funcionamiento a partir de un método grafico como lo es el diagrama P-V.				
3. Aplicaciones de la práctica				

- ✓ En la industria como información necesaria para asegurar la selección correcta y un funcionamiento libre de problemas de los compresores alternativos.
- ✓ En el desempeño profesional como ingeniero mecánico, en las grandes plantas donde la confiabilidad del compresor alternativo siempre es primordial.

4. Materiales y equipo a utilizar

- ✓ Banco de compresión de dos etapas.
- ✓ Tablas de propiedades del aire.
- ✓ Cronometro.

5. Fundamentos teóricos

Compresores

Son equipos que incrementan la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Se emplean principalmente para refrigeración, acondicionamiento de aire, calefacción, transporte por tuberías, almacenamiento de gas natural, craqueo catalítico, polimerización y en muchos procesos químicos.

Según la forma de compresión se clasifican en:

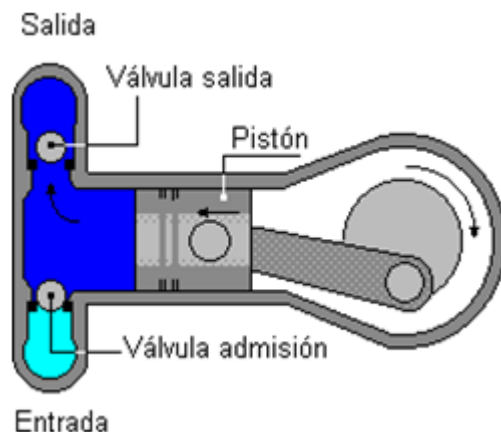
a. Compresores dinámicos:

Son máquinas rotatorias de flujo continuo en la cual el cabezal de velocidad del gas es convertido en presión; estos compresores, se dividen de acuerdo al flujo que manejan en centrífugo (flujo radial) y axiales (flujo axial) y flujo mezclado.

b. Compresores de desplazamiento positivo:

Son compresores de flujo intermitente, que basan su funcionamiento en tomar volúmenes sucesivos de gas para confinarlos en un espacio de menor volumen; logrando con este efecto, el incremento de la presión. Se dividen en dos grupos: reciprocantes y rotativos.

Compresores reciprocantes:



Es un compresor de desplazamiento positivo, en el que la compresión se obtiene por desplazamiento de un pistón moviéndose lineal y secuencialmente de atrás hacia adelante dentro de un cilindro; reduciendo de esta forma, el volumen de la cámara (cilindro) donde se deposita el gas; este efecto, origina el incremento en la presión hasta alcanzar la presión de descarga, desplazando el fluido a través de la válvula de salida del cilindro. El cilindro, está provisto de válvulas que operan automáticamente por diferenciales de presión, como válvulas de retención para admitir y descargar gas. La válvula de admisión, abre cuando el movimiento del pistón ha reducido la presión por debajo de la presión de entrada en la línea. La válvula de descarga, se cierra cuando la presión en el cilindro no excede la presión de la línea de descarga, previniendo de esta manera el flujo reverso.

Tipos de compresores reciprocantes:

- a. Simple etapa: Son compresores con una sola relación de compresión, que incrementan la presión una vez; solo poseen un depurador inter etapa, un cilindro y un enfriador inter etapa (equipos que conforman una etapa de compresión) generalmente se utilizan como booster en un sistema de tuberías.
- b. Múltiples etapas: Son compresores que poseen varias etapas de compresión, en los que cada etapa incrementa progresivamente la presión hasta alcanzar el nivel requerido. El número máximo de etapas, puede ser 6 y depende del número de cilindros; no obstante, el número cilindros no es igual al número de etapas, pueden existir diferentes combinaciones; como por ejemplo, si se requiere un sistema de tres etapas, puede utilizarse 3, 4 o 6 cilindros. El uso de varios cilindros para una etapa de compresión permite la selección de cilindros de menor tamaño, generalmente esto sucede con la primera etapa de compresión.

Partes de un compresor recíprocante:

- a. Cilindro: Es el recinto por donde se desplaza un pistón. Su nombre proviene de su forma, aproximadamente un cilindro geométrico.

Los cilindros para compresores usados en el proceso industrial son separables desde el almacén. Los cilindros deben estar equipados con camisas reemplazables. El propósito de las camisas es proveer una superficie renovada. Esto salva el costo de un cilindro completo antes de que se perfora por desgaste o ralladuras. Los cilindros son fabricados de una selección de materiales para particulares presiones y gases. Generalmente estas son fabricadas de fundición de hierro.

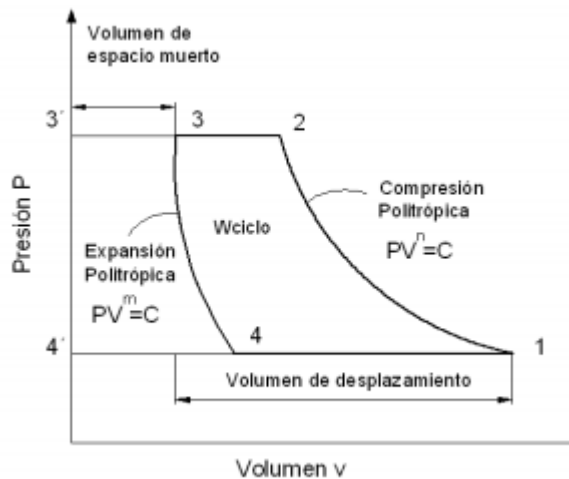
- b. Pistón: El pistón es una de las partes más simples, pero tiene la principal función de todas las partes del compresor, que es trasladar la energía desde el cigüeñal hacia el gas que se encuentra en los cilindros.

El pistón posee anillos de aceite y de presión. Este tipo de pistón es flotante. La designación y materiales usados para los pistones varían con la marca, el tipo, y aplicación del compresor. Estos son designados acorde al diámetro del cilindro, presión de descarga, velocidad de rotación del compresor, capacidad del compresor y requerimiento de carga del pistón.

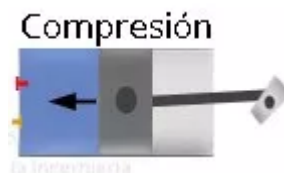
- c. Anillos del pistón: En los compresores reciprocantes se emplean anillos de compresión, anillos de aceite y anillos montantes. Los anillos de compresión se utilizan en todos los casos, mientras que el empleo de los anillos de lubricación y de los montantes dependerá del tipo de compresor y su servicio.
- d. Biela: La biela esta sujeta al cigüeñal y a la cruceta, esta transmite el movimiento alternativo desde el cigüeñal al pistón. La biela es normalmente construida de aleaciones de acero y debe tener una dura y pulida superficie particular, donde está en contacto con la empaquetadura en los cilindros de doble acción.
- e. Cigüeñal: Se encuentra instalado dentro de la montura y es el elemento que transmite la potencia del motor hacia las bielas.
- f. Cojinetes: La mayoría de los compresores utilizan cojinetes hidrodinámicos, el aceite entra al cojinete a través de los agujeros de suministro, que van perforados estratégicamente a lo largo de la circunferencia del cojinete que suministran y distribuyen formando una película de aceite en el contacto entre las partes móviles y estacionarias.
- g. Válvulas: Permiten la entrada y salida de gas al cilindro; en caso de cilindros de doble acción, existen válvulas de succión a ambos lados del cilindro, mientras que en cilindros de simple acción sólo se encuentran en un solo lado. Las válvulas pueden ser de placa, lengüeta y la más aplicada para gas natural la de discos concéntricos.

Funcionamiento del compresor:

El funcionamiento de los compresores reciprocantes se basa en un movimiento alternativo realizado por el conjunto biela-cruceta-pistón. Existen cuatro etapas durante el proceso que se dan en una vuelta del cigüeñal es decir en 360 grados.



1-2 Compresión, durante este proceso el pistón se desplaza desde el punto inferior, comprimiendo el gas hasta que la presión reinante dentro del cilindro sea superior a la presión de la línea de descarga (P_d). Las válvulas succión y descarga permanecen cerrada.



2-3 Descarga, luego de que la presión reinante dentro del cilindro sea superior a la presión de la línea de descarga (P_d) que es antes de que llegue al punto muerto superior, la válvula de escape se abre y el gas es descargado, mientras que la de succión permanece cerrada.



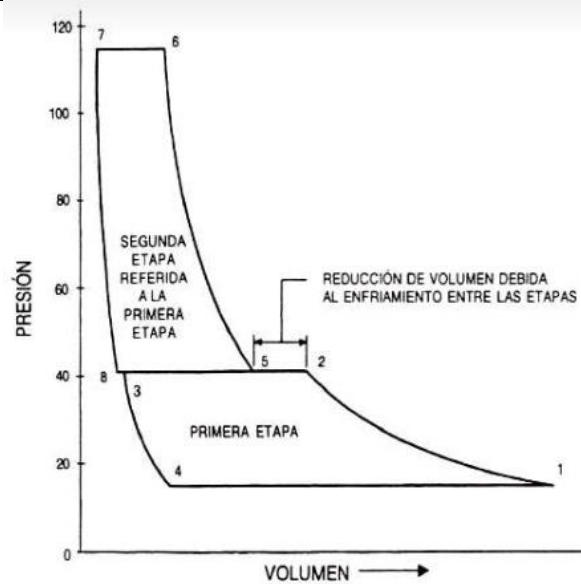
3-4 Expansión, durante este proceso el pistón se desplaza desde el punto muerto superior hasta que la válvula de succión se abra durante la carrera de retroceso o expansión, que será cuando la presión reinante en el interior del cilindro sea inferior a la presión del vapor de succión (P_s).



4-1 Succión, luego de que la válvula de succión se abrió, que es un poco después del punto muerto superior, ingresa el fluido, y el pistón se desplaza hasta el punto muerto inferior, al final de la carrera de succión, la velocidad del pistón disminuye hasta cero, igualándose las presiones del exterior y del interior del cilindro, la válvula de succión se cierra, la válvula de descarga permanece cerrada.



