

**Universidad Internacional del Ecuador**



**Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz**

**Proyecto de grado para la obtención del Título de Ingeniería  
en Mecánica Automotriz**

**Construcción de un banco de pruebas y entrenamiento del  
motor del Subaru A22L**

**Denni Andrés Guzmán Mejía**

**Director: Ing. Edwin Puente**

**Guayaquil, Septiembre 2018**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo, Denni Andrés Guzmán Mejía, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

DENNI ANDRES GUZMAN MEJIA

CI. 0931318638

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

Ing. Edwin Puente

**CERTIFICA**

Que el trabajo de “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS Y ENTRENAMIENTO DEL MOTOR SUBARU A22L” realizado por el estudiante: Denni Andrés Guzmán Mejía ha sido guiado y revisado periódicamente, cumpliendo las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. Este proyecto consta de un empastado que contiene toda la información del trabajo realizado. Autoriza el señor: Andrés Francisco Sánchez Rivera que lo entregue a la biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Septiembre del 2018

Ing. Edwin Puente

Docente de catedra

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios por derramar su inmensa bendición y gratitud en mi vida permitiendo cumplir este logro.

A mi Padre Luis Guzmán Posligua que en paz descanse que supo guiarme y formarme durante los años de vida que él me acompañó, al cual recuerdo con mucho cariño y afecto; al cual debo mi dedicación para seguir creciendo profesionalmente.

A mi madre Gloria Mejía Lazo que supo ser el pilar fundamental en mi crecimiento como ser humano y profesional, demostrándome esfuerzo, dedicación y siendo ejemplo de vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios por la vida que me ha dado, a mis padres y hermanos por siempre permanecer a mi lado durante esta etapa de formación

Al grupo de Docentes de mi Universidad que supieron con su experiencia transferir sus conocimientos para formarme como el profesional que debo ser.

Al director de carrera Ing. Edwin Puente que con su colaboración se realizó y culminó este proyecto.

A la empresa Electrocables S.A por permitirme realizar mis estudios universitarios y siempre apoyarme en lo que ellos más pudieran.

## INDÍCE GENERAL

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD .....               | ii  |
| CERTIFICADO .....                                               | iii |
| DEDICATORIA.....                                                | iv  |
| AGRADECIMIENTO.....                                             | v   |
| INDÍCE GENERAL .....                                            | vi  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                          | ix  |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS.....                                         | x   |
| RESUMEN.....                                                    | xiv |
| ABSTRACT .....                                                  | xv  |
| INTRODUCCIÓN .....                                              | xvi |
| <br>                                                            |     |
| CAPITULO I .....                                                | 1   |
| Planteamiento, formulación y sistematización del problema ..... | 1   |
| 1.1 Planteamiento del problema.....                             | 1   |
| 1.1.1 Formulación del problema.....                             | 2   |
| 1.1.2 Sistematización del problema.....                         | 2   |
| 1.2 Objetivos de la investigación .....                         | 2   |
| 1.2.1 Objetivo General .....                                    | 2   |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....                               | 2   |
| 1.3 Justificación y delimitación de la investigación .....      | 2   |
| 1.3.1 Justificación teórica.....                                | 2   |
| 1.3.2 Justificación metodológica .....                          | 3   |
| 1.3.3 Justificación práctica.....                               | 3   |

|                                                                               |        |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1.3.4 Delimitación temporal.....                                              | 3      |
| 1.3.5 Delimitación geográfica .....                                           | 3      |
| 1.4 Hipótesis.....                                                            | 4      |
| 1.4.1 Variables de hipótesis .....                                            | 4      |
| 1.4.2 Operacionalización de variables .....                                   | 5      |
| <br>CAPITULO II .....                                                         | <br>6  |
| Marco Teórico .....                                                           | 6      |
| 2.1. Motor de combustión interna.....                                         | 6      |
| 2.2 Partes y detalles de un motor .....                                       | 11     |
| 2.3 Sistemas básicos de un motor .....                                        | 19     |
| 2.4 Definición y funcionamiento del motor Bóxer o cilindros<br>opuestos ..... | 35     |
| <br>CAPITULO III .....                                                        | <br>39 |
| Diseño y construcción de la estructura del banco de pruebas .....             | 39     |
| 3.1 Diseño estructural .....                                                  | 39     |
| 3.2 Modelado asistido por computadora.....                                    | 42     |
| 3.2 Construcción de la estructura metálica .....                              | 47     |
| 3.3 Diseño del Tablero de Control .....                                       | 50     |
| <br>CAPÍTULO IV .....                                                         | <br>51 |
| Implementación del banco de pruebas.....                                      | 51     |
| 4.1. Instalación de componentes de mecánicos.....                             | 51     |

|                                                                |        |
|----------------------------------------------------------------|--------|
| 4.2. Instalación de componentes para mediciones.....           | 55     |
| 4.3. Instalación de etiquetado.....                            | 63     |
| 4.4. Montaje y acabados del banco de pruebas.....              | 64     |
| <br>CAPITULO V .....                                           | <br>66 |
| Comprobación y puesta en marcha del banco de pruebas .....     | 66     |
| 5.1 Comprobación del Sistema de encendido.....                 | 66     |
| 5.2 Calibración del sistema de carburación .....               | 72     |
| 5.3 Pruebas de desarrollo del Motor .....                      | 73     |
| <br>CAPÍTULO VI .....                                          | <br>75 |
| Elaboración de guías prácticas para el estudiante.....         | 75     |
| 6.1 Practicas del sistema de encendido .....                   | 75     |
| 6.2 Practicas del sistema de refrigeracion.....                | 77     |
| 6.3 Practicas del sistema de alimentacion de combustible ..... | 79     |
| 6.4 Practicas del sistema de carga de bateria.....             | 81     |
| <br>CAPÍTULO VII .....                                         | <br>82 |
| Conclusiones y recomendaciones .....                           | 82     |
| 7.1. Conclusiones.....                                         | 82     |
| 7.2. Recomendaciones .....                                     | 84     |
| Bibliografía .....                                             | 85     |
| Anexo I.....                                                   | 86     |
| Planos de la estructura del banco de prueba.....               | 86     |
| Anexo II.....                                                  | 90     |
| Diseño del panel de control .....                              | 90     |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Operacionalización de variables .....                       | 5  |
| Tabla 2 Tiempos del motor .....                                     | 11 |
| Tabla 3 Características típicas del aceite .....                    | 32 |
| Tabla 4 Características del Acero ASTM A36.....                     | 40 |
| Tabla 5 Componentes para la construcción del banco de pruebas ..... | 41 |
| Tabla 6 Tabla de datos iniciales .....                              | 74 |
| Tabla 7 Tabla de datos del electro ventilador .....                 | 74 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Extensión Guayaquil ..... | 4  |
| Figura 2. Los cuatro tiempos del ciclo de trabajo .....                                  | 7  |
| Figura 3. Diagrama de mando de un motor Otto de 4 tiempos .....                          | 9  |
| Figura 4. Diagrama de mando de un motor bóxer ciclo Otto de 4 tiempos .....              | 10 |
| Figura 5. Orden de encendido .....                                                       | 10 |
| Figura 6. Partes de un motor en V .....                                                  | 11 |
| Figura 7. Partes de un motor Boxer .....                                                 | 12 |
| Figura 8. Múltiple de admisión .....                                                     | 13 |
| Figura 9. Carter .....                                                                   | 13 |
| Figura 10. Árbol de leva .....                                                           | 14 |
| Figura 11. Cigüeñal .....                                                                | 14 |
| Figura 12. Pistón .....                                                                  | 15 |
| Figura 13 Biela .....                                                                    | 15 |
| Figura 14. Elementos del conjunto de válvulas .....                                      | 16 |
| Figura 15. Múltiple de escape .....                                                      | 16 |
| Figura 16. Bomba de agua .....                                                           | 17 |
| Figura 17. Bomba de combustible eléctrica externa .....                                  | 17 |
| Figura 18. Bobina de encendido .....                                                     | 18 |
| Figura 19. Distribuidor .....                                                            | 18 |
| Figura 20. Alternador .....                                                              | 19 |
| Figura 21. Sistema de inyección directa de gasolina .....                                | 20 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Figura 22. Bomba de combustible.....                            | 21 |
| Figura 23. Filtros de combustible .....                         | 22 |
| Figura 24. Sistema de encendido.....                            | 24 |
| Figura 25. Diagrama eléctrico de encendido.....                 | 25 |
| Figura 26. Parte del distribuidor.....                          | 26 |
| Figura 27. Bujía.....                                           | 26 |
| Figura 28. Ubicación de la bujía.....                           | 27 |
| Figura 29. Partes de la bujía.....                              | 27 |
| Figura 30. Cable de bujía .....                                 | 28 |
| Figura 31. Sistema de lubricación .....                         | 29 |
| Figura 32. Filtro de aceite .....                               | 30 |
| Figura 33. Sistema de refrigeración.....                        | 32 |
| Figura 34. Bomba de agua .....                                  | 33 |
| Figura 35. Radiador .....                                       | 34 |
| Figura 36. Motor boxer .....                                    | 35 |
| Figura 37. Estructura de banco de prueba.....                   | 40 |
| Figura 38. Diseño estructural en 3D .....                       | 42 |
| Figura 39. Estructura final modelada y soldada .....            | 43 |
| Figura 40. Identificación de puntos de unión.....               | 43 |
| Figura 41. Identificación de puntos de unión.....               | 44 |
| Figura 42. Identificación de puntos de cargas y esfuerzos ..... | 44 |
| Figura 43. Identificación de puntos de unión.....               | 45 |
| Figura 44. Análisis de estrés estático.....                     | 46 |
| Figura 45. Análisis de carga dinámica.....                      | 46 |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Figura 46. Base del motor .....                       | 47 |
| Figura 47. Tanque de combustible.....                 | 47 |
| Figura 48. Batería .....                              | 48 |
| Figura 49. Radiador y electro ventilador .....        | 48 |
| Figura 50. Reservorio de líquido refrigerante .....   | 49 |
| Figura 51. Sistema de aceleración .....               | 49 |
| Figura 52. Escape del motor.....                      | 50 |
| Figura 53. Diseño del tablero de control.....         | 50 |
| Figura 54. Instalación del motor.....                 | 51 |
| Figura 55. Ubicación del relevador .....              | 52 |
| Figura 56. Ubicación de la batería.....               | 52 |
| Figura 57. Ubicación de la bomba de combustible ..... | 53 |
| Figura 58. Ubicación del tanque de combustible .....  | 53 |
| Figura 59. Ubicación del escape.....                  | 54 |
| Figura 60. Ubicación del radiador .....               | 54 |
| Figura 61. Ubicación de la caja de fusilera .....     | 55 |
| Figura 62. Ubicación del tacómetro.....               | 56 |
| Figura 63. Diagrama del tacómetro .....               | 56 |
| Figura 64. Ubicación del voltímetro .....             | 57 |
| Figura 65. Diagrama del voltímetro.....               | 57 |
| Figura 66. Ubicación del medidor de temperatura ..... | 58 |
| Figura 67. Diagrama del medidor de temperatura.....   | 58 |
| Figura 68. Ubicación del Horómetro .....              | 59 |
| Figura 69. Diagrama del Horómetro.....                | 59 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Figura 70. Ubicación del medidor de combustible.....           | 60 |
| Figura 71. Diagrama del medidor de nivel de combustible .....  | 60 |
| Figura 72. Ubicación del nivel de aceite.....                  | 61 |
| Figura 73. Diagrama del medidor de nivel de aceite .....       | 61 |
| Figura 74. Ubicación del indicador del electro ventilador..... | 62 |
| Figura 75. Diagrama del indicador del electro ventilador ..... | 62 |
| Figura 76. Ubicación del indicador de carga de batería.....    | 63 |
| Figura 77. Diagrama del indicador de carga .....               | 63 |
| Figura 78. Colocación de vinil .....                           | 64 |
| Figura 79. Cableado del motor .....                            | 64 |
| Figura 80. Imagen de encendido del motor.....                  | 65 |
| Figura 81. Tapa del distribuidor .....                         | 66 |
| Figura 82. Tapa del distribuidor interna .....                 | 67 |
| Figura 83. Leva del rotor del distribuidor.....                | 67 |
| Figura 84. Punto de contacto del platino.....                  | 68 |
| Figura 85. Calibración de bujías.....                          | 68 |
| Figura 86. Tapa del distribuidor .....                         | 69 |
| Figura 87. Medición de bobina de baja.....                     | 70 |
| Figura 88. Medición de bobina de alta.....                     | 70 |
| Figura 89. Voltaje del alternador.....                         | 71 |
| Figura 90. Banda del alternador .....                          | 71 |
| Figura 91. Punto de calibración de combustible .....           | 72 |
| Figura 92. Punto de calibración del paso de aire.....          | 72 |
| Figura 93. Nivel de combustible dentro del carburador .....    | 73 |

## **RESUMEN**

La presente tesis presenta el proceso de construcción y diseño de un banco de pruebas de un motor de cilindros opuestos, el cual es usado en los vehículos Subaru, referente al modelo A22L. El proyecto es una herramienta de aprendizaje que beneficiará a todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE, permitiendo realizar pruebas y diagnósticos de los motores bóxer.

Este trabajo cuenta con cinco capítulos los cuales van organizados de manera que inicie el estudio de los motores bóxer, sus partes y componentes principales hasta llegar al diseño de la estructura del banco de prueba, mantenimientos y análisis de fallas.

El capítulo I detallamos la necesidad del porque realizar un banco de pruebas un motor bóxer y

En el capítulo II se desarrolla un marco de referencia sobre las partes del motor de combustión interna y el funcionamiento de cada sistema

El capítulo III detallamos el proceso de diseño, construcción del banco de pruebas y ubicación de los elementos del motor.

El capítulo IV detallamos los componentes que integran el banco de pruebas, componentes del motor bóxer del Subaru A22L y componentes de medición y etiquetados.

El capítulo V detallamos las distintas pruebas que se le realiza al motor, pruebas de encendido, desarrollo del motor, calibración del sistema de carburación y simulaciones de fallas.

El capítulo VI detallamos la elaboración del manual de uso y mantenimiento.

Palabras clave: Diseño, Motor Bóxer, Construcción, Manual.

## **ABSTRACT**

This thesis presents the process of construction and design of a test bench of an engine of opposite cylinders, which is used in Subaru vehicles, referring to model A22L. The project is a learning tool that will benefit all students of the Faculty of Automotive Mechanical Engineering of the UIDE, allowing testing and diagnostics of the boxer motors.

This work has five chapters which are organized in such a way that it starts the study of the boxer motors, their parts and main components up to the design of the structure of the test bench, maintenance and failure analysis.

Chapter I details the need to perform a test bench and a boxer motor

In Chapter II, a reference framework is developed on the parts of the internal combustion engine and the operation of each system

Chapter III details the process of design, construction of the test bench and location of the elements of the engine.

Chapter IV details the components that make up the test bench, Subaru A22L boxer engine components and measuring and labeled components.

Chapter V details the various tests performed on the engine, ignition tests, engine development, carburetion system calibration and fault simulations.

Chapter VI details the development of the use and maintenance manual.

Keywords: Design, Motor Boxer, Construction, Manual.

## INTRODUCCIÓN

Desde los principios del mundo automotriz se ha buscado la optimización del rendimiento del motor y con ello se han creado varios tipos de motores apostando a sus diseños, tecnologías, materiales de fabricación, etc. Con la existencia de varias marcas automotrices en el mercado mundial, el campo de investigación y desarrollo de motores ha sido muy amplia y a su vez competitiva; ya que de estos depende el éxito y/o aceptación de nuevos vehículos en varios mercados

El motor Bóxer es un propulsor de diseño horizontal con los cilindros opuestos con el cigüeñal en el centro y en el que cada pareja de pistones se mueve simultáneamente dentro y fuera, y no alternativamente. Esta disposición presenta numerosas ventajas inherentes, entre las que sin duda destaca un centro de gravedad más bajo que el de un motor en línea o en V, lo que redunda en un claro aumento de la estabilidad. Esta arquitectura provoca un nivel mucho más bajo de vibraciones, por tanto, menos ruido y un incremento de la durabilidad del vehículo.



## **CAPITULO I**

### **Planteamiento, formulación y sistematización del problema**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

El desarrollo de bancos de pruebas de motores de combustión interna ha sido fundamental para medir la potencia, realizar ensayos de investigación y conocer los diferentes modelos que existen de motores , la ejecución de este trabajo pretende satisfacer la necesidad de los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador sede Guayaquil, para conocer el funcionamiento de un motor bóxer ya que estos motores muy poca marca de vehículos lo usan debido a su compleja construcción a pesar de sus múltiples beneficios como bajas vibraciones lo que da resultado menos ruido y así un incremento de la durabilidad del vehículo, también tiene un tamaño más compacto que reduce el peso del mismo y un mayor ahorro de combustible.

Se torna necesario conocer más acerca de ello, sus principios de funcionamiento, sus componentes, sistemas entre otro, ya que los estudiantes de la universidad deben tener conocimiento de todos los modelos de motores existentes.