Funcionamiento del sistema de compresión de dos etapas:



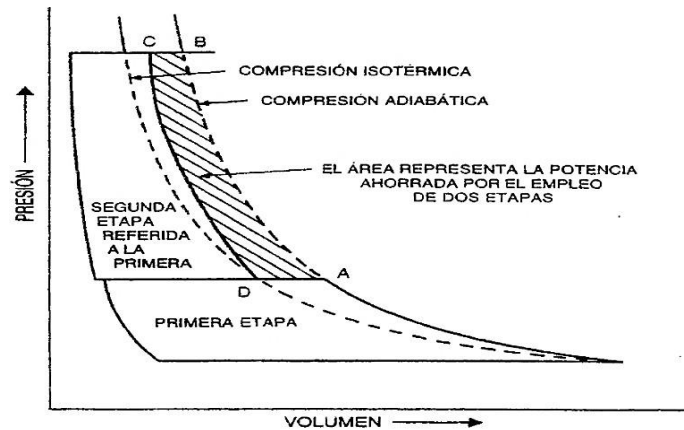
Todos los elementos básicos de los compresores, sin importar el tipo, tienen ciertas condiciones que limitan su operación, las siguientes son algunas de las limitaciones más importantes:

1. Temperatura de descarga.
2. Diferencial de presión.
3. Efecto del espacio libre.
4. El deseo de ahorrar energía.

Con frecuencia, un compresor recíprocante necesita un cilindro separado para cada etapa con un interenfriamiento del gas entre las etapas. La figura de la derecha muestra el diagrama combinado p V para un compresor de aire de 100 psig de dos etapas.

Si después de una compresión parcial, el gas se enfría a una temperatura igual a la temperatura original de aspiración (isotérmica de nuevo), es evidente que se reducirá la potencia necesaria en la segunda etapa. Para este caso en particular,

el área ABCD representa el ahorro de trabajo en una compresión adiabática de una sola etapa.

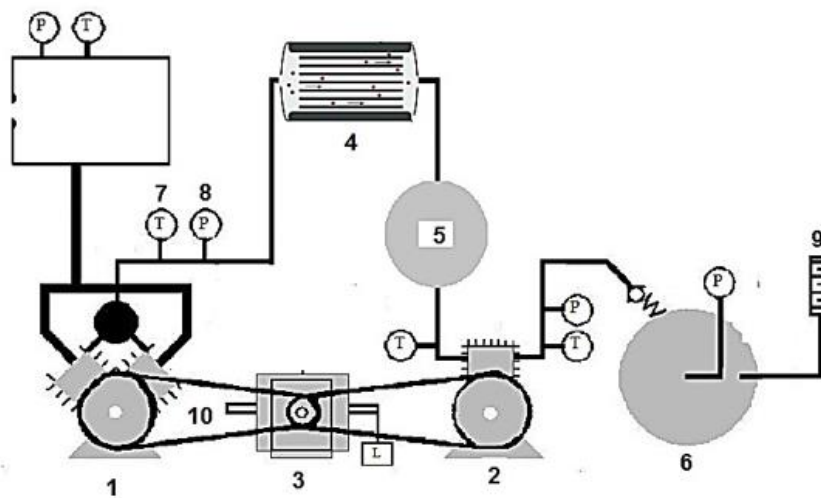


En un compresor recíprocante elemental de dos etapas, los cilindros se proporcionan de acuerdo con la relación de compresión, siendo la segunda etapa más pequeña ya que el gas, una vez que se ha comprimido y enfriado de manera parcial, ocupa un volumen menor que en la admisión de la primera etapa.

Al analizar el diagrama P-V, las condiciones antes de iniciar la compresión se indican en los puntos 1 y 5 para la primera y segunda etapa respectivamente; después que ha ocurrido la compresión, las condiciones se indican en los puntos 2 y 6, y después de la entrega, en los puntos 3 y 7.

La expansión del gas atrapado en el espacio libre a medida que el pistón regresa, se muestra en los puntos 4 y 8, y en la carrera de aspiración, los cilindros se llenan de nuevo en los puntos 1 y 5; en ese momento el ciclo está preparado para repetirse. Las etapas múltiples de cualquier compresor de desplazamiento positivo siguen este patrón.

Diagrama del banco:



1. Compresor de primera etapa.
2. Compresor de segunda etapa.
3. Motor trifásico.
4. Interenfriador aire –aire.
5. Tanque pulmón.
6. Tanque.
7. Sensor de temperatura.
8. Sensor de presión.
9. Silenciador.
10. Transmisión por correa.

Datos geométricos de los compresores:

Primera etapa:

MODELO	430-2065A
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Diám. Pistón (mm) x Cant.	65 x 2
Consumo L/min	330
CFM	11,65
Diám. Polea (Pulg)	10,5
Presión Máx. (PSI)	140
Desplazamiento (mm)	46
DIMENSIONES Y PESOS	
Largo x Ancho x Alto (mm)	400 x 285 x 335
Peso Neto (Kg.)	21

Segunda etapa:

MODELO	430-1065A
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Diám. Pistón (mm) x Cant.	65 x 1
Consumo L/min	150
CFM	5,30
Diám. Polea (Pulg)	7,5
Desplazamiento (mm)	38
DIMENSIONES Y PESOS	
Largo x Ancho x Alto (mm)	230 x 215 x 285
Peso Neto (Kg.)	9,2

6. Procedimiento

6.1. Verifique que el tanque final de almacenamiento de aire está totalmente descargado (observando el manómetro P4).



6.2. Acoplar en el eje del motor las poleas de 5,5 y 4 pulgadas para el compresor de primera y segunda etapa respectivamente.



6.3. Verificar que las tenciones de las bandas son adecuadas.



6.3.1. En caso que se encuentre destensionada, apretarla usando el tornillo que se encuentra en la base del compresor de segunda etapa. Compresor de segunda etapa (1), tornillo tensor de banda (2).



6.4. Encender el ventilador del sistema de refrigeración (2).

6.5. Encender el motor trifásico (1).



6.6. Mientras el motor se encuentre en funcionamiento debe mantenerse una distancia de seguridad de mínimo un metro entre los participantes y el banco de compresores para prevenir accidentes con los sistemas móviles.

6.7. Tarar la válvula de descarga del tanque final de almacenamiento en 100 psi (esto debe realizarse rotando la cabeza de la válvula de descarga).



6.8. Mantener el sistema en funcionamiento por 8 minutos mientras las temperaturas se estabilizan.

6.9. Tomar las lecturas de los termómetros y manómetros en los diferentes puntos de sistema y registrarlos en la tabla de datos.



6.10. Tarar la válvula de descarga en 110 psi (Rotando la cabeza de la válvula de seguridad).

6.11. Mantener el sistema en funcionamiento por 8 minutos mientras las temperaturas se estabilizan.

6.12. Tomar las lecturas de los termómetros y manómetros en los diferentes puntos de sistema y registrarlos en la tabla de datos.

6.13. Al terminar la toma de datos, apagar el motor y el ventilador.

6.14. Descargar el aire presurizado del tanque final de almacenamiento haciendo uso de la válvula de seguridad (tirando de la argolla en la espiga de la válvula de seguridad).

Tabla de datos:

Puntos del sistema	Presión del sistema 100 Psi.		Presión del sistema 110 Psi.	
	T [°C]	P [Psi]	T [°C]	P [Psi]
1				
2				
3				
4				

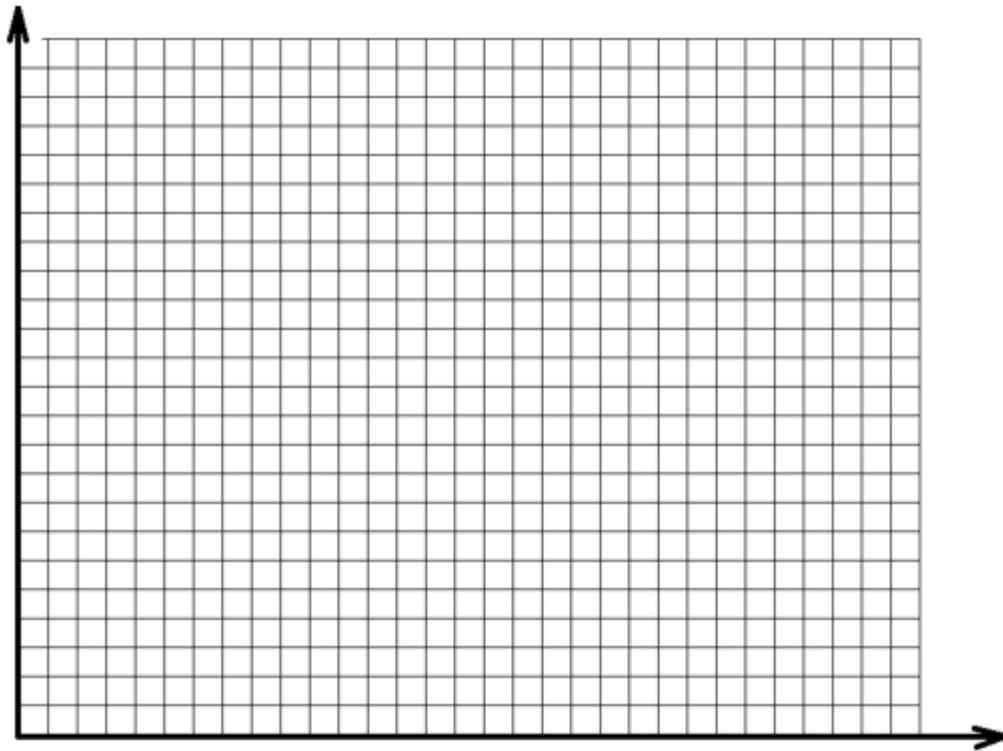
Puntos del sistema:

1. Ambiente.
2. Salida de la primera etapa.
3. Entrada de la segunda etapa.
4. Salida de la segunda etapa.

Tabla de resultados:

Primera etapa	V1 [cm3]	V2 [cm3]	V3 [cm3]	V4 [cm3]
Segunda etapa	V5 [cm3]	V6 [cm3]	V7 [cm3]	V8 [cm3]

6.15. Después de realizar los cálculos y encontrar los valores de los volúmenes para cada punto, realizar el diagrama P-V para el ciclo de compresión en dos etapas.