El banco de pruebas está conformado por una estructura metálica, cuya función principal es soportar el motor. Tiene un panel de control, donde se pueden observar todas las variables medidas por los instrumentos conectados al motor, la temperatura del motor, testigo de la temperatura del aceite, r.p.m, nivel de combustible, velocidad; además de esto un switch de encendido y una palanca de aceleración. La unión de todos los elementos mencionados anteriormente, es decir, la instrumentación, el motor, su respectiva caja de transmisión y la estructura dan como resultado el banco de pruebas y en el plan nacional del buen vivir 2017-2021 con el objetivo 4. Fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía.

Esta investigación se basa en las líneas de investigación de la UIDE Gestión del conocimiento y en la innovación tecnológica, modelación y simulación de procesos ya que se modifica las materias al hacerlas practicas con simuladores reales de los motores bóxer.

### **1.1.1 Formulación del problema**

¿Realmente es necesario la construcción de un banco de pruebas y entrenamiento del motor Subaru A22L?

### **1.1.2 Sistematización del problema**

- ¿Podemos dividir el funcionamiento del motor en sistemas?
- ¿Cómo se podrán realizar las fallas en la sección del sistema eléctrico?
- ¿Cómo se podrán realizar las pruebas de calibración del carburador para optimizar el sistema?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Construcción e implementación de un banco de pruebas y entrenamiento del motor Subaru A22L a su sistema eléctrico, carburación y lubricación.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Diseño e implementación del soporte del banco de prueba
- b) Colocación de partes originales del auto en la maqueta.
- c) Realización de pruebas de funcionamiento
- d) Elaboración de documentación para prácticas.

## **1.3 Justificación y delimitación de la investigación**

### **1.3.1 Justificación teórica**

Este proyecto se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el motor bóxer, así mismo como instrumento de evaluación del logro de competencias de indagación científica en la educación de las materias sobre el estudio de los motores, cuyos resultados de esta investigación podrá sistematizarse en una propuesta para ser incorporado

como conocimiento a las ciencias de la educación, ya que se estaría demostrando que el uso de este banco mejora el nivel de desempeño de los estudiantes.

### **1.3.2 Justificación metodológica**

El tipo de metodología que se utilizó en esta investigación fue de tipo científico, investigativo, descriptivo y de campo.

### **1.3.3 Justificación práctica**

Es necesario contar con una herramienta real ya que en la actualidad la universidad no cuenta con un banco de pruebas del motor bóxer que permita al estudiante tener una idea clara y precisa del funcionamiento de este tipo de motor, de esta manera se podrán realizar pruebas de funcionamiento a su sistema eléctrico, carburación, lubricación y refrigeración.

### **1.3.4 Delimitación temporal**

La delimitación temporal se determina durante los meses de agosto 2018 hasta enero 2019, tiempo en el cual se desarrollará la investigación y se presentará la propuesta pertinente.

### **1.3.5 Delimitación geográfica**

La delimitación geográfica será en la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil ubicada en Av. Las Aguas y 15A. La ubicación se encuentra detallada en la figura 1.



Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Extensión Guayaquil (Googlemaps)

## 1.4 Hipótesis

Construir e implementar un banco de pruebas y entrenamiento del motor Subaru A22L.

### 1.4.1 Variables de hipótesis

**Variable independiente:** sistema eléctrico de encendido, sistema de lubricación, sistema de carburación, sistema de refrigeración.

**Variable dependiente:** Banco de pruebas

### 1.4.2 Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

| Variable                | Tipo de Variable     | Dimensión                                                   | Indicadores |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Sistemas</b>         | <b>Independiente</b> | Adquisición de elementos eléctricos, carburación y medición | 70%         |
|                         |                      | Montaje de elementos                                        | 30%         |
| <b>Banco de pruebas</b> | <b>Dependiente</b>   | Diseñar el manual al docente                                | 60%         |
|                         |                      | Construir la hoja de prácticas al estudiante                | 40%         |

## **CAPITULO II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Motor de combustión interna**

Los motores de combustión interna fueron desarrollados como la evolución de las máquinas de vapor, en este motor el trabajo se obtiene por la combustión interna de una mezcla de aire y combustible.

El primer motor de combustión interna fue construido por el francés Etienne Lenoir en 1863. Este motor fue mejorado notablemente por el alemán Nikolaus Otto que, en 1876, invento el primer motor que funcionaba con el ciclo de 4 tiempos como lo indica la figura 2. En su honor, este motor de explosión, se denomina motor Otto.

Estos motores pertenecen al grupo de motores térmicos de combustión interna los cuales tienen las siguientes características:

- ✓ Consume una mezcla de aire y combustible que ha sido previamente preparada
- ✓ Dispone de un sistema de encendido eléctrico, cuya chispa inflama la mezcla que se encuentra comprimida en la cámara de combustión
- ✓ Los procesos de admisión de la mezcla y posterior expulsión de los gases quemados están controlados por las válvulas, que abren y cierran los conductos correspondientes mandados por el sistema de distribución.
- ✓ Su ciclo de funcionamiento se realiza en 4 tiempos: admisión, compresión, encendido y escape.

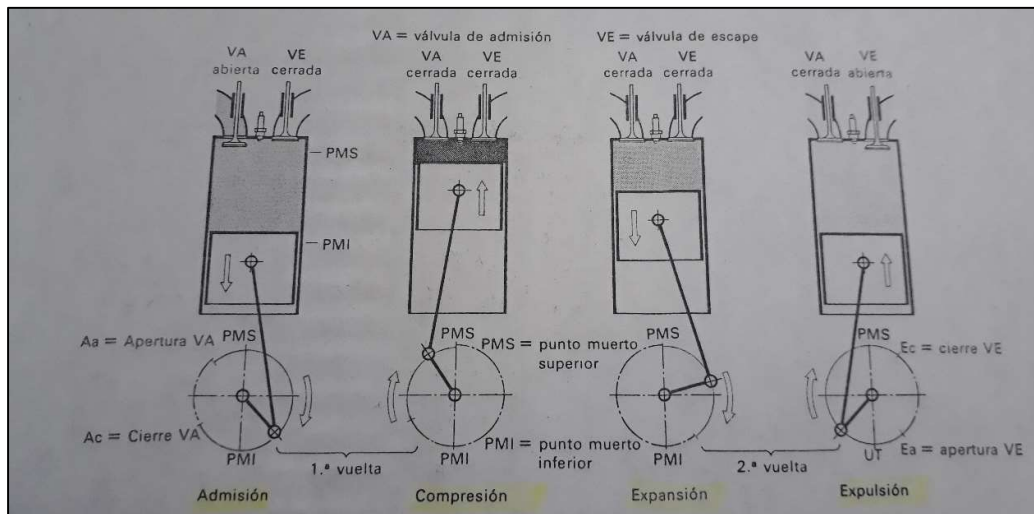


Figura 2. Los cuatro tiempos del ciclo de trabajo (Gerschler, Stuttgart, 1985)

**Tiempo de Admisión.-** en el movimiento descendente del pistón se produce, como consecuencia del aumento de volumen, una depresión de 0,1 a 0,2 bar y por consiguiente, una aspiración. Esto produce que en el carburador se forme una mezcla inflamable y aire, el cual fluye hacia el cilindro a través de la válvula de admisión VA. Para tener un rendimiento óptimo la válvula de admisión se abre hasta 45° antes de punto muerto superior (PMS). El gas quemado expulsado del tiempo anterior (expulsión) a través de la válvula de escape VE, genera una depresión que pone en movimiento el gas fresco antes que el pistón se mueva hacia abajo. La válvula de admisión no cierra hasta 35 a 90° después del punto muerto inferior (PMI).

**Tiempo de compresión.-** al ascender el pistón, el gas nuevo se comprime hasta la 6ª o 10ª parte del volumen inicial del cilindro. En la compresión se desarrolla una temperatura de 400°C a 500°C, por lo cual la presión final de compresión puede alcanzar los 18 bares. La compresión favorece la gasificación ulterior del combustible y la mezcla íntima de este con el aire. Con ello se prepara la combustión de modo que pueda ser rápida y completa en el tercer tiempo.

A temperatura constante, la presión y el volumen varían en relación inversamente proporcional en el cilindro.

Cuanto mayor es la relación de compresión de un motor Otto tanto mayor es el aprovechamiento de la energía del combustible y con ello el rendimiento del motor.

**Tiempo de expansión.-** la combustión se realiza en virtud del salto de chispa de encendido entre los electrodos de la bujía. El espacio comprendido entre el salto de la chispa y el total desarrollo de un frente de llamas es unos 0,0001seg y a una velocidad de combustión de 20m/s. por este motivo la chispa de encendido de saltar, según el número de revoluciones del motor entre 0° y 40° antes del PMS con el objeto de que la combustión que se produce a modo de explosión alcance poco después del PMS su máxima temperatura de 2000°C a 2500°C y la correspondiente presión de combustible llegue desde 30bar hasta más de 60 bar. La gran parte del tiempo restante queda entonces disponible para la dilatación de los gases de combustión de que son sometidos a una fuerte tensión de compresión. Con el movimiento del descenso del pistón hasta el PMI se transforma la energía térmica en trabajo mecánico. Hasta el final de este tercer tiempo disminuyen la presión y la temperatura a unas 4 a 3 bar y a 900°C a 800°C.

**Tiempo de expulsión.-** para descargar el conjunto cigüeñal en el PMI, la válvula de escape VE abre ya entre 40° y unos 90° antes del PMI. Gracias a la presión de 3 a 4 bar todavía existentes, los gases quemados salen del cilindro a la velocidad del sonido. Sin silenciador, los gases de salida chocarían con el aire exterior y crearían ondas sonoras de alta presión. Al avanzar el pistón, se expulsa el resto de gases quemados, a una presión residual de unos 0,2 bar. Para favorecer la salida de estos gases, la válvula de escape cierra después del PMS, mientras la de actuación de las válvulas



provoca además el vaciado y refrigeración de la cámara de combustión, la mejora del llenado.

Los gases quemados no son visibles en tiempo caluroso. Pero en invierno, el vapor de agua se condensa en el aire frío y es visible en forma de niebla. Si aparece humo negro, es que se está produciendo una mezcla combustible – aire demasiado rica en el carburador, el humo azul indica que pasa aceite a los cilindros a través de las guisa de válvula gastadas o aros de pistón no estancos.

Diagrama de mando.- si se disponen los tiempos de abertura y cierre de las válvulas de admisión y de escape como ángulos de la rotación del cigüeñal en grados, se obtiene el diagrama de mando que nos da una visión sobre el los tiempos abertura de las válvulas y de solape de las mismas. Los tiempos de abertura de las válvulas y la forma de las levas de mando se determinan para cada tipo constructivo mediante ensayos de tal modo que el motor de la potencia máxima de giro posibles tal como lo indica la figura 3.

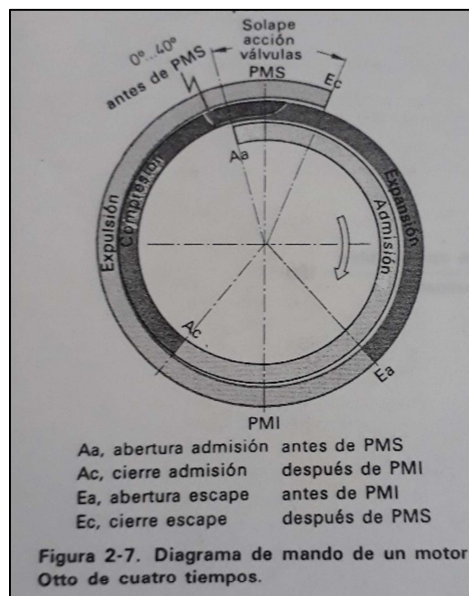


Figura 3. Diagrama de mando de un motor Otto de 4 tiempos (Gerschler, Stuttgart, 1985)

La numeración de los cilindros está fijada en la hoja DIN 73 021. Según (figura 38) ella la numeración de los cilindros se empieza por el lado opuesto a aquel por donde se realizara la cesión de energía del motor.

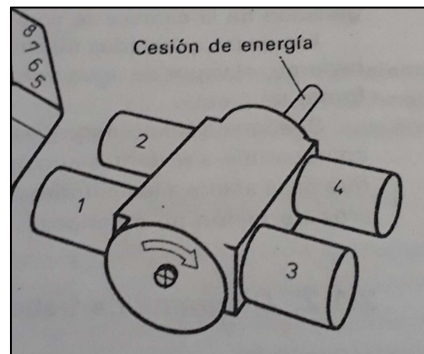


Figura 4. Diagrama de mando de un motor bóxer ciclo Otto de 4 tiempos (Gerschler, Stuttgart, 1985)

Los tiempos del motor según figura 35 se distribuyen de acuerdo con la distancia entre encendidos, que en un motor de 4 cilindros, es de  $180^\circ$ . La distancia uniforme de los encendidos se obtiene mediante una adecuada disposición de cilindros y la correspondiente posición de los acodamientos del cigüeñal entre sí.

El orden de encendido de este tipo de motores es 1, 4, 3, 2.

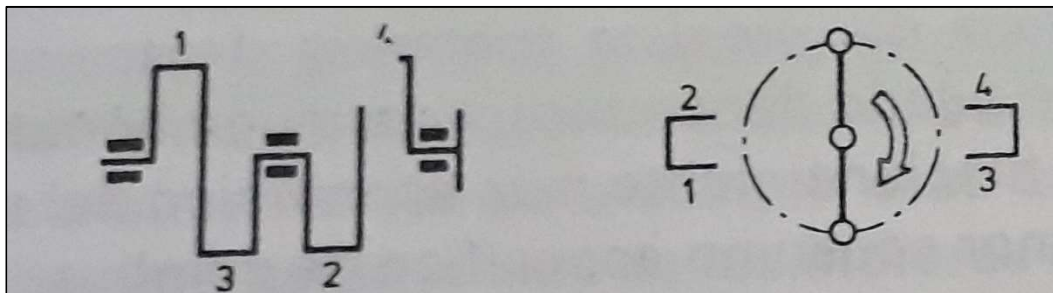


Figura 5. Orden de encendido (Gerschler, Stuttgart, 1985)

Tabla 2 Tiempos del motor

|   | 0°         | 180°       | 360°       | 540°       | 720° |
|---|------------|------------|------------|------------|------|
| 1 | EXPLOSIÓN  | ESCAPE     | ADMISIÓN   | COMPRESIÓN |      |
| 2 | ESCAPE     | ADMISIÓN   | COMPRESIÓN | EXPLOSIÓN  |      |
| 3 | ADMISIÓN   | COMPRESIÓN | EXPLOSIÓN  | ESCAPE     |      |
| 4 | COMPRESIÓN | EXPLOSIÓN  | ESCAPE     | ADMISIÓN   |      |

## 2.2 Partes y detalles de un motor

Las partes y piezas del motor de combustión interna se detallan a continuación en la figura 6. Estos tienen bloque de cilindros, cabeza de cilindros, cigüeñales y cojinetes. También tienen pistones, bielas y trenes de válvulas.

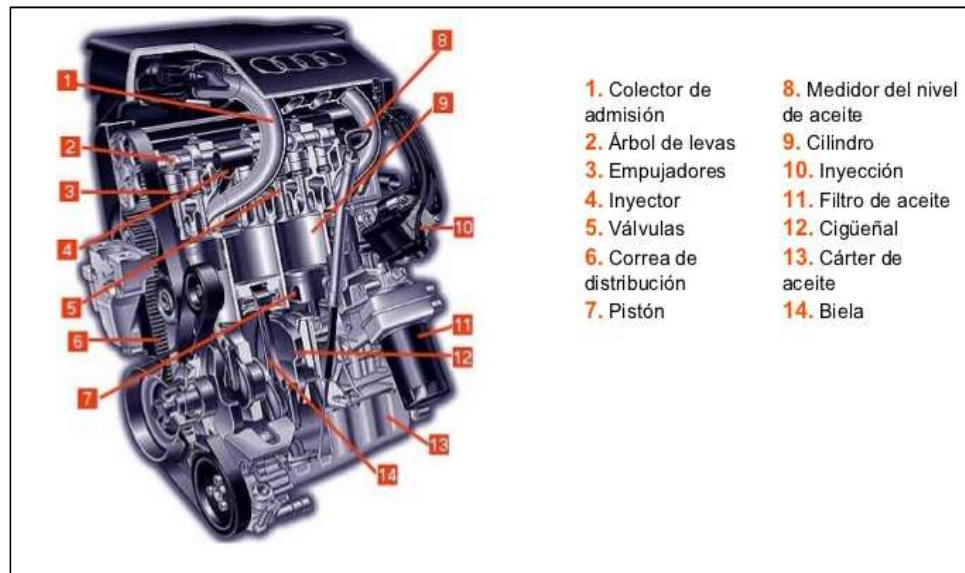


Figura 6. Partes de un motor en V (CEACE, 2004)

Las diferentes partes se construyen de distintos materiales, siendo el bloque de cilindros de hierro fundido o de hierro mezclado con otros metales como el níquel y el cromo otro material utilizado es el aluminio ya que es más ligero y disipa mejor el calor sin embargo son encamisados con acero para evitar el desgaste producido por los pistones. Los pistones son de aleación de aluminio (aluminio mezclado con otros metales). Las cabezas de cilindros están fundidas en hierro gris o en aleación de aluminio. La culata es a menudo de ferroaleaciones o de aleaciones de aluminio. El cárter es generalmente de acero estampado. El cigüeñal es una pieza hecha con acero al carbono o en casos especiales acero al cromo-níquel. Las bielas son de aleaciones de acero de alta resistencia. En la figura 7 se encuentran las partes del motor bóxer.

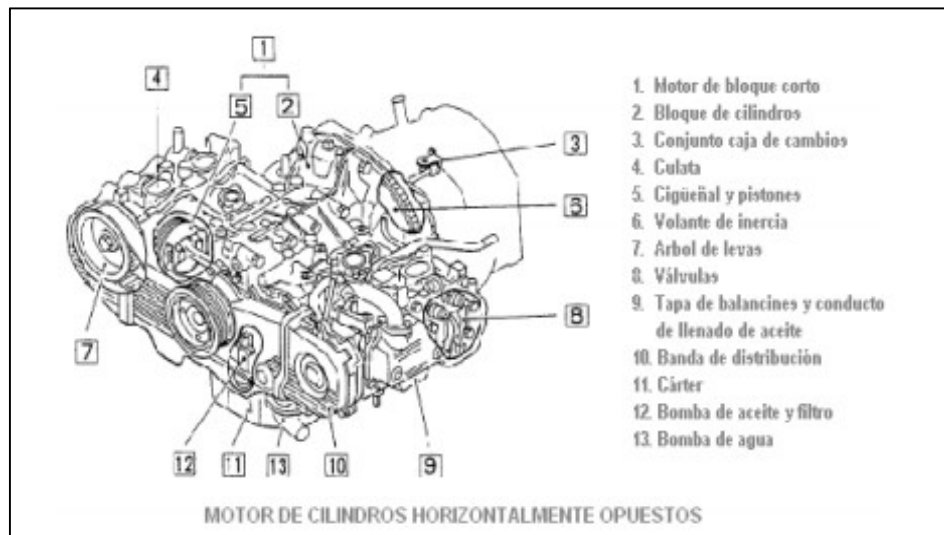


Figura 7. Partes de un motor Boxer (CEACE, 2004)

A continuación, se define la función de algunos elementos que componen los distintos tipos de motores:

Múltiple de admisión.- su función principal es distribuir la mezcla aire combustible en forma equitativa en cada cilindro según figura 8



Figura 8. Múltiple de admisión

Culata.- es montada en la parte superior del bloque de cilindros, que en unión con los cilindros y pistones, forman la cámara de combustión. Como en el bloque de cilindros, la culata de cilindros, está hecha de hierro fundido o aleación de aluminio

Bloque de cilindros.- aquí se encuentran las partes móviles del motor, como los cilindros, soportes para el cigüeñal, así como el sistema de admisión y escape.

Cárter (Figura 9).- caja metálica que cierra y aísla del exterior el bloque del motor y a su vez contiene el aceite que lubrica el motor.



Figura 9. Carter

Árbol de levas (Figura 11).- es el encargado de comandar las válvulas del motor. Se encarga de abrir y cerrar las válvulas a través de los lóbulos de levas que al girar hace que los lóbulos accionen las válvulas, dejando pasar la mezcla o expulsando los gases que se generan después de la explosión, cerrando así el ciclo giratorio.

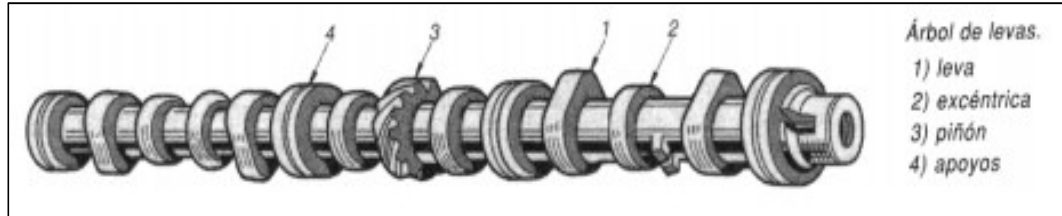


Figura 10. Árbol de leva (CEACE, 2004)

Cigüeñal (Figura 11).- En los motores con los cilindros en línea el cigüeñal está formado por tantas manivelas como cilindros. En los motores con los cilindros opuestos el número de manivelas puede ser el mismo que el de cilindros o sólo la mitad.

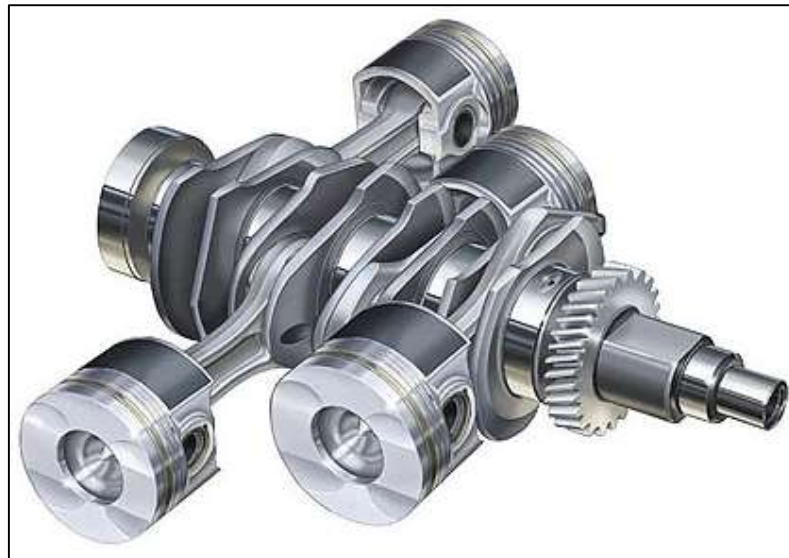


Figura 11. Cigüeñal (CEACE, 2004)

Pistones (Figura 12).- son los encargados de toda la superficie interna del diámetro para poder generar vacío en el tiempo de admisión y presión dentro de la cámara en los tiempos de compresión, expansión y escape.



Figura 12. Pistón (CEACE, 2004)

Bielas (Figura 13).- Son los brazos que unen al pistón con el cigüeñal y pasan el movimiento del uno al otro.



Figura 13 Biela (CEACE, 2004)

Válvulas (Figura 14).- las válvulas de admisión y escape son los elementos del motor que regulan la entrada de la mezcla de aire y combustible a los cilindros, y la salida de los gases residuales de la combustión de estos.



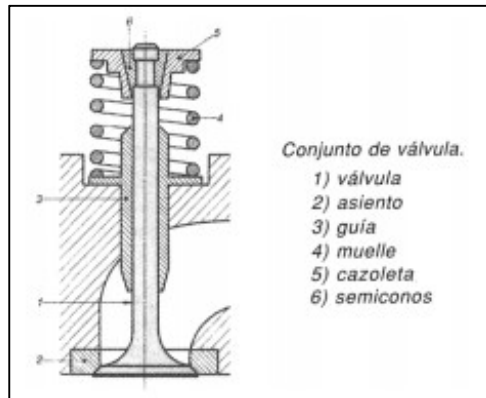


Figura 14. Elementos del conjunto de válvulas (CEACE, 2004)

Múltiple de escape (Figura 15).- colecta los gases de escape cuando son extraídos desde los cilindros, posee un conducto para que todos los gases residuales del proceso de combustión salgan de los cilindros al exterior a través de las válvulas de escape. Para que esto suceda, los gases pasaran del múltiple a la tubería de escape.

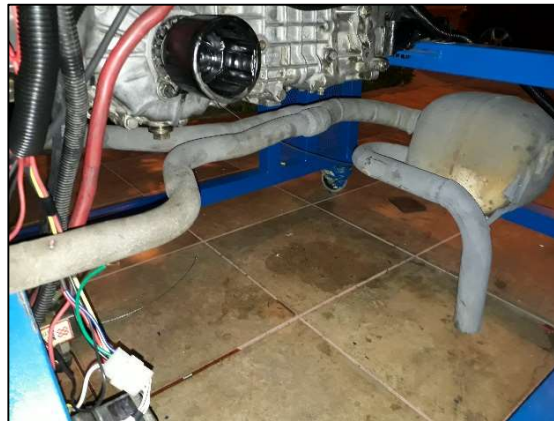


Figura 15. Múltiple de escape

Bomba de aceite.- Es el componente mecánico que sirve para poner en circulación el aceite, manteniendo un caudal y presión dentro de los límites dados por la característica de cada motor.



Bomba de agua (Figura 16).- Elemento que hace circular el líquido refrigerante dentro del motor, sacando el líquido caliente del interior del mismo para llevarlo al radiador, en donde será enfriado por acción del ventilador y el movimiento del vehículo, para recircular nuevamente.



Figura 16. Bomba de agua

Bomba de Combustible (Figura 17).- Elemento que absorbe el combustible desde el tanque y lo envía al carburador.



Figura 17. Bomba de combustible eléctrica externa

Bobina de Encendido (Figura 18).- Encargada de transformar la corriente de baja tensión en corriente de alta tensión, necesaria para que salte la chispa entre los electrodos de la bujía.

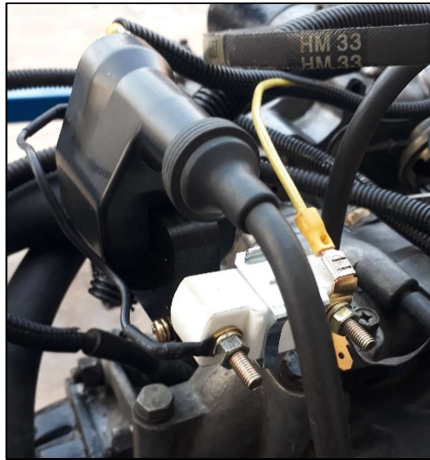


Figura 18. Bobina de encendido

Distribuidor (Figura 19).- dispositivo electro-mecánico que controla el ordenado reparto de los impulsos eléctricos de una manera precisa y exacta a los distintos cilindros.



Figura 19. Distribuidor

Alternador (Figura 20).- Transforma la energía mecánica del motor a energía eléctrica, para por un bloque de diodos para mantener cargada la batería y activar los componentes eléctricos. Este alternador tiene 4 bornes

de conexión B+, F, N, E en donde B+ es la salida de carga hacia la batería, F es la bobina de campo, esta se debe excitar con voltaje para que pueda generar la carga. El Pin N es quien indica al tablero de control si se está enviado carga o no, esto lo hace a través de una lámpara indicadora luminosa.

Cuando el motor está en funcionamiento, el alternador puede generar niveles de voltajes por los 15 a 16v por lo que es necesario la colocación de un regulador de voltaje, este logra controlar el voltaje a 13.5v modificando el voltaje inducido al campo F



Figura 20. Alternador

### **2.3 Sistemas básicos de un motor**

El motor, para su funcionamiento, dispone y/o requiere de los siguientes sistemas: de alimentación, eléctrico de encendido, de distribución, de lubricación y de refrigeración. A continuación explicaremos más a fondo la función que cumple cada uno de ellos.

### 2.3.1 Sistema de alimentación

En un sistema de inyección directa, como se muestra la figura 21, la gasolina es directamente inyectada a la cámara de combustión. La inyección es efectuada a una alta presión

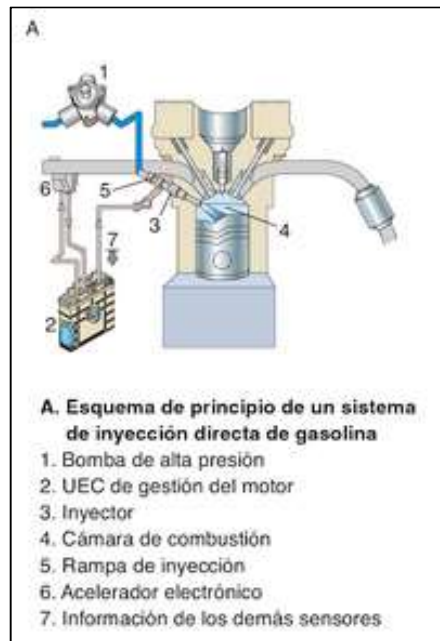


Figura 21. Sistema de inyección directa de gasolina (Alonso, 2014)

### Depósito de combustible

El depósito de combustible, está constituido por dos semicaras de chapas de acero soldadas entre sí, formando un recipiente capaz de contener un volumen tal de combustible que permita una autonomía de marcha al vehículo de al menos 500km.

Generalmente se encuentra ubicado lejos del motor, lo más bajo posible a fin de mejorar la situación del centro de gravedad del vehículo.

## Bomba de combustible

En los motores cuya mezcla de aire y combustible es suministrada por un carburador, el combustible es aspirado del depósito por una bomba de tipo eléctrico, es este caso la bomba está ubicada fuera del depósito de combustible. La bomba de gasolina eléctrica, como se muestra en la figura 22, al igual que la mecánica, también tiene una disposición de diafragma. La principal diferencia es que en vez de ser accionado por un árbol de levas será un interruptor electromagnético (solenoides) el que ejerza ese tirón. El solenoide atrae a una varilla de hierro y empuja al diafragma hacia abajo haciendo que entre el combustible en la recámara.

Cuando llega al final del recorrido de la varilla de hierro se rompe la corriente del electroimán y cesa el tirón sobre el diafragma. Entonces éste se eleva por la acción de un resorte de retorno y al mismo momento aleja a la varilla de los contactos que se cierran. Esto hace que el solenoide empuje de nuevo a la varilla y al diafragma hacia abajo otra vez.

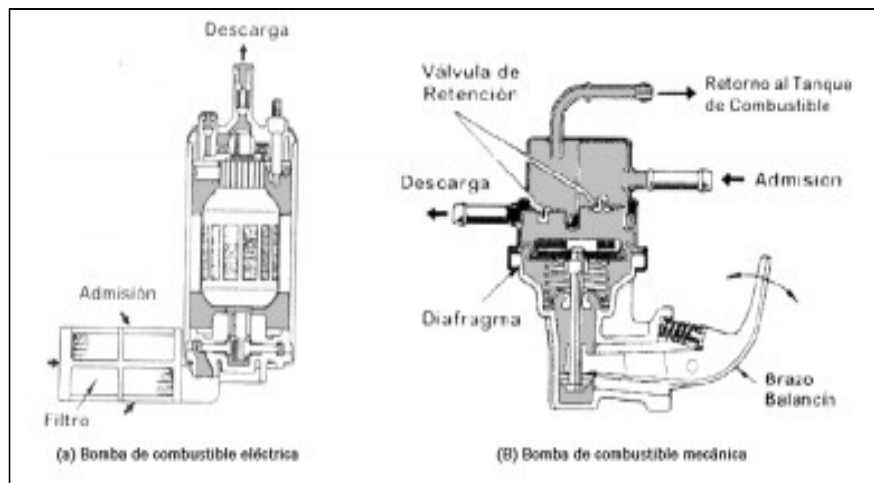


Figura 22. Bomba de combustible (Alonso, 2014)

## Filtros y mallas de combustible

Los filtros de combustible (Figura 23) para los motores Otto están dispuestos exclusivamente en el lado de presión detrás de la bomba de combustible, generalmente están situados en la tubería para poder hacer el cambio del mismo.

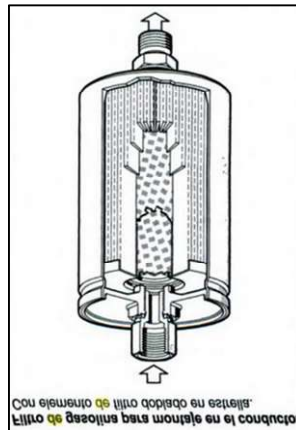


Figura 23. Filtros de combustible (Alonso, 2014)

### 2.3.2 Sistema de ingreso de aire

El sistema de alimentación de aire se compone de la caja de filtros, filtros de aire, tuberías y conexiones al colector de admisión, de escape, tuberías de escape y sistema para la descontaminación de los gases de escape.

Un sistema de alimentación efectivo provee al motor de aire limpio a una temperatura y restricción razonable, eliminando partículas indeseadas del aire procedente de la atmosfera.

### Depurador de aire

Los filtros de aire tienen una eficiencia del 97 al 99% para atrapar partículas contaminantes. Con el uso, las partículas contaminantes retenidas por el filtro van formando una película de polvo por lo que los orificios de la media filtrante se hacen aún más pequeños y el filtro se hace todavía más eficiente en la captura de los contaminantes.

### **Múltiple de admisión**

El múltiple o colector de admisión es una pieza de fundición o un conjunto de tubos, con varios pasos, pasajes o galerías. Estos se encargan de llevar el aire o la mezcla aire y combustible de la válvula del estrangulador a los puertos de admisión en la cabeza de cilindros.

Con un carburador o con inyección en el cuerpo del estrangulador, el combustible se mezcla con el aire conforme entra al múltiple de admisión. Generalmente, los pasajes son tan cortos como resulta posible, están diseñados para evitar esquinas agudas y pueden tomar varias formas.

### **Cuerpo del estrangulador**

El cuerpo del estrangulador o cuerpo de aceleración mueve una válvula tipo mariposa estrangulando el paso del aire al múltiple de admisión o al carburador.

### **2.3.3 Sistema de encendido**

El sistema de encendido (Figura 24) está formado por piezas y componentes que se encargan de inflamar la mezcla de gasolina y aire que se encuentran en el interior de una cámara de combustión.