6.16. Señalar en la gráfica: el área que representa el ahorro de potencia, el área que representa la energía consumida por el compresor 1 y la energía consumida por el compresor 2.

6.17. Realizar la comparación entre un diagrama P-V de un sistema de compresión real y uno teórico, que diferencia se encuentran y a que se deben estas diferencias.

7. Cuestionario

1. ¿Cómo se pueden clasificar los compresores alternativos?
2. ¿Cuáles son las principales aplicaciones de los compresores alternativos?

3. ¿Cuáles son las principales causas de averías en los compresores alternativos?

 		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS		
Práctica 6: Visita TRIENERGY			Profesor: Jorge Luis Chacón V.	
Auxiliar:		Fecha:		Página: 1 de 3
Nombre:		Código:		Calificación:
1. Objetivos de la práctica				
1. Conocer las instalaciones y modo de operación de la empresa TRIENERGY en las instalaciones de Bucaramanga. 2. Determinar de manera adecuada las dependencias e instalaciones de un taller dedicado al mantenimiento y reparación de motores de combustión interna. 3. Fortalecer los lazos de la universidad con empresas para brindarle al estudiante un enfoque técnico que le permita conocer y profundizar en áreas del mercado laboral en el cual se va a desempeñar.				
2. Introducción				
TRIENERGY S.A. es una empresa que entro en funcionamiento a partir del año 1974 con el objetivo de brindar soluciones en las áreas de generación de energía, accionamiento para maquinaria (transporte, construcción, agrícola, petróleo & gas), y sistemas de bombeo. En el área de motores se enfocan en la reparación y mantenimiento siendo los distribuidores y encargados a nivel nacional de la marca CUMMINS proporcionándoles opciones de calidad y confianza a sus clientes.				
3. Aplicaciones de la práctica				

Con esta visita técnica, el estudiante tendrá un acercamiento al desempeño laboral que puede realizar un ingeniero mecánico en el campo del mantenimiento de motores de combustión interna, entre otras actividades que realiza la empresa.

4. Materiales y equipo a utilizar

- ✓ Guía de la visita técnica.
- ✓ Información referente a la empresa.

5. Fundamentos teóricos

Motor de combustión interna: Es un motor de explosión o motora pistón que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de la cámara de combustión.

Motor de cuatro tiempos: Es un motor de combustión interna alternativo tanto de ciclo Otto como ciclo del diésel, que precisa cuatro carreras del pistón o émbolo (dos vueltas completas del cigüeñal) para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos son: admisión, compresión, combustión o explosión y escape.

Ciclo Otto: Es el ciclo termodinámico que se aplica en los motores de combustión interna de encendido provocado por una chispa eléctrica (motores de gasolina, etanol, gases derivados del petróleo u otras sustancias altamente volátiles e inflamables). Se caracteriza porque en una primera aproximación teórica, todo el calor se aporta a volumen constante.

Ciclo Diésel: Es el ciclo ideal para motores de encendido por compresión. La bujía es sustituida por un inyector de combustible en los motores diésel. En este motor se asume que la adición de calor se produce durante un proceso a presión constante que se inicia con el pistón en el punto muerto superior.

Mantenimiento preventivo: Es el que nos informa permanentemente el estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de

determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.),

Mantenimiento correctivo: Es el número de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al área encargada de mantenimiento por los operarios de los mismos.

Mantenimiento predictivo: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

6. Cuestionario

1. ¿Cuál es la estructura organizacional de Trienergy?
2. ¿cuáles actividades de mantenimiento y reparación de MTA se realizan en la Empresa? ¿Cuáles?
3. ¿A qué tipo de motores les presta servicio Trienergy?
4. Para un cierto motor específico marca CUMMIS, identificar y describir brevemente las actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Explicar con fotos, datos, ficha técnica, etc.

 		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS		
Práctica 7: El Carburador			Profesor: Jorge Luis Chacón V.	
Auxiliar:		Fecha:		Página: 1 de 13
Nombre:		Código:		Calificación:
1. Objetivos de la práctica				
1. Conocer el funcionamiento y las partes que componen el carburador. 2. Aprender a utilizar correctamente el analizador de gases para determinar la relación aire-combustible en el motor. 3. Aplicar un mantenimiento básico al carburador.				
2. Introducción				
Se conoce con el nombre de carburación al proceso de formación de la mezcla gasificada en la correcta relación aire/combustible en cada uno de los puntos de funcionamiento del motor. Dicha mezcla es realizada por el carburador, pieza que es de gran importancia en los motores de ignición por chispa, este es uno de los primeros sistemas de alimentación que se utilizó, es por eso que esta práctica de laboratorio hace énfasis al carburador y todo lo que este involucra, a pesar de que en la actualidad este siendo reemplazado por sistemas de inyección.				
3. Aplicaciones de la practica				
Al finalizar esta práctica, el estudiante tendrá conocimientos acerca del funcionamiento y mantenimiento de los carburadores, los cuales son pieza fundamental en gran parte de los motores de combustión interna que aún se encuentran vigentes hoy en día, siendo estos aplicados en gran parte a motocicletas y algunos vehículos antiguos.				

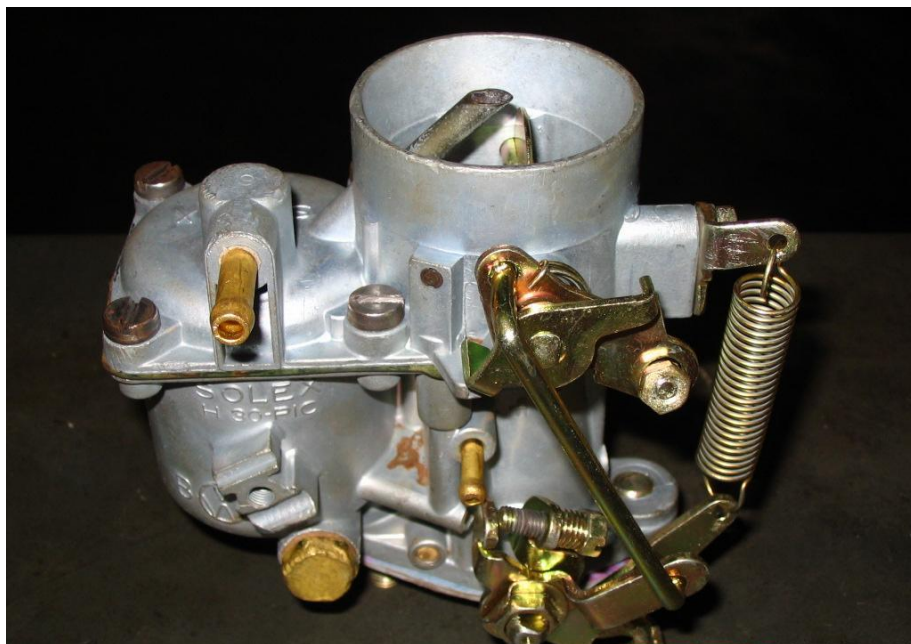
4. Materiales y equipo a utilizar

- ✓ Carburador.
- ✓ Destornillador.
- ✓ Alicate.
- ✓ Carburador en corte.

5. Fundamentos teóricos

El Carburador

Figura 1. El carburador



Un carburador es el aparato mecánico que se encarga de mezclar el aire con el combustible en aquellos motores de gasolina. Esta mezcla se hace en proporciones exactas para que así el motor logre trabajar a una adecuada potencia y así active el funcionamiento del vehículo.

Estas proporciones se llaman como factor lambda, donde se calcula que por cada 10,000 litros de aire hay un litro de gasolina. La mezcla obtenida se conoce como

mezcla estequiométrica, la cual puede ser pobre cuando el factor λ es mayor a 1, o rica cuando es menor de 1.

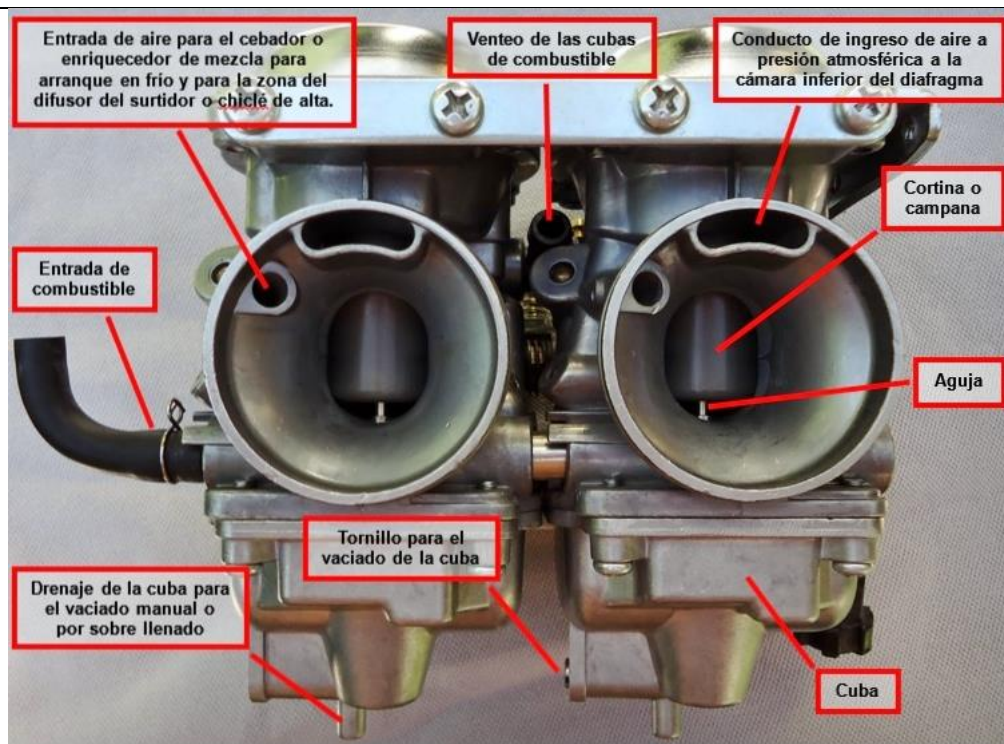
La formación de la mezcla en motores de ignición por chispa (M.I.C) requiere el control de las siguientes funciones que son realizadas por el carburador:

- ✓ Dosificación de la mezcla en cuanto a cantidad y composición de la misma.
- ✓ Preparación de la mezcla.
- ✓ Transporte de la mezcla.
- ✓ Distribución de la mezcla.