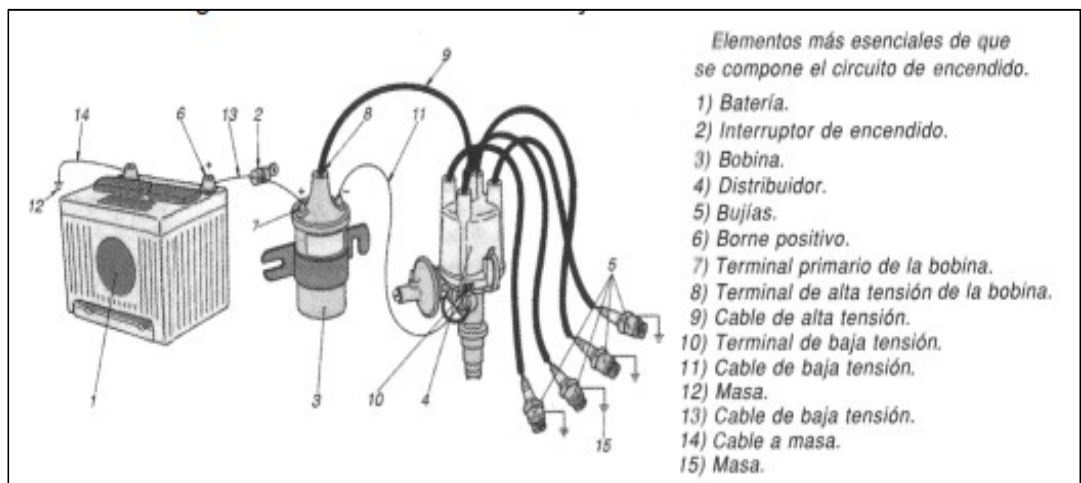


Figura 24. Sistema de encendido (Alonso, 2014)

Todos estos sistemas de encendido están formados de dos circuitos, independientes, pero relacionados: el circuito primario o de bajo voltaje (batería, arrollamiento primario de la bobina y el ruptor o platino) y el circuito secundario de alto voltaje (arrollamiento secundario de la bobina, cable al borne central de la tapa del distribuidor, el rotor y bujías).

El tipo de Bobina que se utilizó es una Bobina seca modelo mic 2000 de la marca new era, la resistencia que debe de marcar en el circuito primario es aproximadamente de  $(0.2-3.0\Omega)$  y en el circuito secundaria en aproximadamente  $(5-20\text{ K}\Omega)$ .

### Interruptor de encendido

Es el interruptor principal de energía operado con la llave del vehículo. Al hacer girar la llave se abre o cierra al circuito que suministra corriente (15) al sistema de encendido tal como lo indica la figura 25.



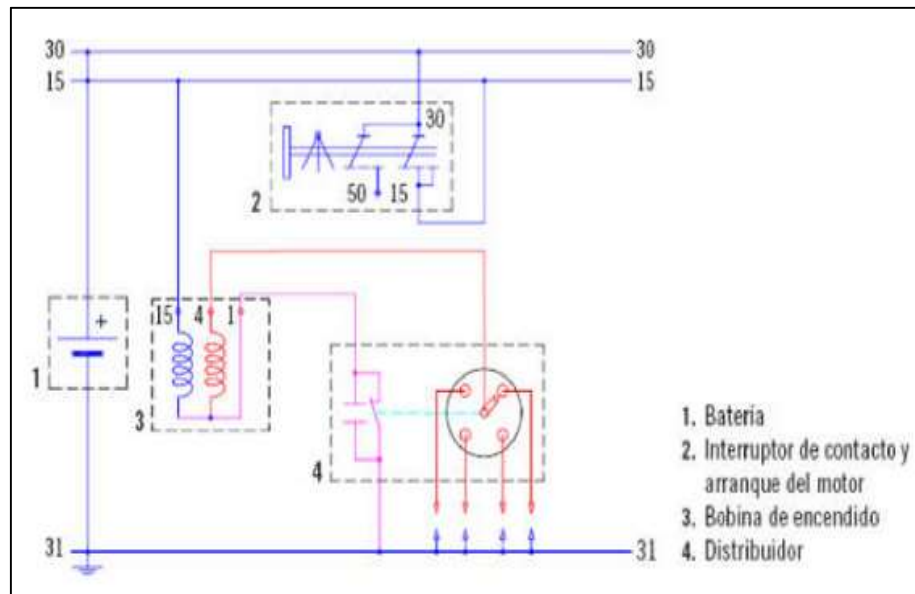


Figura 25. Diagrama eléctrico de encendido (Alonso, 2014)

### Bobina de encendido

La bobina de encendido transforma la tensión eléctrica de 12v a tensiones del orden de 15000v, esto es debido al fenómeno de inducción magnética de la bobina del primario sobre la bobina del secundario, se trata del fenómeno electromagnético a distancia. Las dos bobinas se alojan en una pieza única comúnmente llamada bobina de encendido, pero en realidad es un autotransformador eléctrico.

### Distribuidor de encendido

Es el encargado de distribuir la corriente eléctrica a las bujías de forma secuencial y cíclicamente, está formado principalmente por la tapa, el rotor, el ruptor (platino), leva y condensador. El distribuidor (Figura 26) está sincronizado mecánicamente con el movimiento del árbol de leva del motor, y por lo tanto, también lo está con los pistones del motor. De esta forma, la chispa salta entre los electrodos de la bujía se producirá en el momento preciso y en la bujía que corresponda.

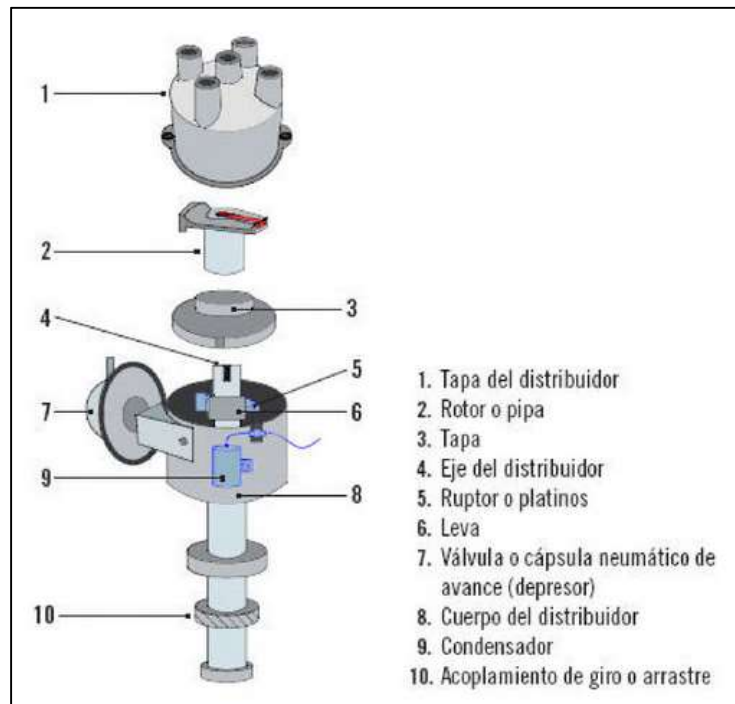


Figura 26. Parte del distribuidor (Alonso, 2014)

## Bujías

Es un componente eléctrico o pieza del sistema de encendido, su función es la de inflamar la mezcla de gasolina y aire que se encuentra en el interior de una cámara de combustión de un motor, dicha inflamación se produce por el arco eléctrico (chispa) que salta entre dos electrodos que tiene la bujía (Figura 27).

Se le puso unas bujías marca: NGK, del tipo RA7YC.

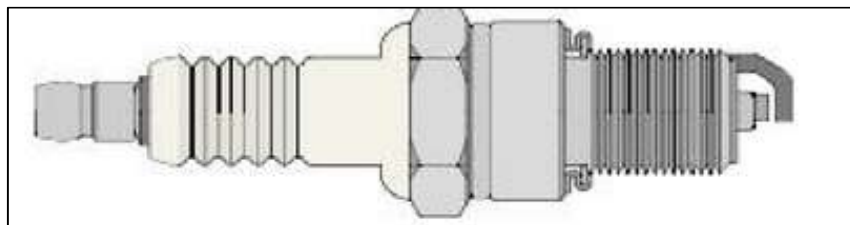


Figura 27. Bujía (Rodríguez, 2012)

Las bujías van montadas en la culata del motor mediante un sistema roscado (Figura 28), la calibración de las mismas deben tener un espacio entre el electrodo y masa de 0.9 a 1.2 mm

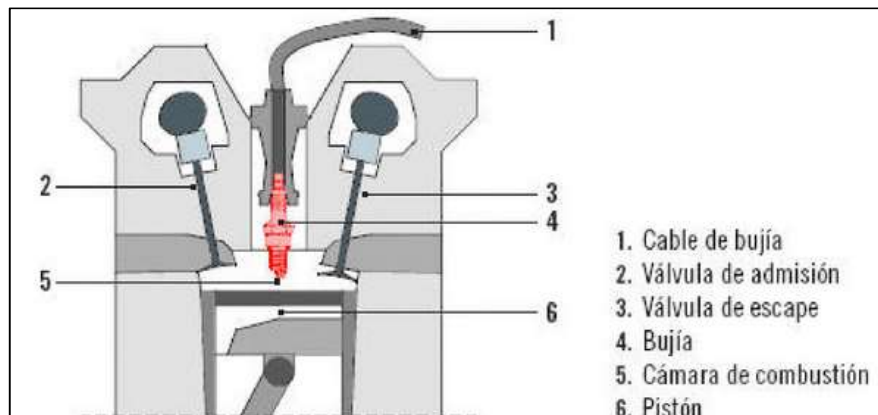


Figura 28. Ubicación de la bujía (Rodríguez, 2012)

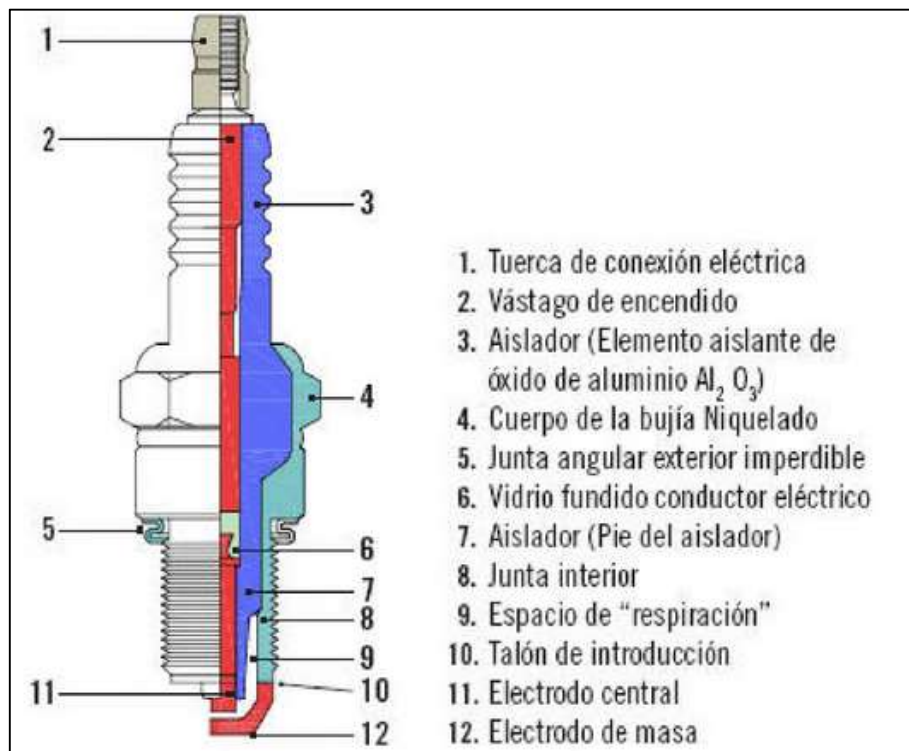


Figura 29. Partes de la bujía (Rodríguez, 2012)

### Cables secundarios del encendido

Los cables de eléctricos (Figura 30) para conducir la energía eléctrica de alta tensión tienen un aislante de alto voltaje, recordemos que se generan 15000v. Estos cables están formados por varias capas, normalmente, por un revestimiento aislante exterior resistente a altas temperaturas, humedad, vibraciones. Estos cables disponen de terminales en sus extremos para conectarse por presión a la bujía, distribuidor y bobina. Es importante que el estado de este cable sea óptimo debido a que puede interferir en las señales eléctricas de sensores.

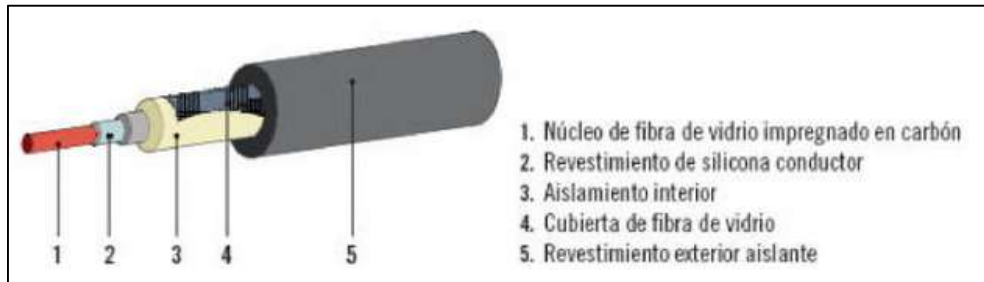


Figura 30. Cable de bujía (Rodríguez, 2012)

### 2.3.4 Sistema de lubricación

El sistema de lubricación (Figura 31) es el encargado de mantener lubricadas todas las partes móviles de un motor, formando una fina película o capa de aceite en medio de dos piezas con movimiento relativos que producen fricción para que no se produzca un desgaste excesivo en las piezas y así evitar el mal funcionamiento o bajo rendimiento del motor.

El sistema de lubricación tiene dos objetivos claros:

Llevar el lubricante a las partes del motor con la presión adecuada tal que se mantenga una fina película del mismo en todo momento

Enfriar aquellas zonas de alta temperatura que no están en contacto con el sistema de refrigeración, como son los pistones y los cojinetes de biela.

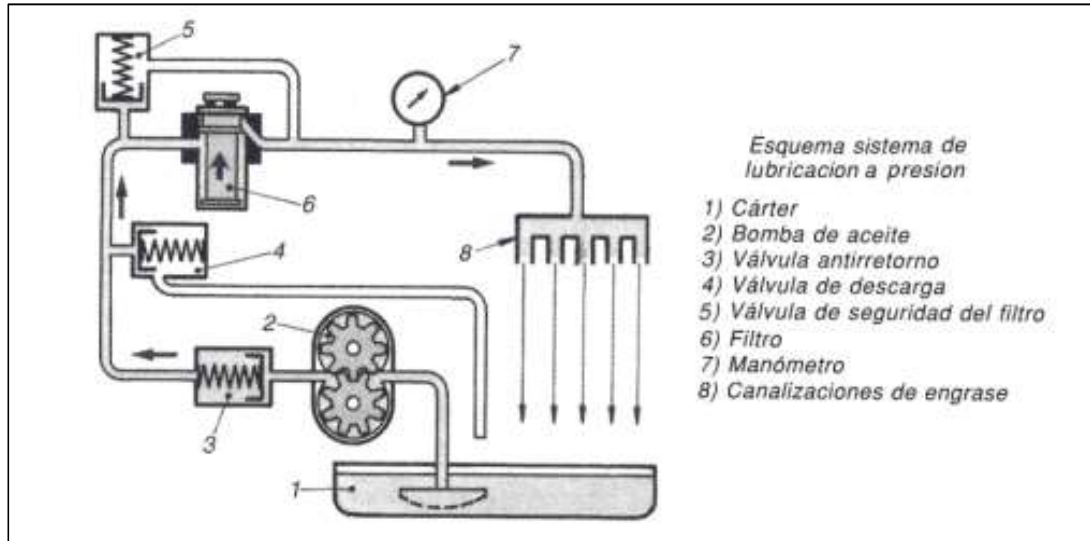


Figura 31. Sistema de lubricación (Rodríguez, 2012)

### Cárter

El cárter o charola de aceite es una caja metálica en donde se alojan los mecanismos del motor.

Es una pieza fundamental ya que cumple una doble función, por un lado cierra el bloque del motor de forma que estanca por su parte inferior y por otro sirve como depósito del aceite recogiendo del aceite que cae tras su paso por las partes del motor.

Debe tener una capacidad de 4 a 9 cuartos de galón, es decir, 3 a 8 litros de aceite, ya que por un lado, la bomba de aceite debe estar sumergida en el mismo y por otro es necesario que el aceite tenga un tiempo de reposo para refrigerarse antes de la impulsión

## Bomba de aceite

La función de la bomba de aceite es la de impulsar el lubricante desde la parte más baja a la más alta del motor. Dichas bombas son capaces de suministrar una presión elevada, incluso a bajo régimen del motor.

## Válvula de descarga

Esta válvula es conocida también como válvula de alivio de presión. Está situada en la misma bomba de impulsión de aceite, siendo la encargada de mantener la presión del aceite en los niveles deseados, aun con el pronunciado cambio de viscosidad que puedan conllevar los cambios de temperatura.