Partes del carburador:

El carburador está compuesto por múltiples partes, así que es de entenderse que no es una pieza sólida y completa, sino más bien está conformado por muchas partes las cuales uniéndose en perfecto equilibrio y exactitud hacen lo que conocemos como el carburador. Estas partes son:

Figura 2. Partes del carburador.



Cuba: Es un depósito que contiene el nivel de combustibles a la salida del surtidor. Es aquí que llega el combustible por la acción de la bomba de combustible, donde se mantiene siempre a un nivel que es adecuado para el carburador, éste siempre estará a de 1-3 cm por debajo de la salida del surtidor, donde para mantener dicho nivel posee un flotador o boya.

Su principal función es mantener constante este nivel de combustible en la salida del surtidor.

Chimeneas: Se trata de unos conductos por donde pasa el combustible desde la cuba al difusor. Por medio de esta se logra controlar el caudal de una forma estática, o sea, el caudal se llega a fijar y por consiguiente no puede moverse.

Surtidor: Es la parte que va junto a la cuba, la cual recibe el combustible hasta un determinado nivel. Se presenta como un tubo calibrado que está en la parte interna de la canalización, por donde llega a pasar el aire del carburador.

Cuerpo del Carburador: Se trata de una pieza de fundición donde se llegan a colocar cada uno de los subcomponentes del ensamblaje. Posee un agujero principal el cual se conoce como difusor, a este es que llegan las chimeneas que proceden de la cuba. El difusor posee un diámetro que logra marcar el tamaño del carburador.

Colector de aire y difusor: Parte que se une al filtro de aire y al colector de admisión del motor. Está a la vez se encuentra unido al difusor, que se muestra como un estrechamiento que logra incrementar la velocidad de paso del aire consiguiendo así que el combustible circule perfectamente a través del surtidor.

Campana: Es la parte del carburador que se encarga de la apertura del difusor.

Válvula de mariposa: Parte del carburador que se encarga de regular y de controlar la mezcla aire-combustible y el paso del aire. Esta válvula comienza a trabajar desde que la persona pisa el acelerador. Esta se conecta al pedal a través de un cable de tracción.

Al momento de esta válvula abrir se produce una depresión en el motor que hace mover a la campana.

Circuito de Ralentí: Es un derivado del carburador elemental, donde ofrece el caudal de mezcla requerido para vencer las resistencias que son pasivas del motor. Este se mantiene funcionando hasta el momento en que el circuito principal funcione.

Chiclé: Es la parte del carburador que se encarga de acorta el paso máximo del combustible por medio de la chimenea. Su aspecto es como el de los tornillos pero es hueco.

Bomba de Aceleración: Con esta se logra obtener una aceleración mucho más rápida al momento en que el usuario pisa el pedal. De esta existen varios tipos, como son:

- ✓ Bomba de aceleración de membrana: compuesta por un tubo que inyecta el combustible, el cual posee una boca de salida en la parte interna del colector de aire.
- ✓ Bomba de aceleración de émbolo: hace uso de un émbolo que es movilizado por la mariposa de gases quien aspira combustible por medio de una válvula antirretorno que logra llevar la cámara de bombeo o el cilindro.

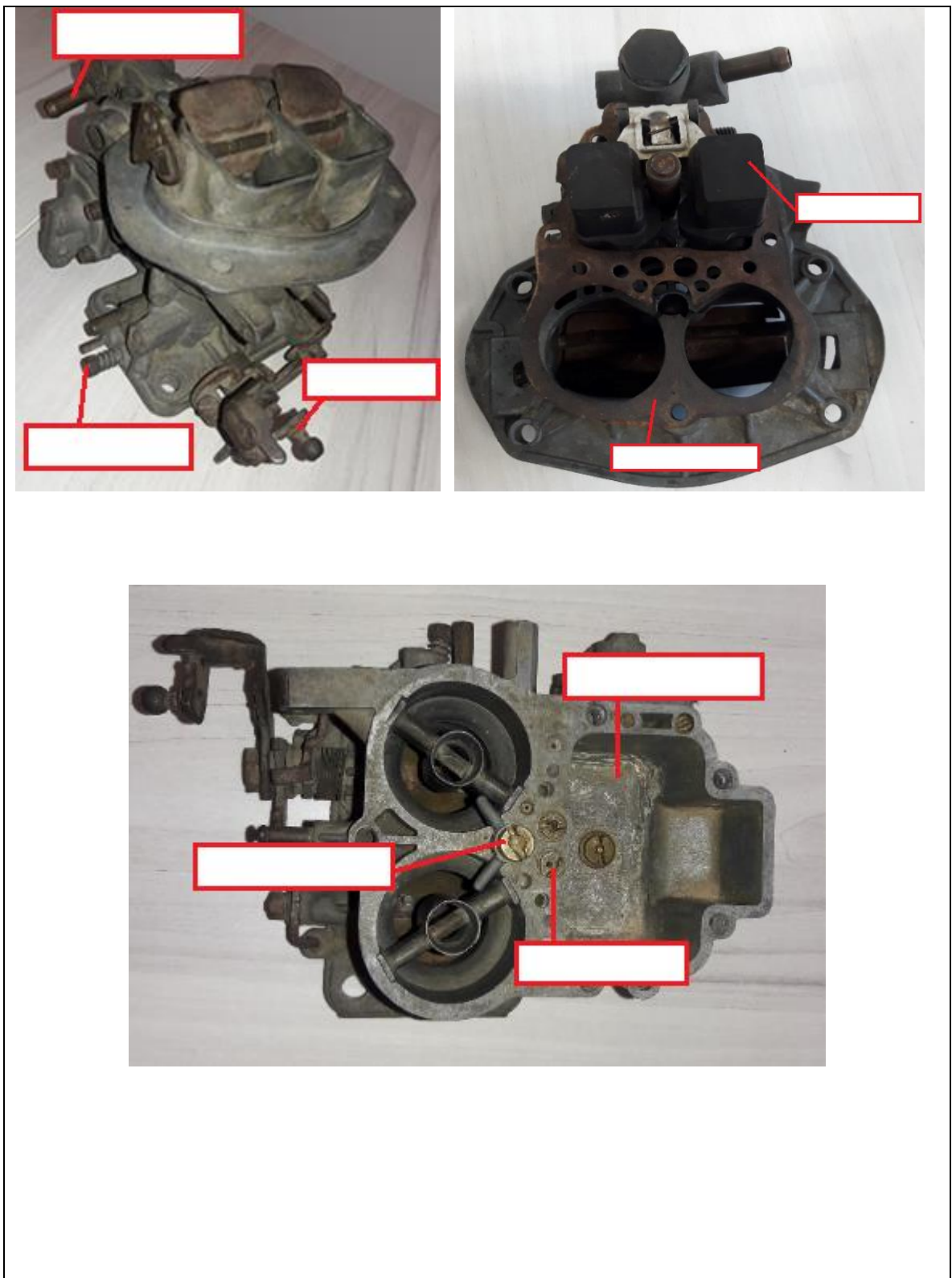
Aguja: Se distingue por su forma cónica, donde su punta es lo que entra en la chimenea, mientras que su otro extremo va en el circuito secundario. Con esta se logra cerrar el paso de gasolina cuando el vehículo está en reposo.

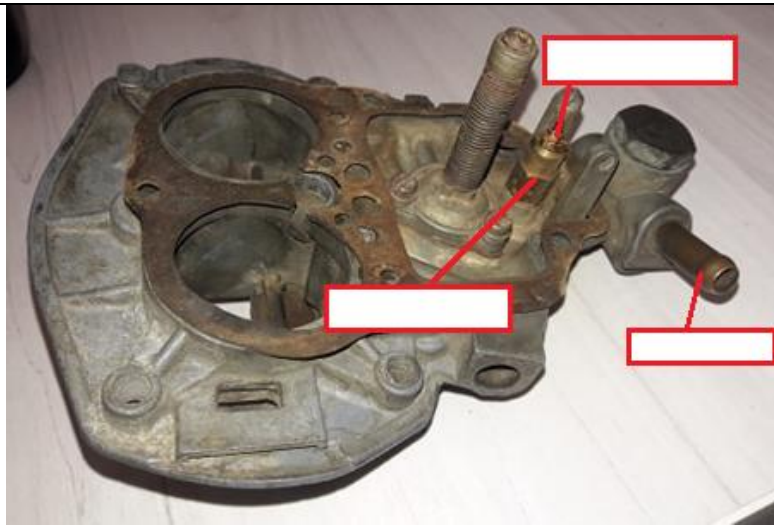
Se recomienda revisar el siguiente material videográfico del Instituto Tecnológico de Capacitación Automotriz ITCA, en donde se explica a detalle el funcionamiento del carburador:

- ✓ https://www.youtube.com/watch?v=xqX5WR4s2RQ&fbclid=IwAR1XU1Mwe8x2BqVwvp9u147pYq5FeaS2_TWc5njVhHd7h6H89q8Xk7iD_Ww
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=thRiaaZe9zo>

6. Procedimiento

6.1. Tome el carburador dado en el laboratorio y proceda a realizar la identificación de partes señaladas en las imágenes:





6.2. Una vez que identifique las partes del carburador en cuestión, mencione 3 fallas que este posea y de posibles soluciones a las mismas.