## Filtros de aceite

A medida que se usa el aceite del motor, este se contamina gradualmente con partículas de metal, carbón, suciedad aerotransportada, etc.

El filtro de aceite (Figura 32) se encarga de retener las impurezas acumuladas. Existen dos tipos de filtros: el filtro de aceite de cartucho por el que pasa el aceite y en él se quedan el 95% de las impurezas de 10 a 40 micras y el filtro de aceite de carcasa, en el que el cartucho de filtrado es solidario respecto a una carcasa metálica que va atornillada al vehículo.

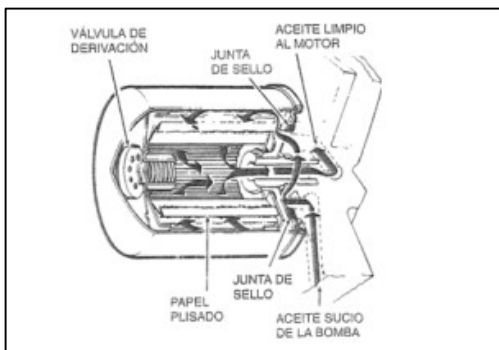


Figura 32. Filtro de aceite (Rodríguez, 2012)

## **Aceite del motor**

El aceite lubricante se compone de un aceite base, que le confiere las características lubricantes básicas y una serie de aditivos, que son sustancias químicas que se incorporan al aceite con el objeto de modificar y mejorar sus propiedades.

El aceite base puede ser de varios tipos diferentes, según sea su procedencia pueden ser de: origen mineral, vegetal, animal o sintético. El aceite lubricante lleva a cabo varias tareas en el motor, las cuales son:

- Lubricar las partes en movimiento para reducir el desgaste.
- Conforme el aceite circula a través del motor, el aceite absorbe calor.
- Llena las holguras entre cojinetes y la superficie de rodamiento.
- Ayuda a formar un sello a prueba de gas entre los anillos del pistón y las paredes del cilindro.
- Actúa como un agente de limpieza.

Además el aceite lubricante para un motor debe poseer ciertas propiedades:

- ✓ Viscosidad adecuada.- Medida de la resistencia al flujo de aceite.
- ✓ Resistencia a la formación de carbón y a la oxidación del aceite.
- ✓ Inhibidores de corrosión y de herrumbre.
- ✓ Resistencia al espumado.
- ✓ Detergentes-dispersantes.
- ✓ Resistencia a presión extrema.
- ✓ Aceites conservadores de energía.

El aceite utilizado es Havoline SAE 40 el cual tiene las siguientes características:

Tabla 3 Características típicas del aceite

| Grado SAE                                          | Método ASTM  | 40             |
|----------------------------------------------------|--------------|----------------|
| Número de Producto                                 | —            | 743344         |
| Número MSDS<br>Colombia<br>El Salvador             | —            | 33180<br>33179 |
| Densidad @ 15°C                                    | D4052        | 0,885          |
| Viscosidad cinemática<br>cSt @ 40°C<br>cSt @ 100°C | D445<br>D445 | 155,5<br>15,04 |
| Índice de viscosidad                               | D2270        | 96             |
| Punto de inflamación, COC, °C                      | D92          | 262            |
| Punto de fluidez, °C                               | D97          | -27            |

### 2.3.5. Sistema de refrigeración

El principal objetivo es la reducción de la temperatura de trabajo de cada uno de los elementos del motor a los valores que estos pueden soportar, permitiendo que esta temperatura sea suficiente para aprovecha el máximo rendimiento del motor. Según figura 33.

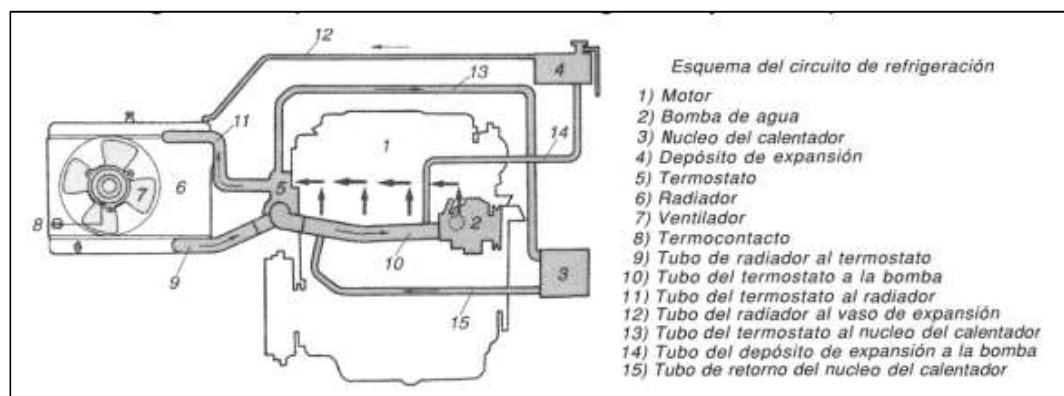


Figura 33. Sistema de refrigeración (Rodríguez, 2012)



## Bomba de agua

La bomba de agua es el corazón del circuito de refrigeración del motor, ya que es el elemento que se encarga de producir la circulación del flujo del refrigerante a través del motor manteniendo la presión y caudal necesarios.

Normalmente la bomba (Figura 34) se haya instalada a la entrada del bloque del motor y el movida directamente por la polea del cigüeñal, a través de la transmisión de una correa trapezoidal.

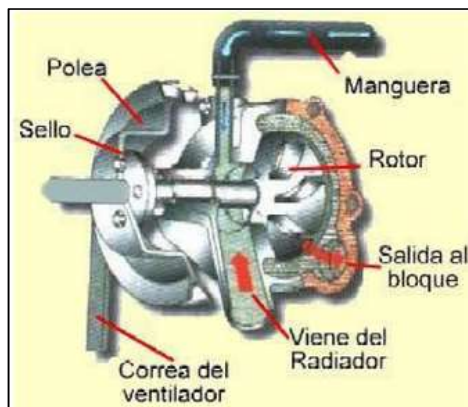


Figura 34. Bomba de agua (Rodríguez, 2012)

Dicha bomba aspira el agua del radiador y la hace circular por el interior del bloque y la culata para refrigerar los cilindros y la cámara de combustión.

La bomba está formada por una carcasa de aleación ligera, el en interior se encuentra una turbina de paletas unidas al árbol de mando de las bombas el cual se apoya sobre la carcasa por los cojinetes de bolas, con un retén acoplado al árbol para evitar fugas de agua a través del mismo.

## Termostato

Es el elemento que se responsabiliza de calentar el motor antes de empezar a trabajar y lo mantiene a la temperatura óptima para su trabajo. Cuando la temperatura del motor no ha alcanzado el nivel normal de funcionamiento entre 80 a 90°C, el termostato se cierra evitando el paso del

líquido caliente hacia el radiador para refrigerarse hasta que no se haya alcanzado esta temperatura mínima del interior del motor.

Así se consigue acelerar el proceso de calentamiento del motor, evitando los problemas que ocasiona la circulación en frío.

### **Radiador**

El radiador (Figura 35) es básicamente un intercambiador de calor agua-aire. En él el líquido caliente entra por la parte superior al depósito existente del mismo, y de ahí pasa por una serie de conductos hasta el depósito inferior desde donde retorna al motor.

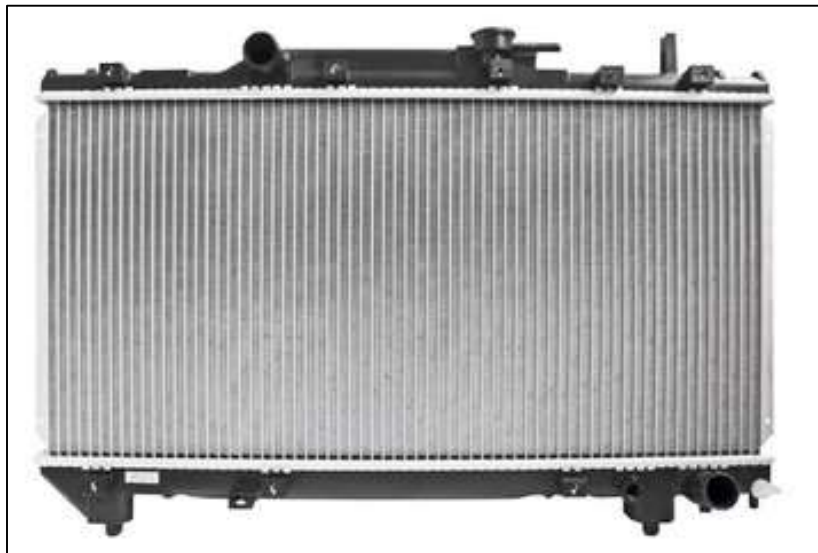


Figura 35. Radiador (Rodríguez, 2012)

A lo largo de su paso por estas laminas, el líquido va cediendo calor al aire que atraviesa el radiador, que es impulsado a circular a través de él por la propia velocidad del vehículo o con la ayuda de un ventilador. Se usó el radiador de un forsa 2 con su respectivo electroventilador.

## 2.4 Definición y funcionamiento del motor Bóxer o cilindros opuestos

El motor Bóxer es un propulsor de diseño horizontal con los cilindros opuestos con el cigüeñal en el centro y en el que cada pareja de pistones se mueve simultáneamente dentro y fuera, y no alternativamente. Esta disposición presenta numerosas ventajas inherentes, entre las que sin duda destaca un centro de gravedad más bajo que el de un motor en línea o en V, lo que redunda en un claro aumento de la estabilidad. Esta arquitectura provoca un nivel mucho más bajo de vibraciones, por tanto, menos ruido y un incremento de la durabilidad del vehículo. Además, se trata de motores de un tamaño más compacto, hecho que reduce el peso del conjunto del coche, mejorando así sus prestaciones y propiciando un mayor ahorro de combustible.

A pesar de tener grandes beneficios, solo existen dos empresas automotrices en todo el mundo que fabrican los motores bóxer (Subaru y Volkswagen) esto se debe a su compleja fabricación y costos importante. Subaru lleva fabricando este tipo de motores más de 50 años, el primer motor bóxer diseñado en Japón estuvo a cargo del Ing. Shinroku Momose, este equipo conocía las bondades de este tipo de motores, pero se encontraron con muchas dificultades durante el proceso de desarrollo. Utilizo el aluminio con el fin de hacerlo más ligero logrando reducir el peso un 15% en comparación a un motor de cuatro cilindros en línea

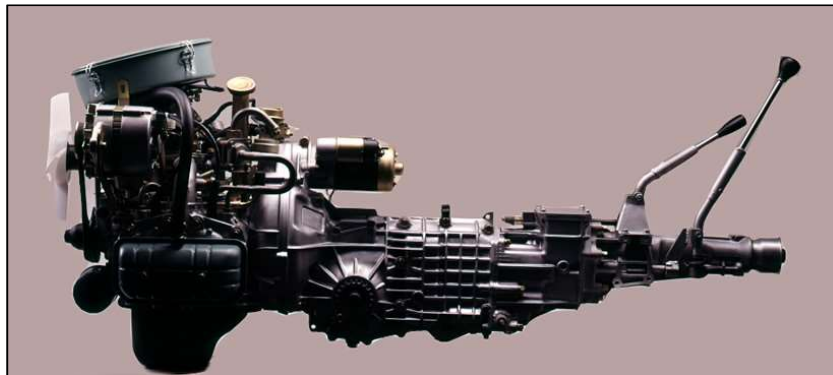


Figura 36. Motor bóxer

El motor para el presente trabajo es el EA-63, el cual se produjo a partir de 1973 a 1976. Este tipo de motor se encuentra en el modelo Leona Subaru producido en 1974- 1976. Este modelo es el predecesor del Subaru 1000 y su sucesor el Subaru Impreza. Las especificaciones del EA-63 son las siguientes:

- Cilindrada: 1.361 cc.
- Diámetro: 85 mm. • Carrera: 60 mm
- Relación de compresión: 8.5:1
- Tren de válvulas: OHV varillas.
- Potencia: 58 CV (43 Kw., 59 PS) a 5200 RPM.
- Torque: 68 libras pies (92 N · m) a 2400 RPM.

Además es importante mencionar que, a comparación de muchas marcas existentes y en aquellos años, este motor cuenta con una válvula EGR, es decir una válvula para recirculación de gases de escape, donde los gases quemados (gas inerte) mezclados con la mezcla aire combustible, disminuyen la velocidad de combustión y por ende reducen las temperaturas elevadas; con lo cual se disminuye los niveles de emisión de óxidos de nitrógeno (NOX), provocados por las elevadas temperaturas de las cámaras de combustión.

Subaru ha empleado transmisiones manuales, automático convencional y la variable continua (CVT) en sus vehículos, las cuales han sido fabricadas por Subaru a excepción de las automáticas las cuales son fabricadas por otras empresas pero con diseños adaptadas a las especificaciones de Subaru. La transmisión que se encuentra con este motor, es el modelo T71 la cual tiene relaciones de transmisión: primera 3,307; segunda 1,944; tercera 1.344; cuarta 0.942; reversa 4.100. El uso de este modelo de transmisión fue desde 1970-1982 en todos los vehículos FWD.

### **2.4.1. Ventajas y desventajas de los motores planos**

Debido a que estos tipos de motores no presentan una configuración común, respecto a la mayoría de motores utilizados, es necesario conocer las ventajas e inconvenientes que estos presentan.

#### **Ventajas**

- Son mejor equilibrados que los tipos de motores en línea; es decir, presentan vibraciones mucho menores a los motores en línea, ya que el centro de masa permanece invariable a través de una revolución del motor; solo los momentos de segundo orden se mueven al girar el volante.
- Tienen una altura menor, por lo cual el centro de gravedad es más bajo que el de sus pares en línea y en "V"; permitiendo una refrigeración más eficaz.
- Este tipo de motores es que, en caso de choque frontal, tiende a introducirse debajo del coche, en lugar de penetrar en la cabina, debido a que el motor se sitúa más abajo y proporciona mayor seguridad a los pasajeros.
- Poseen una disposición más compacta, y sus elementos al ser de menor longitud garantizan mayor estabilidad.
- Gracias a su diseño, facilita el montaje ya sea en la parte delantera o trasera del vehículo sin olvidar que este es abierto y expuesto del motor, permitiendo una mejor refrigeración del motor, sea enfriado por aire o por agua.

## **Desventajas**

- Mayor costo de desarrollo y fabricación, esto se debe a que necesita mayor cantidad de piezas y algunas partes son complejas de fabricar como el cigüeñal.
- Si el motor está ubicado en la parte delantera, interfiere con la capacidad de las ruedas para dirigir el vehículo; pero a su vez permite con facilidad la localización de la transmisión y la tracción en las cuatro ruedas los mecanismos detrás de él, entre los ejes delantero y trasero.
- Fabricantes de automóviles de lujo y alto rendimiento prefiere utilizar configuraciones como el 6 en línea, plano-6 o V8, ya que estos diseños están en primaria y secundaria equilibrio intrínseco y por lo tanto son mucho más suave que el piso-4, especialmente en las salidas de alta potencia.

## **CAPITULO III**

### **Diseño y construcción de la estructura del banco de pruebas**

#### **3.1 Diseño estructural**

El motor de combustión interna necesita tener buenas bases y amortiguación debido a que genera vibraciones, movimientos y oscilaciones, y estas puedan afectar su rendimiento, es por ello que una buena base es indispensable para no poner en riesgo la seguridad de los usuarios. Los requerimientos en cuanto a soporte de peso, y movimientos normales del motor debe ser considerado a la hora de colocar el motor en un banco de prueba estático.

La estructura del banco (Figura 37), cuenta con 30 metros de tubo cuadrado, es una estructura rectangular, la cual cuenta con estructura interna con la finalidad de que asienten las bases del motor, la base de la caja de cambio, tanque de combustible y batería.

Tiene con una altura de 1.30m sin contar la altura de las garruchas que es aproximadamente de 12cm, un frente de 1m en donde está ubicado el radiador, y un largo de 1.80m. . En la siguiente imagen se puede apreciar el diseño de la estructura, así mismo en el anexo 1 se encuentran los diseños de la misma

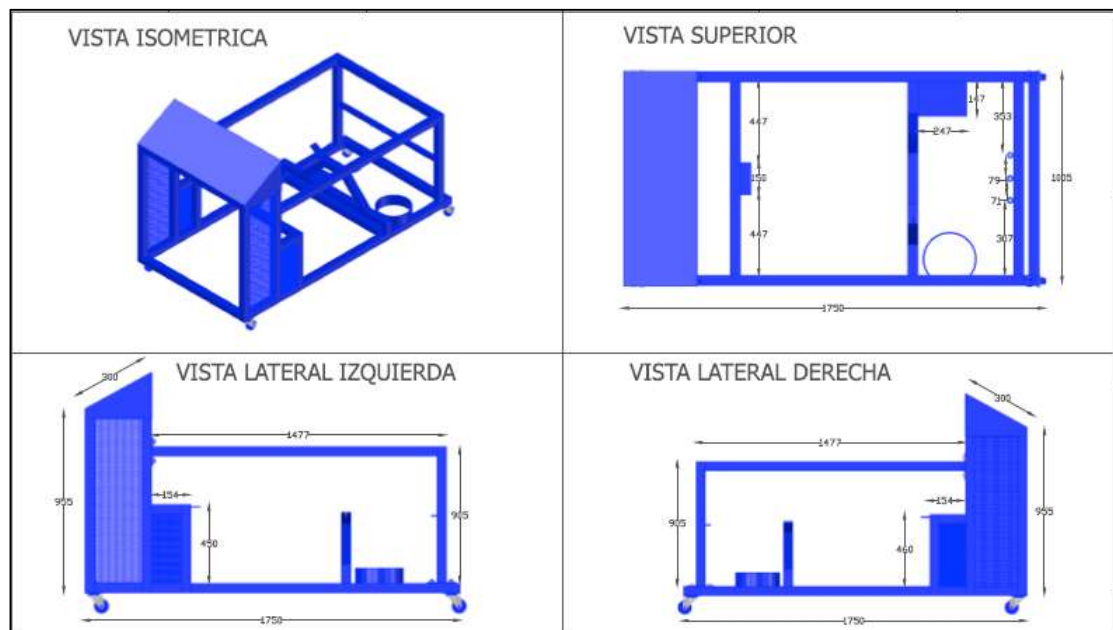


Figura 37. Estructura de banco de prueba

La selección del material es de un Acero ASTM A36 este acero estructural es de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles.