6.3. Mencione al menos dos partes que le hagan falta al carburador en cuestión.

7. Cuestionario

1. ¿Cuáles son las principales fallas que se presentan en el carburador y como se pueden corregir?
2. ¿A qué se debe que el carburador ya no se use con la tanta frecuencia?
3. Realice un cuadro comparativo entre el sistema de carburación y el sistema de inyección, nombre ventajas y desventajas de cada uno.
4. ¿Qué sucede si la mezcla realizada en el carburador no está en proporciones correctas de combustible y aire?
5. ¿Cómo se clasifican los carburadores? De una breve explicación de cada uno.

6. ¿De qué materiales están hechos los principales elementos del carburador?

 		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS		
Práctica 8: Simulación de ciclos			Profesor: Jorge Luis Chacón V.	
Auxiliar:		Fecha:		Página: 1 de 11
Nombre:		Código:		Calificación:
1. Objetivos de la práctica				
1. El objetivo principal de esta práctica consiste en que el estudiante reconozca la importancia que tienen los software para realizar estudios sobre los procesos termofluidodinámicos en M.C.I. 2. Identificar las características más importantes del ciclo Otto cuando se trabaja con diferentes tipos de combustibles. 3. Al final de la práctica el alumno estará en capacidad de realizar estudios paramétricos simples en los ciclos de trabajo, a la hora de realizar posibles modificaciones sobre un MCI. 4. En esta práctica se estudiara los fenómenos involucrados en los ciclos reales de trabajo de los MCI, así como también la influencia de los diferentes parámetros de estos ciclos.				
2. Introducción				
La transformación de energía calorífica en mecánica en el MCI es un proceso complejo. Su realización en condiciones reales está ligada con el surgimiento de pérdidas adicionales que se consideran en la segunda ley de la termodinámica. El ciclo Otto es el ciclo termodinámico ideal que se aplica en los Motores de Combustión Interna de encendido provocado (motores de gasolina), se caracteriza porque en una primera aproximación teórica, todo el calor se aporta a volumen constante.				

En esta práctica usaremos como herramienta, el proyecto de grado MODELAMIENTO Y SIMULACION DE LOS CICLOS TERMODINAMICOS Y LAS EMISIONES EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA para su realización.

3. Aplicaciones de la práctica

Las aplicaciones en esta práctica están en el manejo de programas informáticos para realizar estudios de parámetros en M.C.I. y con estos hacer posibles modificaciones al motor.

4. Materiales y equipo a utilizar

- ✓ Literatura relacionada con simulación de ciclos del MCI.
- ✓ Programa informático SIMULATION 4T ENGINE1.0

5. Fundamentos teóricos

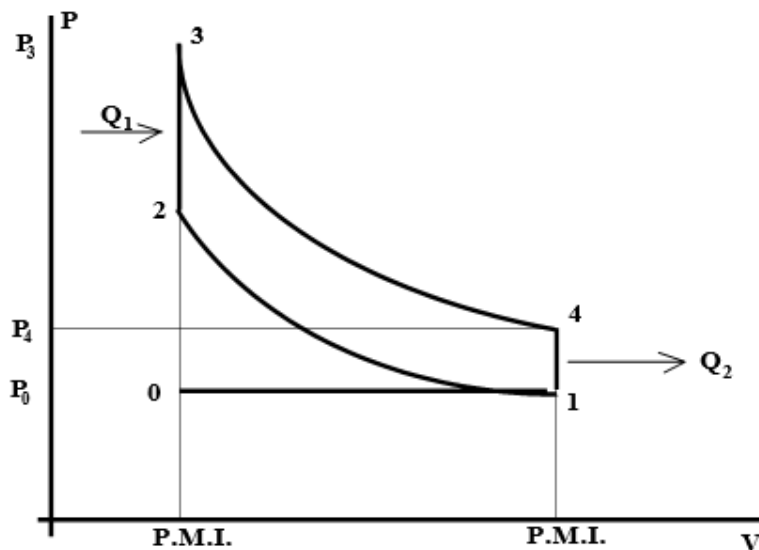
A continuación se describe brevemente los ciclos teóricos Otto y Diésel:

5.1. Ciclo teórico Otto

El motor a gasolina, también conocido como motor Otto, es el más empleado en la actualidad, y realiza la transformación de energía calorífica en mecánica fácilmente utilizable en cuatro fases, durante las cuales un pistón que se desplaza en el interior de un cilindro efectúa cuatro desplazamientos o carreras alternativas y, gracias a un sistema biela-manivela, transforma el movimiento lineal del pistón en movimiento de rotación del árbol cigüeñal, realizando este dos vueltas completas en cada ciclo de funcionamiento.

El ciclo Otto teórico representado gráficamente en un diagrama **P-V**, en la figura 1, se puede considerar ejecutado según las transformaciones termodinámicas que se presentan a continuación:

Figura 1. Diagrama P-V de un ciclo Otto teórico.



5.1.1. Admisión: Se supone que la circulación de los gases desde la atmósfera al interior del cilindro se realiza sin rozamiento, con lo que no hay pérdida de carga y, por tanto, la presión en el interior del cilindro durante toda esta carrera se mantiene constante e igual a la atmosférica

5.1.2. Compresión: Se supone que, como se realiza muy rápidamente, el fluido operante no intercambia calor con el medio exterior, por lo que la transformación puede ser considerada a calor constante.

5.1.3. Combustión: Se supone que salta la chispa y se produce una combustión instantánea del combustible, produciendo una cantidad de calor Q_1 (figura 1). Al ser tan rápida se puede suponer que el pistón no se ha desplazado, por lo que el volumen durante la transformación se mantiene constante.

5.1.4. Trabajo: Se supone que debido a la rapidez de giro del motor los gases quemados no tienen tiempo para intercambiar calor con el medio exterior, por lo que se puede considerar que sufren una transformación a calor constante.

5.1.5. Primera fase del escape: Se supone una apertura instantánea de la válvula de escape, lo que genera una salida tan súbita de gases del interior del cilindro y una pérdida de calor Q_2 , (figura 1), que permite considerar una transformación a volumen constante.

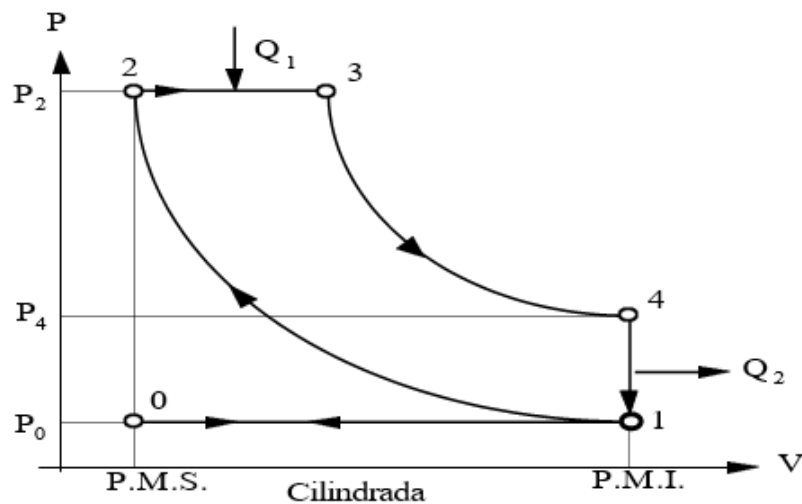
5.1.6. Segunda fase del escape: El pistón al desplazarse hacia el P.M.S., (figura 1), provoca la expulsión de gases remanentes en el interior del cilindro, y se supone que los gases quemados no ofrecen resistencia alguna para salir a la atmósfera, por lo que la presión en el interior del cilindro se mantiene constante e igual a la atmosférica.

5.2. Ciclo Diésel teórico:

El motor Diésel de cuatro tiempos tiene una estructura semejante a los motores de explosión, salvo ciertas características particulares. El pistón desarrolla cuatro carreras alternativas mientras el cigüeñal gira 720° . Como el motor de ciclo Otto, realiza el llenado y evacuación de gases a través de dos válvulas situadas en la culata, cuyo movimiento de apertura y cierre está sincronizado con el cigüeñal a través del sistema de distribución por el árbol de levas.

En la figura 11.2 se representa gráficamente, en un diagrama **P-V**, el ciclo Diésel teórico

Figura 2. Diagrama P-V del ciclo Diésel teórico



5.2.1. Admisión: Durante la admisión se supone que el cilindro se llena totalmente de aire que circula sin rozamiento por los conductos de admisión, por lo que se puede considerar que la presión se mantiene constante e igual a la presión atmosférica. Es por lo que esta carrera puede ser representada por una transformación isóbara. $P = K$.

5.2.2. Compresión: Durante esta carrera el aire es comprimido hasta ocupar el volumen correspondiente a la cámara de combustión y alcanza en el punto **(2)**, (figura 2), presiones del orden de 50 kp/cm². Se supone que por hacerse muy rápidamente no hay que considerar pérdidas de calor, por lo que esta transformación puede considerarse adiabática. La temperatura alcanzada al finalizar la compresión supera los 600 °C, que es la temperatura necesaria para producir auto inflamación del combustible sin necesidad de chispa eléctrica.