Tabla 4 Características del Acero ASTM A36

| Composición Química (Valores Típicos) |            |                                         |            |            |
|---------------------------------------|------------|-----------------------------------------|------------|------------|
| %C                                    | %Mn        | %Si                                     | %P         | %S         |
| ≤ 0,26                                | 0,80 -1,20 | ≤ 0,40                                  | ≤ 0,04     | ≤ 0,05     |
| Propiedades Mecánicas                 |            |                                         |            |            |
| Esfuerzo Fluencia                     |            | Esfuerzo Tracción (Kg/mm <sup>2</sup> ) |            | Elongación |
| (Kg/mm <sup>2</sup> )                 | MPa        | (Kg/mm <sup>2</sup> )                   | MPa        | %          |
| 25,5 (mín)                            | 250 (m/n.) | 40,8 (mín)                              | 400 (mín.) | 20 (mín.)  |

Una vez hecha la elección del material y conociendo sus propiedades, el tipo de forma será de viga cuadrada de 2" de diámetro con un espesor de 3mm.



A continuación detallamos los componentes utilizados en la construcción estructura del banco de prueba (soportes de motor, transmisión. batería, tanque de combustible, radiador y caja de operación).

Tabla 5 Componentes para la construcción del banco de pruebas

| <b>Componentes para la construcción del banco de pruebas</b> |                             |                 |                   |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Cantidad</b>                                              | <b>Materiales</b>           | <b>Diámetro</b> | <b>Medida</b>     | <b>Observaciones</b>                                                 |
| 4                                                            | Tubos Cuadrados<br>(6m c/u) | 2"              | 3mm de<br>espesor | Empleado en la<br>construcción de la<br>estructura                   |
| 2                                                            | Paquete de Suelta           | .               | lbs               | Para la unión de<br>toda la estructura<br>metálica                   |
| 1                                                            | Maya metálica               | 1"              | -                 | Recubrir laterales<br>de la estructura                               |
| 4                                                            | Garruchas                   | 4"              | -                 | Dar movilidad a la<br>estructura                                     |
| 2                                                            | Bases de motor              | 3"              | -                 | Su uso es absorber<br>las vibraciones<br>producidas por el<br>motor  |
| 1                                                            | Base de caja de<br>cambios  | 3"              | -                 |                                                                      |
| 10                                                           | Pernos                      | -               | 10mm              | Para fijar la<br>estructura de<br>seguridad al<br>soporte del motor. |
| 10                                                           | Tuercas                     | -               | 10mm              |                                                                      |
| 10                                                           | Anillos                     | -               | -                 |                                                                      |
| 1                                                            | Platina                     | -               | 1m                |                                                                      |

Por seguridad y salud ocupacional existe un concepto importante que es el de salvaguardar la integridad física de un operario, además de delimitar la zona de control y a la que puede acceder el usuario sin que corra riesgo alguno. Este elemento de seguridad debe contar y esta solidariamente unido lo más posible a la estructura principal, esto se debe a que será sometido a

vibraciones, normales del funcionamiento del motor por ende no solo se confía en la soldadura como proceso único de unión, sino que también se incorporan elementos como pernos, tuercas y anillos de presión los cuales aseguran la estructura de seguridad.

### 3.2 Modelado asistido por computadora

El programa usado para el modelado de la estructura del banco de pruebas será SolidWorks 2018. SolidWorks con su complemento de estructuras y piezas soldadas nos permite crear croquis y planos en 3 dimensiones con lo cual la creación de nuestra estructura basada en nuestros planos se realiza de forma rápida según figura 38.

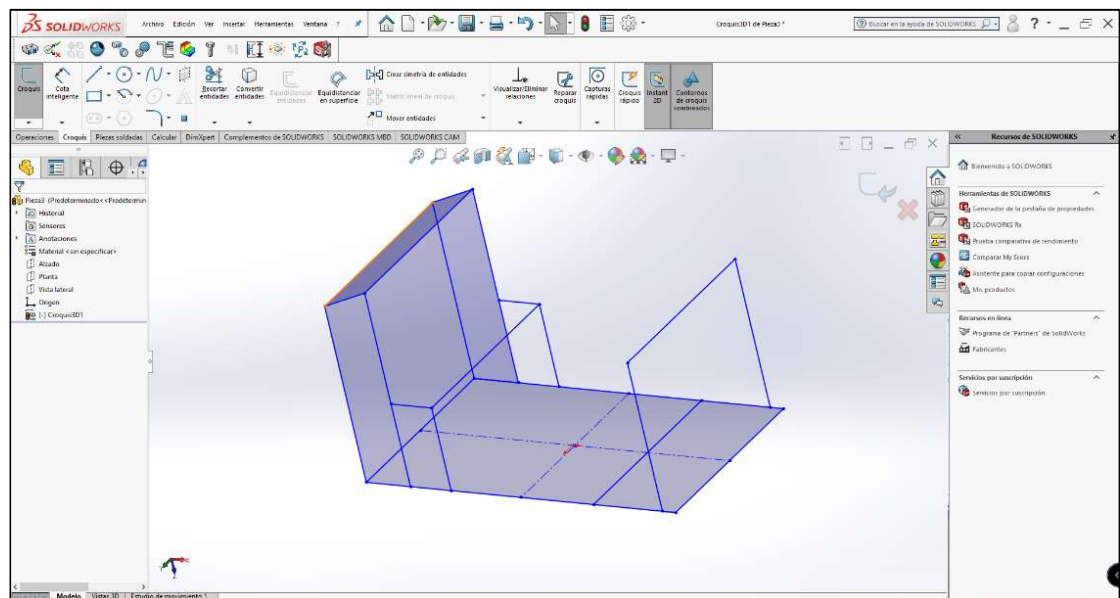


Figura 38. Diseño estructural en 3D

### Estructura final modelada y soldada

SolidWorks al tener un complemento de soldadura en estructura y piezas, nos configura de manera automática el mejor tipo de soldadura, es decir el material de aporte, el tipo de unión, la cual fue de tipo continua, y el

material de aporte fue el equivalente al uso de un electrodo de tipo 6061 (Figura 39).

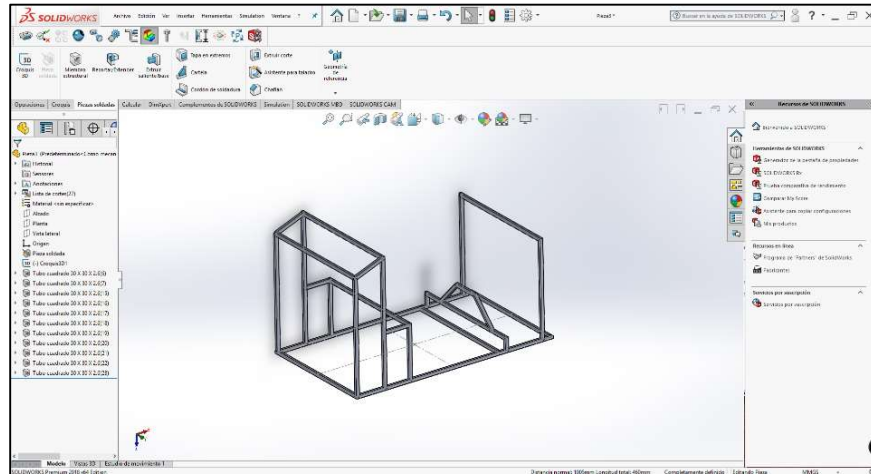


Figura 39. Estructura final modelada y soldada

## Selección de material y visualización de puntos de unión de la estructura

Dentro del complemento de simulación de SolidWorks, existen pasos predefinidos como, selección del tipo de material, ya sea por elementos únicos, grupales, o sólidos completos. Dentro de los puntos de críticos de cualquier estructura son las uniones o vértices (Figura 40), donde estas se encuentran unidas. Estas uniones son de suma importancia ya que son las partes más débiles de la estructura, sin embargo, la soldadura en cordón ascendente le da una resistencia mayor.

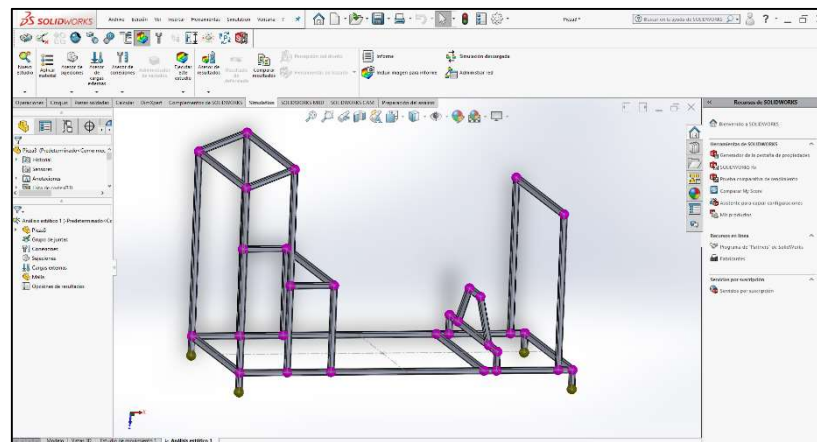


Figura 40. Identificación de puntos de unión

## Puntos de apoyo de geometría inamovible

Un paso principal es la elección del tipo de comportamiento de los puntos de apoyo o sujeciones, estos puntos son primordiales para la fidelidad de la simulación con un entorno real debido a que estos tienen un tipo de contacto y comportamiento a la hora de realizar ya sean esfuerzos o cargas sobre la estructura a simular (Figura 41).

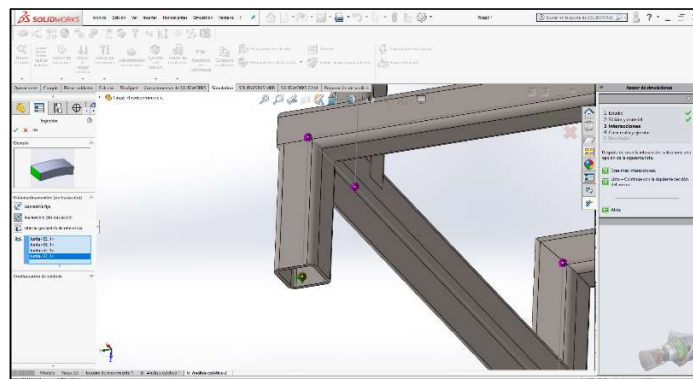


Figura 41. Identificación de puntos de unión

## Selección de cargas y esfuerzos

En este paso se seleccionó el tipo de cargas y el lugar donde estas van a actuar, se realizaron dos tipos de análisis uno de estrés estático, uno de tipo dinámico, que considera el peso del motor, sistemas y la transmisión a la hora de estar en funcionamiento (Figura 42).

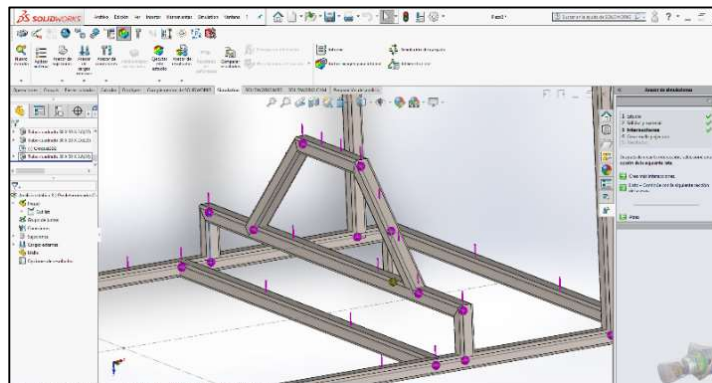


Figura 42. Identificación de puntos de cargas y esfuerzos

## Definición del tipo de mallado.

En este proceso se puede configurar de manera manual ya sea por elementos únicos o elementos grupales e inclusive por caras de geometría, en este caso como se trabajó con una estructura del mismo tipo de material y elemento la topología o forma de la malla es circular lo cual agiliza el proceso de simulación (Figura 43).

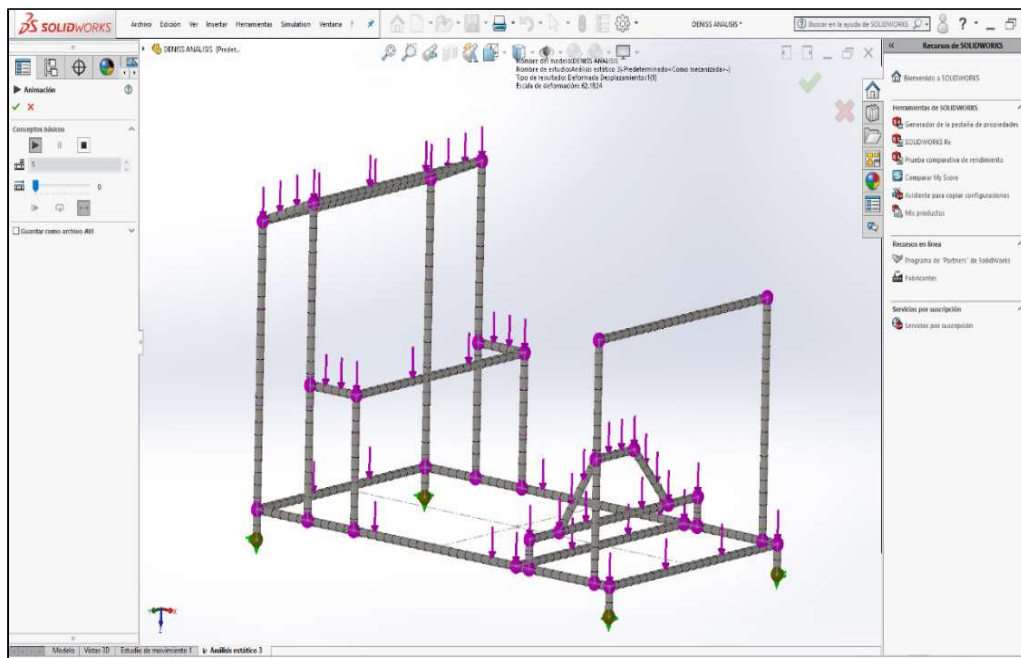


Figura 43. Identificación de puntos de unión

## Resultado de análisis de estrés estático

Este tipo de análisis (Figura 44) nos expresa los puntos que son sometidos a mayores esfuerzos, se lo puede observar por la colorimetría de la tabla de resultados, en este caso se ubican en los 4 puntos de apoyo seguido por el cuadrante lateral de la estructura.

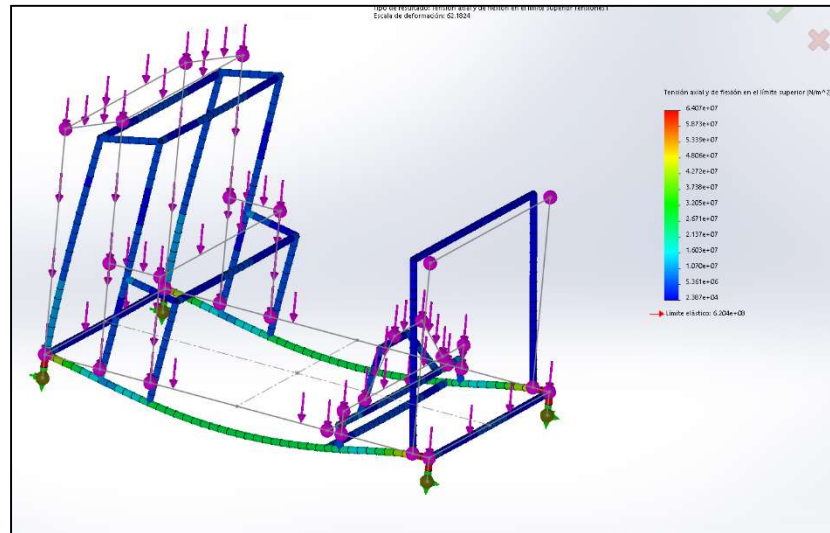


Figura 44. Análisis de estrés estático

### Resultado de análisis de cargas dinámicas

Este tipo de análisis (Figura 45) nos permite conocer las deformaciones expresadas en milímetros, don el desplazamiento máximo esta expresado en color rojo según la colorimetría, el cuadrante principal y puntos de soporte del motor no presentaron mayor deformación, como un resultado interesante el tablero de control presento una mayor deformación debido al pandeo o flexión presentado en el cuadrante principal.