5.2.3. Inyección y combustión: Durante el tiempo que dura la inyección, el pistón inicia su descenso, pero la presión del interior del cilindro se supone que se mantiene constante, transformación isóbara, debido a que el combustible que entra se quema progresivamente a medida que entra en el cilindro, compensando

el aumento de volumen que genera el desplazamiento del pistón. Esto se conoce como retraso de combustión.

Terminada la inyección se produce una expansión **(3-4)**, (figura 2), la cual como la compresión se supone que se realiza sin intercambio de calor con el medio exterior, por lo que se considera una transformación adiabática. La presión interna desciende a medida que el cilindro aumenta de volumen.

5.2.4. Primera fase del escape: En el punto **(4)**, (figura 2), se supone que se abre instantáneamente la válvula de escape y se supone que los gases quemados salen tan rápidamente al exterior, que el pistón no se mueve, por lo que se puede considerar que la transformación que experimentan es una isocora. La presión en el cilindro baja hasta la presión atmosférica y una cantidad de calor **Q_2** , (figura 2), no transformado en trabajo es cedido a la atmósfera.

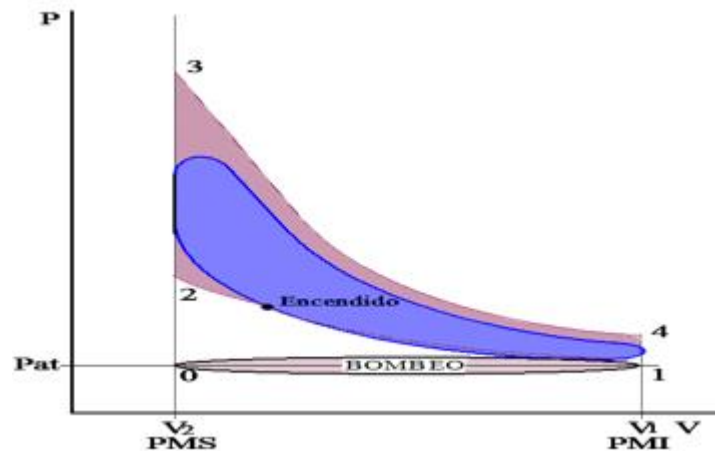
5.2.5. Segunda fase del escape: Los gases residuales que quedan en el interior del cilindro son expulsados al exterior por el pistón durante su recorrido **(1-0)**, (figura 2), hasta el P.M.S., (figura 2). Al llegar a él se supone que de forma instantánea se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión para iniciar un nuevo ciclo. Como se supone que no hay pérdida de carga debida al rozamiento de los gases quemados al circular por los conductos de escape, la transformación **(1-0)**, (figura 2), puede ser considerada como isóbara.

Como se puede observar, este ciclo difiere del ciclo Otto en que la aportación de calor se realiza a presión constante, con una carrera de trabajo menos efectiva debido al retraso de la combustión

5.3. Ciclo real en M.C.I:

Ciclo real es el que refleja las condiciones efectivas de funcionamiento de un motor. En la figura 3 se observa gráficamente, en un diagrama **P-V**, el ciclo Otto real y teórico simultáneamente

Figura 3. Ciclos Otto teórico y real.



Las diferencias que surgen entre el ciclo real y el ciclo teórico, tanto en los motores de ciclo Otto, como en los de ciclo Diésel, están causadas por:

5.3.1. Pérdidas de calor: las cuales son bastante importantes en el ciclo real, ya que al estar el cilindro refrigerado, para asegurar el buen funcionamiento del pistón, una cierta parte de calor del fluido se transmite a las paredes, y las líneas de compresión y expansión no son adiabáticas sino poli trópicas, con exponente n , diferente de γ .

5.3.2. Tiempo de apertura y cierre de la válvula de admisión y de escape: Aunque en el ciclo teórico se supuso que la apertura y cierre de válvulas ocurría instantáneamente, al ser físicamente imposible, esta acción tiene lugar en un tiempo relativamente largo, por lo que, para mejorar el llenado y vaciado del cilindro, las válvulas de admisión y de escape se abren con anticipación lo que provoca una pérdida de trabajo útil.

5.3.3. Combustión no instantánea: Ya que aunque en el ciclo teórico se supone que la combustión se realiza según una transformación isocora instantánea, en el ciclo real la combustión dura un cierto tiempo. Por ello, si el encendido o la

inyección tuviesen lugar justamente en el P.M.S., la combustión ocurriría mientras el pistón se aleja de dicho punto, con la correspondiente pérdida de trabajo.

5.3.4. Pérdidas por bombeo: Las cuales aunque en el ciclo teórico se supone que tanto la admisión como el escape se realizan a presión constante, considerando que el fluido activo circula por los conductos de admisión y escape sin rozamiento, en el ciclo aparece una pérdida de carga debida al rozamiento, que causa una notable pérdida energética.

Cabe destacar que en los motores Diésel las pérdidas por bombeo son inferiores a las que se producen en los de ciclo Otto, pues no hay estrangulamiento al paso del aire durante la admisión ya que estos motores no utilizan carburador.

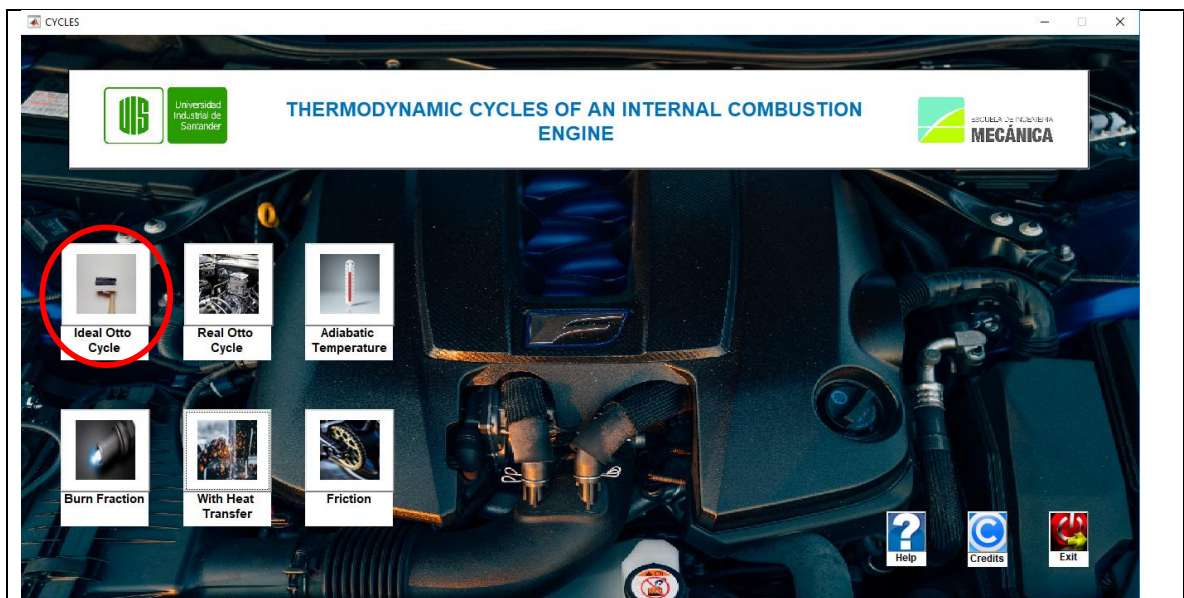
6. Procedimiento

A continuación se describen los pasos para llevar a cabo la práctica.

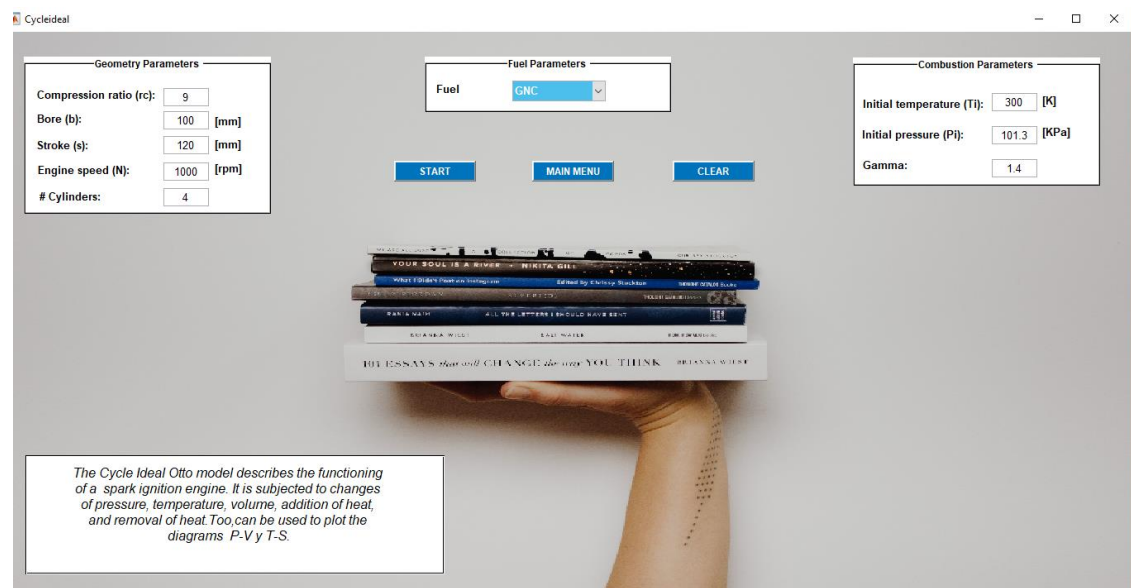
6.1 Proceda a acceder al programa de Matlab y abra la interfaz del software SIMULATION 4T ENGINE1.0:



6.2. Haga clic sobre el icono correspondiente a ciclo ideal Otto



6.3. Una vez abierta esta interfaz proceda a completar los espacios con los siguientes datos y ejecute el programa:



Radio de compresión: 9

Diámetro: 100

Carrera: 120

Velocidad del motor: 1000

#Cilindros: 4

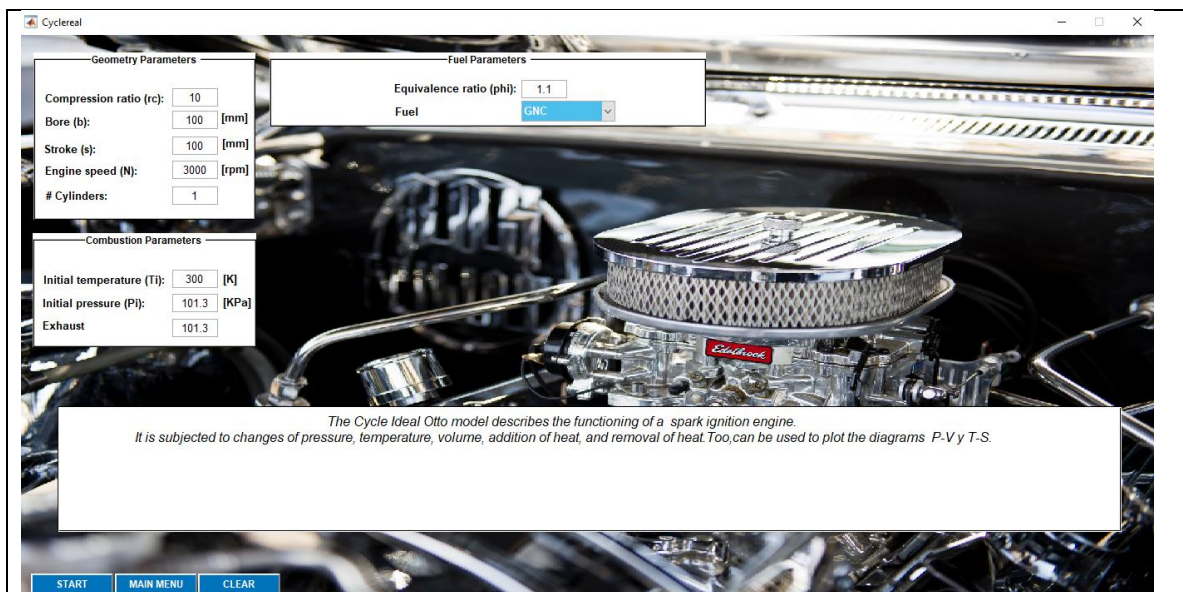
Combustible: Realizar con 3 tipos distintos.

Tome nota de los resultados y graficas obtenidas.

6.4. Realice el mismo procedimiento para el programa correspondiente al ciclo real Otto.



6.5. Haga una comparación de ambos ciclos con cada uno de los combustibles seleccionados y concluya porque se presentan estas diferencias entre un ciclo y otro.



Combustible	Ciclo ideal	Ciclo real	% Diferencia

6.6. Usando el botón de temperatura adiabática, calcule la temperatura de flama adiabática MAXIMA para cada uno de los combustibles que contiene el software.

Combustible	Temperatura de llama adiabática [K]
GNC	
Gasolina	
CH4 80%	
Biogás 55%	
Biogás 60%	
Biogás 65%	
7. Cuestionario	
1. ¿Cuáles son las principales pérdidas por fricción que se presentan en un motor? 2. ¿Cuándo se da la temperatura de flama adiabática máxima? 3. Según los datos obtenidos en el software a que se debe que no sean comúnmente usados los combustibles alternativos a la gasolina.	

 		LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS		
Práctica 9: Inyección de gasolina			Profesor: Jorge Luis Chacón V.	
Auxiliar:		Fecha:		Página: 1 de 13
Nombre:		Código:		Calificación:
1. Objetivos de la práctica				
1. Reconocer el principio de funcionamiento de los diferentes sistemas de alimentación de combustible en M.C.I. 2. Identificar los distintos elementos que componen el B.S.I.C en M.C.I y su funcionamiento. 3. Estudiar las posibles fallas que se pueden presentar en el B.S.I.C en M.C.I.				
2. Introducción				
La inyección de combustible es un sistema de alimentación de motores de combustión interna, que reemplaza al carburador en los motores de explosión, que es el que usan prácticamente todos los automóviles europeos desde 1990, debido a la obligación de reducir las emisiones contaminantes y para que sea posible y duradero el uso del catalizador a través de un ajuste óptimo del factor lambda.				
3. Aplicaciones de la práctica				
4. Materiales y equipo a utilizar				
✓ Banco de inyección electrónica. B.S.I.E. ✓ Literatura relacionada con los sistemas de inyección.				

5. Fundamentos teóricos

La misión del sistema de alimentación en un M.C.I. es la de proporcionar el combustible y el aire necesario para su funcionamiento.

5.1. Alimentación en motores a gasolina

Los motores a gasolina en la actualidad tienen sistemas de inyección que desplazaron a los carburadores debido a que cumplen mejor con su cometido, que es proporcionar la cantidad justa de combustible en cada momento. Reducen el consumo y se ajustan mejor a las normativas vigentes de emisión de gases de escape.

Esta forma de alimentación en los motores Otto, que hasta hace pocos años sólo se utilizaba en vehículos de avanzado desarrollo tecnológico, ha terminado imponiéndose y hoy es la más usual. Consiste en utilizar un sistema de inyección de combustible que lo pulveriza finamente mezclándolo con el aire aspirado por los cilindros en sus tiempos de admisión. La mezcla así formada pasa al interior de los cilindros y se mezcla íntimamente con el aire durante los tiempos de admisión y compresión. Esta forma de hacer la mezcla reduce la pérdida de energía por bombeo y evita los problemas que ligan al carburador con las diversas condiciones de funcionamiento del motor, que no siempre coinciden con las variaciones de depresión que aparecen en el difusor.

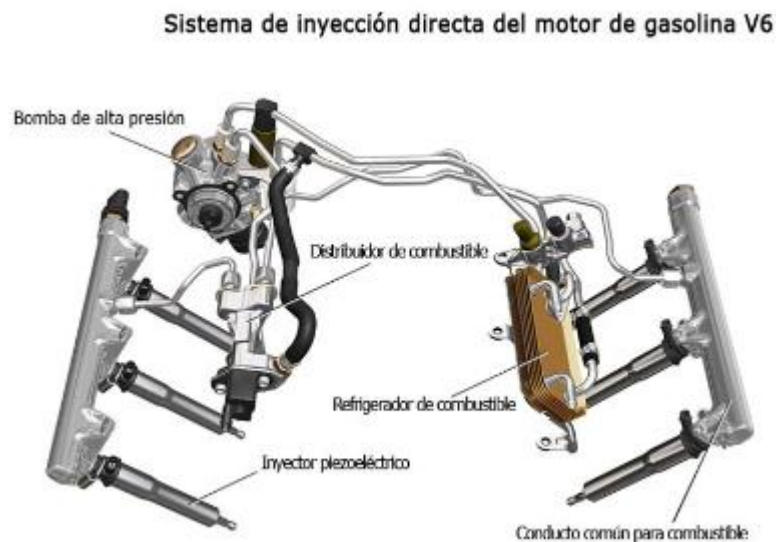
Además de conseguir un mejor llenado de los cilindros, y una mejor dosificación de la mezcla, ya que se inyecta siempre la cantidad justa y suficiente para el buen funcionamiento del motor, los motores con alimentación mediante inyección del combustible tienen un menor consumo específico y ofrecen mejor aceleración y deceleración, ya que la inyección responde instantáneamente a las variaciones de régimen.

Normalmente la inyección del combustible se hace en el colector de admisión, lo que ofrece un montaje sencillo que requiere poca presión, si bien por las ventajas

que ofrece, pues se evitan pérdidas de combustible por el escape, están apareciendo motores de inyección directa que sitúan el inyector en la culata, de forma que la inyección del combustible se realice directamente en el cilindro cuando se ha sobrepasado el cruce de válvulas.

El conjunto se compone esencialmente de un circuito de alimentación del combustible y de un circuito electrónico dotado de un microprocesador que recibe las señales obtenidas con sensores de alta sensibilidad, las procesa y permite suministrar exactamente la cantidad necesaria de combustible.

Figura 1. Inyección en motores a gasolina.



5.2. Alimentación de los motores Diésel

De igual forma que los motores de ciclo Otto, los Diésel requieren un filtrado exhaustivo del aire que utilizan en la admisión.

Hay tres sistemas de inyección en los motores Diésel: Pre-combustión, inyección directa e inyector-bomba.

5.2.1. Pre-combustión.

El sistema de cámara de pre-combustión se encuentra principalmente en motores más antiguos. Se utiliza una bomba de inyección clásica que contiene realmente unos pistones que impulsan el combustible de cada cilindro por separado, este sale por tuberías separadas para cada uno de los cilindros, donde entra en unas toberas con un agujero en la punta donde sale el combustible pulverizado a una pre-cámara montada en la culata, donde se inicia la combustión que luego sale al cilindro impulsada por su propio calor. Hay bujías incandescentes o calentadores montadas en las pre-cámaras que sirven para calentar el aire y favorecer el arranque del motor.

5.2.2. Inyección directa.

Funciona de la misma manera que el anterior con la única diferencia que no existen las pre-cámaras, es decir el inyector pulveriza el combustible directamente en el cilindro que tiene un rebaje especial en su cabeza que favorece la mezcla del aire-combustible.

La ventaja de este sistema sobre el anterior es que consume un poco menos de combustible, no necesita bujías de precalentamiento, puesto que arranca fácilmente. Desde el punto de vista de fabricación tiene también la ventaja de que es más fácil de construir el motor.