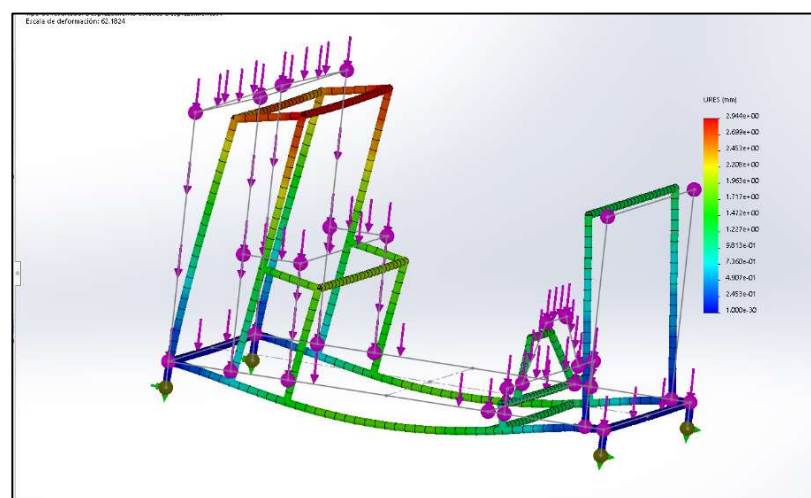


Figura 45. Análisis de carga dinámica

### 3.2 Construcción de la estructura metálica

Ya teniendo en cuenta los materiales y diseño de la estructura se procedió a realizar la estructura donde descansarían las bases del motor (Figura 46) del tal modo que quede centrado a la estructura del banco de pruebas.



Figura 46. Base del motor

Ya realizada esta estructura para las bases de motor, se las soldó a la estructura del banco de pruebas y se realizó la respectiva prueba con el motor y caja de cambio instaladas. Para el sistema de combustible del banco de prueba se consiguió un tanque metálico, el cual mediante unas adaptaciones se usó como tanque de combustible (Figura 47), el cual cuenta con su boya de nivel de combustible, salida de combustible y su tapa de llenado con su respectivo desfogue de gases.



Figura 47. Tanque de combustible



Para el sistema de refrigeración se utilizó el radiador convencional (Figura 49), se construyeron bases de soporte para el radiador las cuales van conectadas directamente a la estructura de la maqueta, de esta forma la instalación se realiza en un solo conjunto, el radiador cuenta con su propio electro ventilador.



48



Para el reservorio de líquido refrigerante se colocó una base superior tipo agarradera (Figura 50)



Figura 50. Reservorio de líquido refrigerante

El sistema de aceleración del motor (Figura 51) se lo logro colocando un pedal de aceleración fijado en la parte inferior delantera por debajo del panel de control, de esta manera se pueden observar las variables del motor en el momento de la aceleración.



Figura 51. Sistema de aceleración

Para el sistema de escape (Figura 52) se utilizó el mismo tubo de escape del vehículo, solo modifiqué la longitud del escape para que quede acorde a la estructura del banco de prueba, finalmente se instaló un silenciador acorde a la estructura el cual controla las emisiones de ondas sonoras producidas por el motor en funcionamiento.



Figura 52. Escape del motor

### 3.3 Diseño del Tablero de Control

Se construyó un tablero (Figura 53) de control capaz de poder albergar en su cuadro de instrumentos, tacómetro de rpm, voltímetro, nivel de temperatura, horómetro, nivel de combustible, presión de aceite, carga de batería, switch y una señal que nos indicara cuando el electro ventilador comienza a trabajar. Para ello se realizó el siguiente diseño.

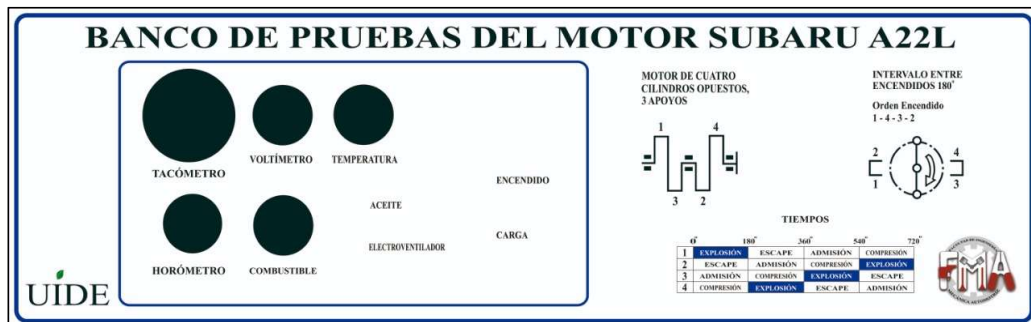


Figura 53. Diseño del tablero de control

## CAPÍTULO IV

### Implementación del banco de pruebas

#### 4.1. Instalación de componentes de mecánicos

El motor se lo instalo de modo que los estudiantes puedan acceder de manera fácil al carburador, sistema de encendido y demás sensores. Figura 54.



Figura 54. Instalación del motor

Como parte del motor podemos encontrar:

La ubicación del relevador, justamente por la base del motor, esta sostenida de la estructura del banco de pruebas. Figura 55.

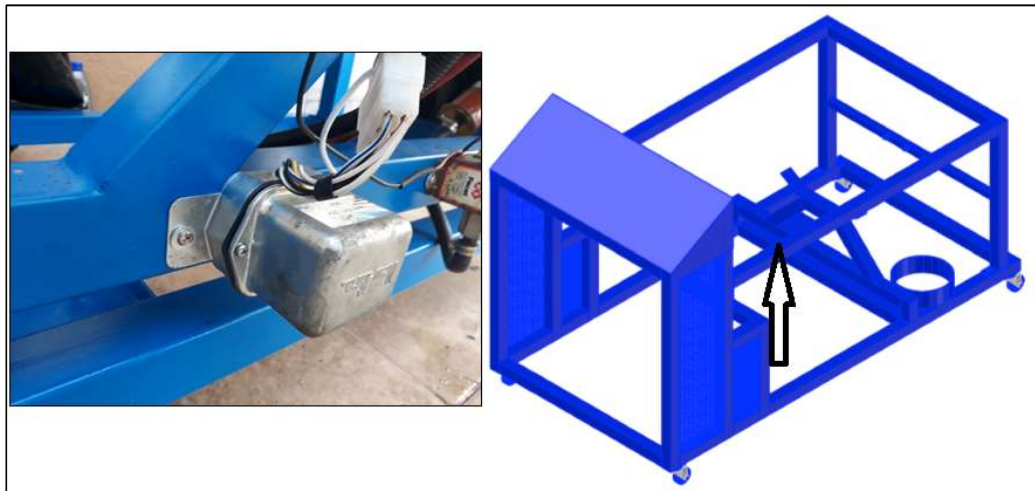


Figura 55. Ubicación del relevador

La ubicación de la batería es justo encima de su porta base tipo canasta que está del lado izquierdo posterior de la estructura. Figura 56.

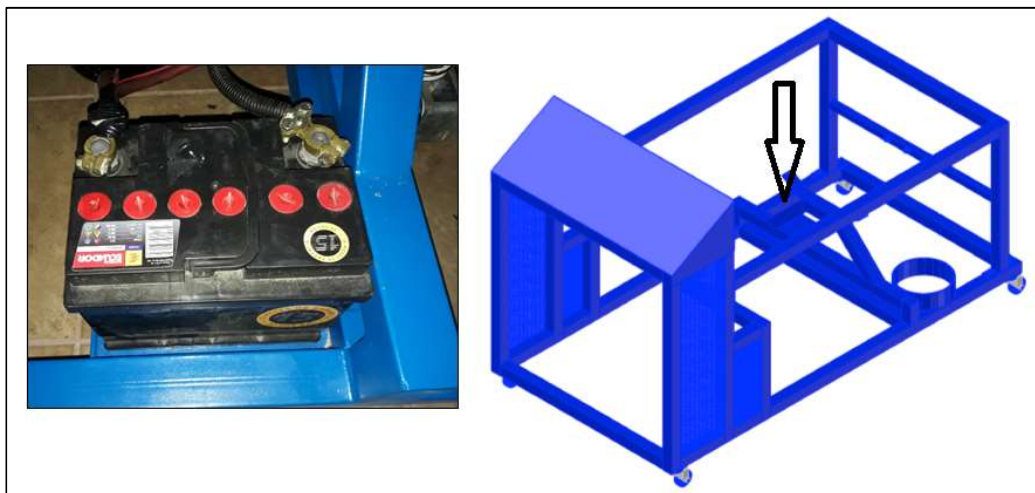


Figura 56. Ubicación de la batería



La bomba de combustible eléctrica va a un lado del tanque de combustible, esta se la empotro por debajo de la estructura del motor. Figura 57.

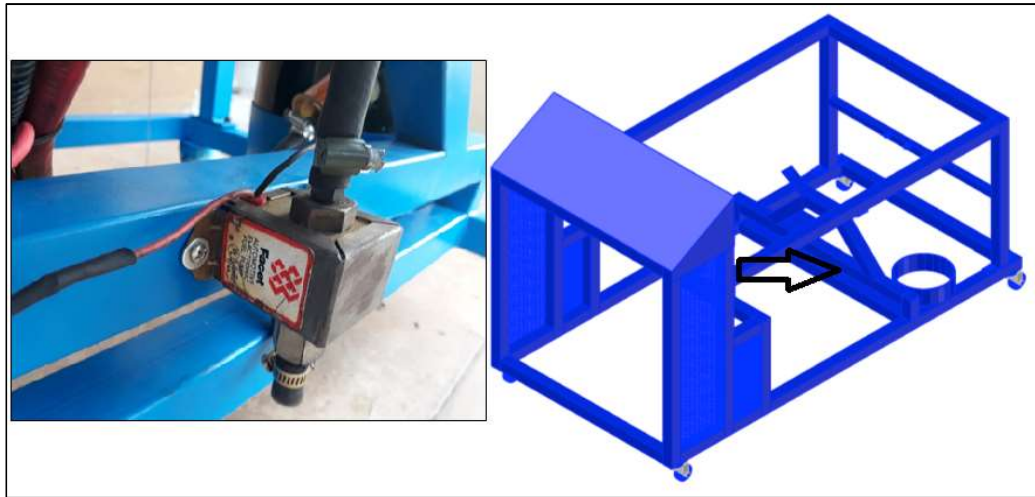


Figura 57. Ubicación de la bomba de combustible

El tanque va ubicado en su base que esta de lado derecho posterior de la estructura. Figura 58.

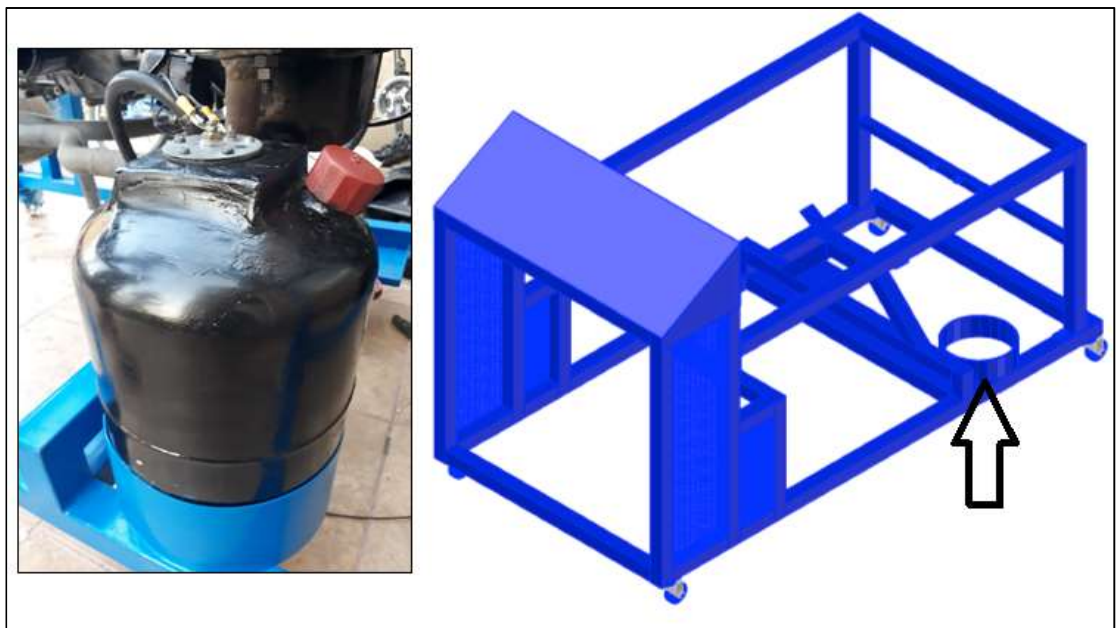


Figura 58. Ubicación del tanque de combustible

El sistema del escape va agarrado por sus entradas al motor y el silenciador va agarrado a la estructura del banco de prueba por medio de un anillo de caucho. Figura 59.

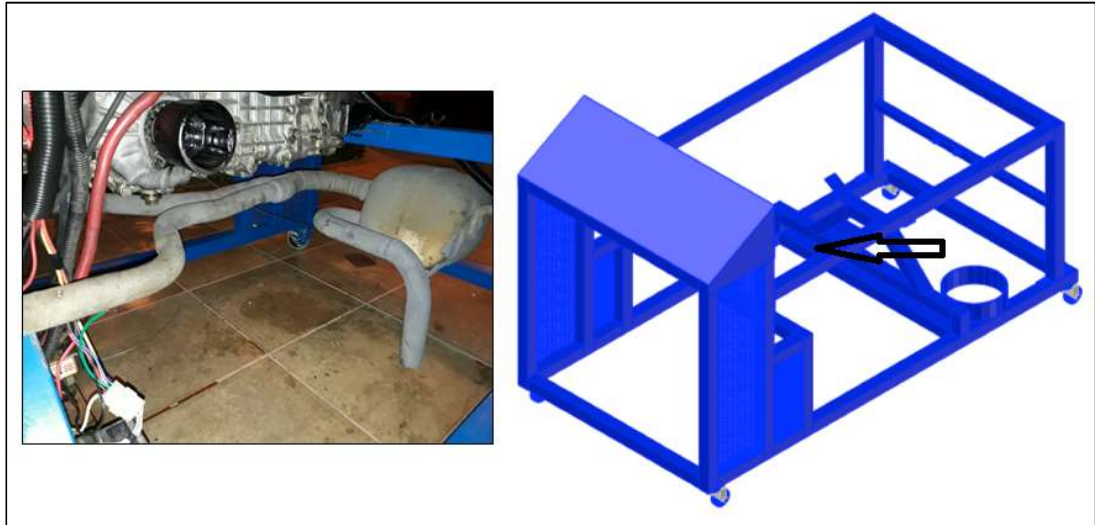


Figura 59. Ubicación del escape

El radiador va montado en la parte posterior de la estructura, asienta en 3 bases y está sujeto por dos pernos.

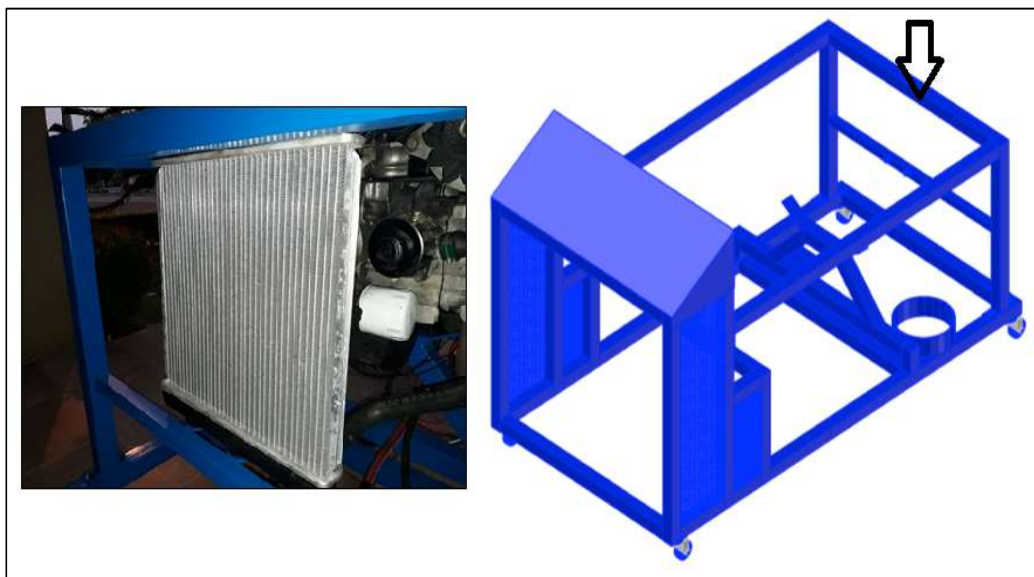


Figura 60. Ubicación del radiador

La fusilera va por debajo del tablero del control. Figura 61.