5.2.3. Inyector-Bomba.

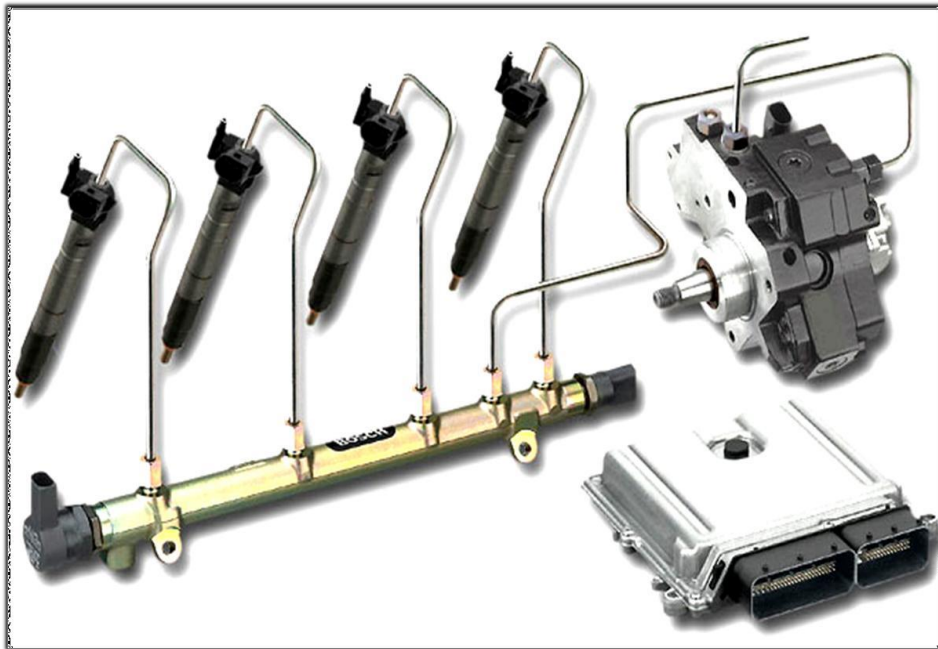
Este sistema es el más moderno que se utiliza en la actualidad. Sobre cada cilindro tiene un inyector que lleva incorporada una bomba de inyección de alta presión. No necesita llevar tuberías de alta presión a los inyectores, con lo que se consigue que las presiones de inyección se puedan aumentar drásticamente, esto redundará en una mejor pulverización del combustible y un mayor rendimiento del mismo.

Se usa una leva adicional en la culata para presionar el cilindro del inyector-bomba.

5.2.4. Common-Rail.

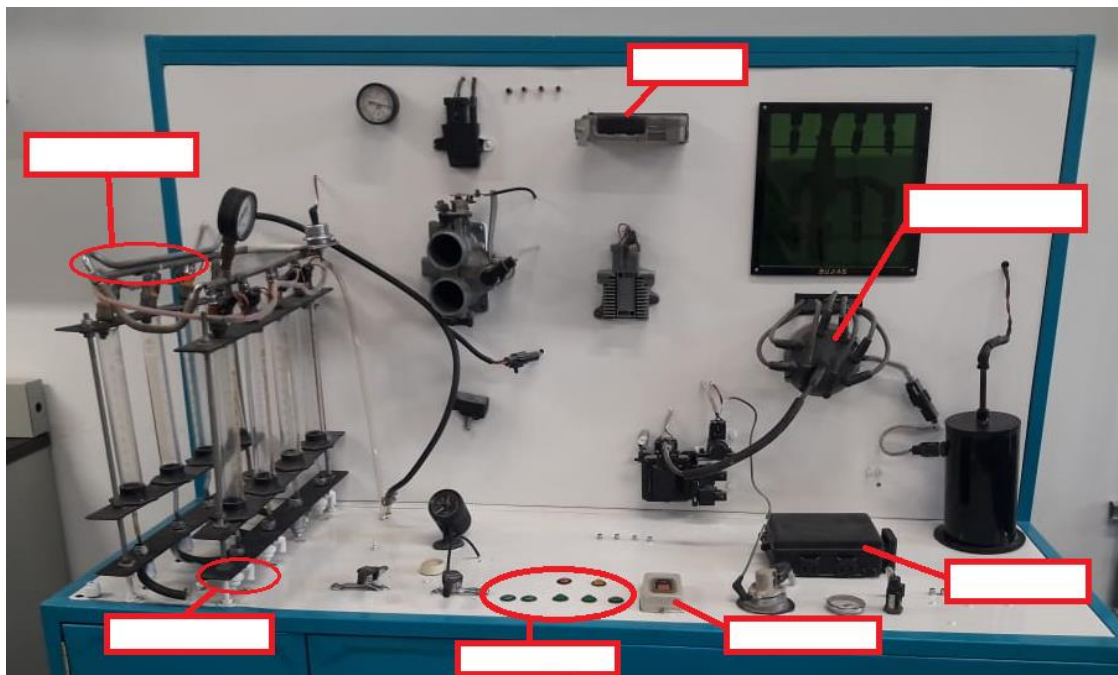
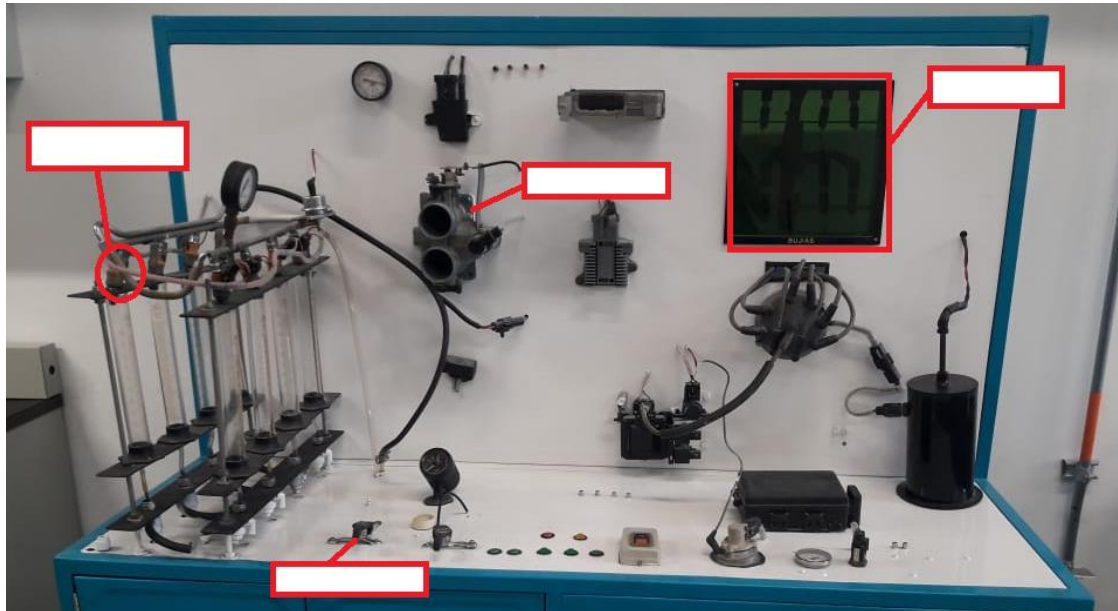
El sistema Common-Rail (figura 2) tan de moda hoy en día consiste en una bomba de inyección que suministra combustible a una tubería común para todos los inyectores, cada uno de ellos tiene en todo momento presión de combustible, pero solo lo dejan pasar al cilindro cuando una señal eléctrica pasa a través de una electroválvula integrada en el inyector. La bomba de inyección no tiene internamente varias bombas individuales, sino una sola.

Figura 2. Common-Rail.



6. Procedimiento

6.1. Proceda a identificar las partes del banco de inyección electrónica que se señalan en las siguientes imágenes:



6.2. Realice una inspección visual de las partes antes señaladas y verifique que se encuentren en buen estado, revise la caja de fusibles, corroborando que estos estén buenos. Además de esto, mida el nivel del tanque de gasolina y el voltaje de la batería.

6.3. El auxiliar o el profesor procederá con la explicación del funcionamiento del banco, el cual puede simular tres tipos de fallas diferentes (Bomba de combustible apagada, inyectores sin accionarse y falla total) accionadas por interruptores, el estudiante deberá identificar y sustentar cual es la falla que presenta el banco.

6.4. Una vez identificada la falla el estudiante debe dar una posible a la solución a esta.

6.5. Observe el comportamiento de los manómetros al momento de simular las fallas y registre los datos obtenidos, antes, durante y después de la falla.

7. Cuestionario

Conteste (V) si es verdadero o (F) si es falso, para las siguientes afirmaciones:

1. La bomba de suministro, es la encargada de entregar una cantidad exacta de combustible a alta presión en cada inyector en el momento preciso. (V)/(F).
2. El gobernador (Regulador) se utiliza para controlar la velocidad del motor de acuerdo con las condiciones de carga. (V)/(F).
3. En el sistema con bomba en línea se emplea una bomba de unidades múltiples con un elemento de bombeo para cada inyector. (V)/(F).
4. El sistema con bomba tipo distribuidor tiene un solo elemento de bombeo y un mecanismo para distribuir el combustible a alta presión a los inyectores. (V)/(F).

5. En todos los sistemas de inyección, el inyector se acciona desde el árbol de levas por medio de una varilla de empuje y un balancín. (V)/(F).
6. El filtro primario de combustible está ubicado entre la bomba de suministro y la bomba de inyección. (V)/(F).
7. En los sistemas con inyectores unitarios, el inyector se acciona desde el árbol de levas por medio de una varilla de empuje y un balancín. (V)/(F).
8. El filtro secundario de combustible está ubicado entre la bomba de suministro y la bomba de combustible. (V)/(F).
9. Existen dos tipos de sistemas PT de combustible, uno denominado PT tipo G y el otro denominado PT tipo R. El tipo G está controlado por un regulador y el tipo R está regulado por la presión. (V)/(F).
10. Los tubos de retorno de inyectores devuelven el exceso de combustible al tanque y también sirven para mantener el sistema libre de aire. (V)/(F).