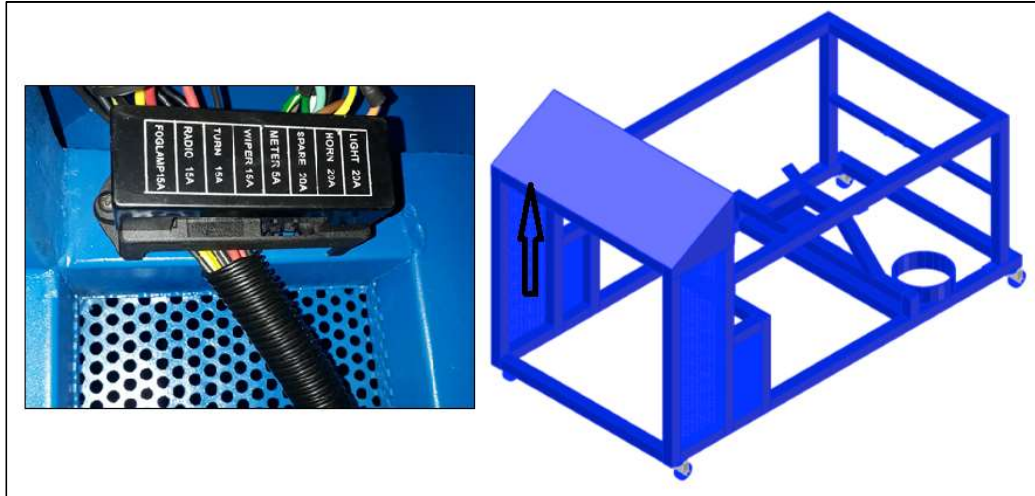


Figura 61. Ubicación de la caja de fusilera

#### 4.2. Instalación de componentes para mediciones

Los componentes de medición están ubicados en el tablero de control, para cada medidor se realizó un circuito.

##### Tacómetro

El tacómetro (Figura 62) que es quien muestra las revoluciones del motor se encuentra ubicado en la parte superior izquierda del tablero, la señal es tomada del distribuidor a través del platino y condenso.



Figura 62. Ubicación del tacómetro

Su diagrama de conexión es la siguiente:

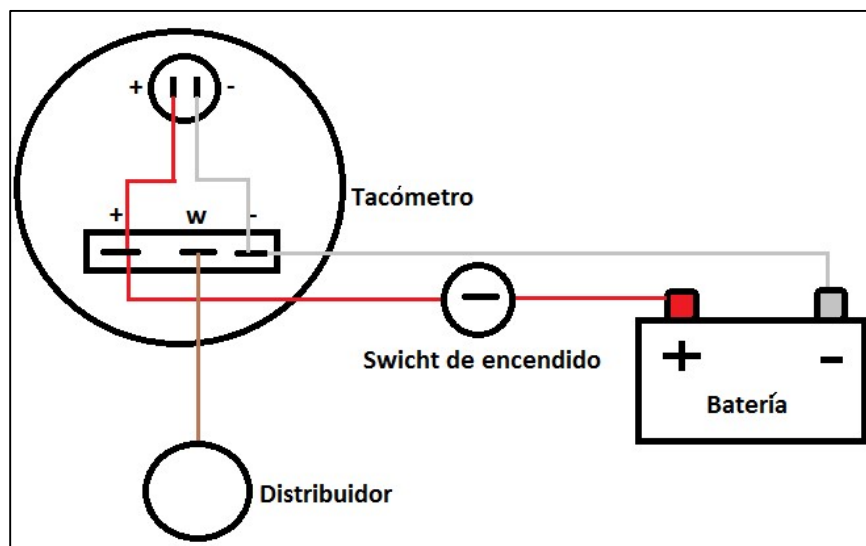


Figura 63. Diagrama del tacómetro

En donde el distribuidor envía pulsaciones negativas por cada ciclo de los pistones.



## Voltímetro

El voltímetro (Figura 64) se encarga de medir el voltaje de la batería

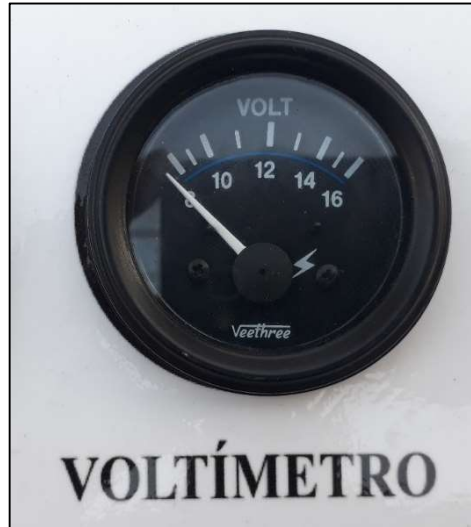


Figura 64. Ubicación del voltímetro

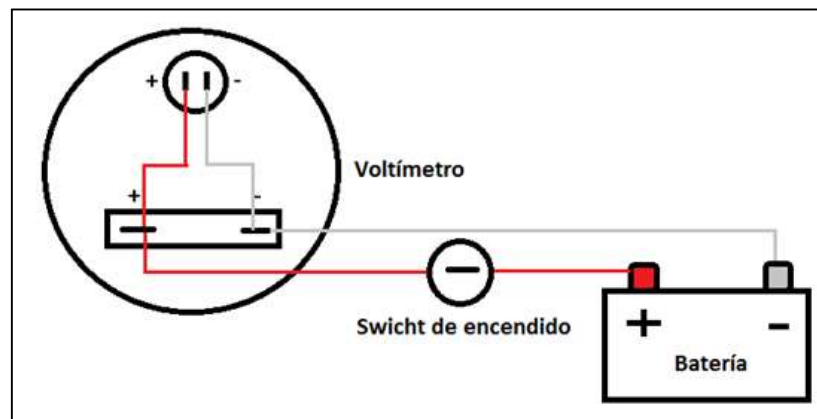


Figura 65. Diagrama del voltímetro

## Temperatura

Este medidor que indica la temperatura del motor (Figura 66), la señal la toma del trompo de temperatura ubicado en el ingreso del sistema de refrigeración del motor



Figura 66. Ubicación del medidor de temperatura

El trompo de temperatura está configurado como un sensor NTC es decir, a medida que aumenta la temperatura su resistencia interna baja el cual esta con una referencia al negativo de la batería (Figura 67).

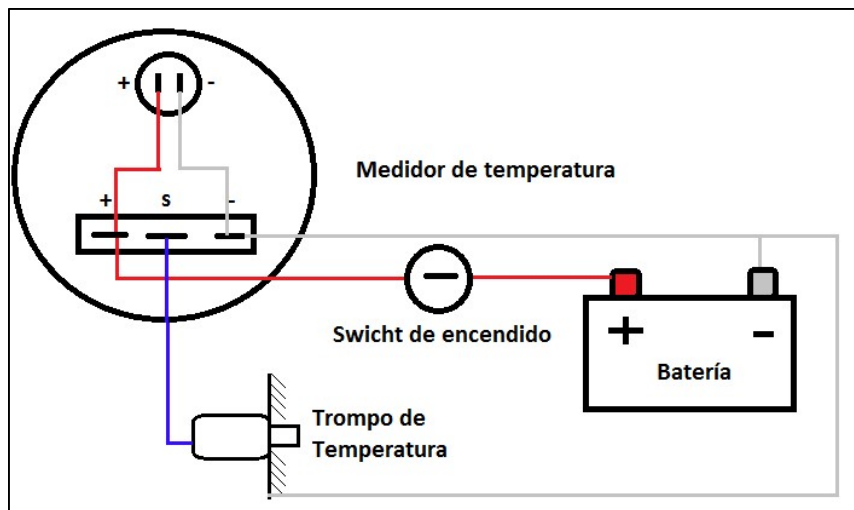


Figura 67. Diagrama del medidor de temperatura

## Horómetro

El horómetro (Figura 68) se encarga de indicar las horas de trabajo del motor, de esta manera llevar un control con respecto al mantenimiento del mismo



Figura 68. Ubicación del Horómetro

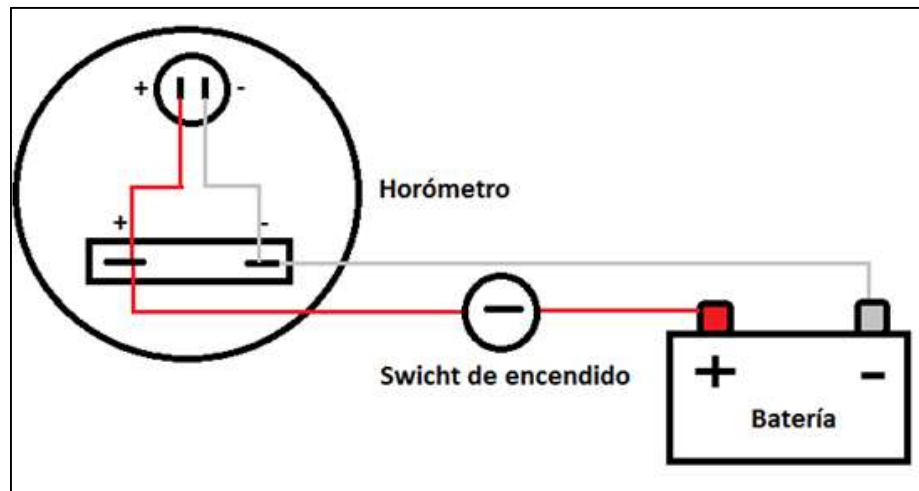


Figura 69. Diagrama del Horómetro

## Combustible

Este medidor que indica el nivel de combustible (Figura 70) dentro del tanque, la señal la toma del sensor de nivel que se encuentra en la parte interna del tanque de combustible.



Figura 70. Ubicación del medidor de combustible

El nivel de combustible está configurado como un sensor NTC es decir, a medida que aumenta la temperatura su resistencia interna baja el cual esta con una referencia al negativo de la batería (Figura 71).

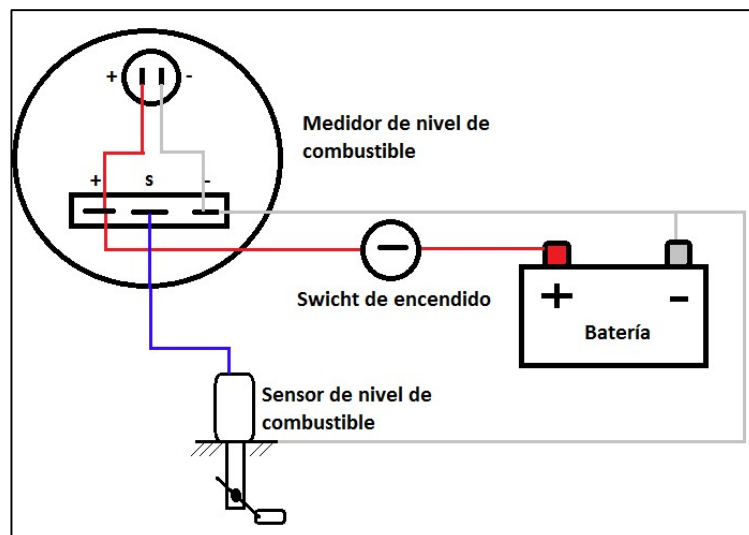


Figura 71. Diagrama del medidor de nivel de combustible

## Aceite

Este indicador nos muestra el nivel mínimo de aceite (Figura 72) que debe tener el motor, ya que funciona como un sensor de presión de aceite, cuando el nivel baja este indicador se enciende debido a la baja presión del mismo.



Figura 72. Ubicación del nivel de aceite

Este sensor o trompo de nivel de aceite censa la presión del mismo, si existe presión abre su contacto interno enviando un falso negativo, cuando no hay presión su contacto se cierra enviando un negativo activando en indicador (Figura 73)

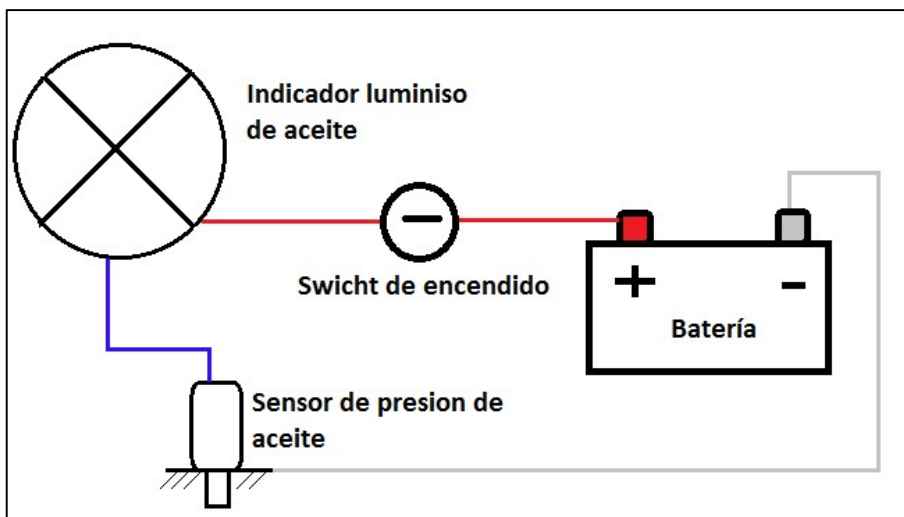


Figura 73. Diagrama del medidor de nivel de aceite

## Electro ventilador

Este indicador (Figura 74) nos muestra el momento en el que el electro ventilador está trabajando, su señal es tomada del termoswitch ubicado en la salida del sistema de refrigeración del motor



Figura 74. Ubicación del indicador del electro ventilador

Este sensor censa la temperatura del líquido refrigerante que está circulando en el motor, si este líquido sobrepasa los 95°C sus contactos internos se cierran enviando una negativo al indicador (Figura 75)

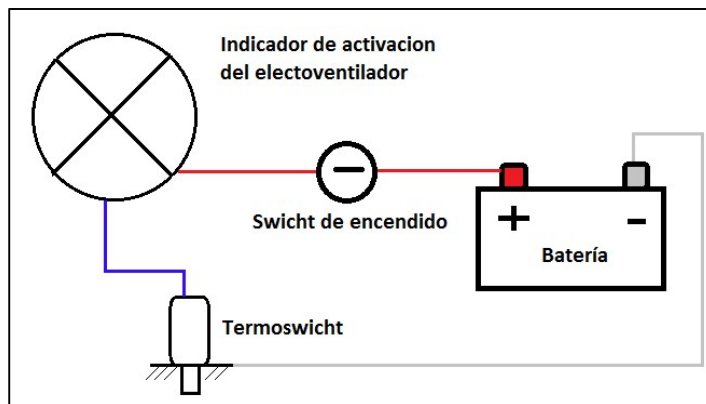


Figura 75. Diagrama del indicador del electro ventilador

Autor: Denni Guzmán

## Carga

Este indicador (Figura 76) nos muestra el momento en el que el alternador le suministra energía a la batería, la señal la toma del relevador.



Figura 76. Ubicación del indicador de carga de batería

Su diagrama de conexión entre el alternador y el indicador (Figura 77) lo realiza a través del relevador

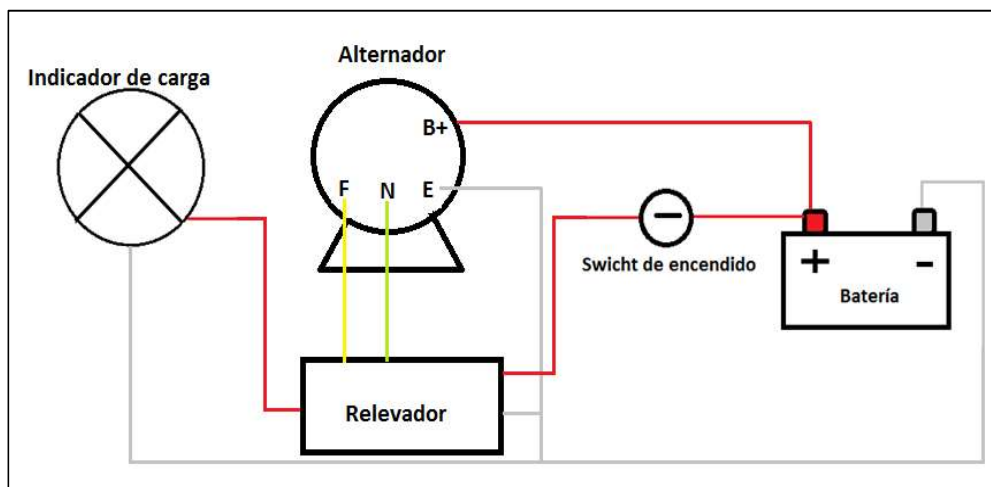


Figura 77. Diagrama del indicador de carga

#### 4.3. Instalación de etiquetado

El etiquetado se realizó mediante una impresión en vinil (Figura 78), con una capa superior de vinil transparente para evitar el desgaste de la pintura de las letras, suciedad del panel y facilidad de limpieza



Figura 78. Colocación de vinil

#### 4.4. Montaje y acabados del banco de pruebas

Todo el cableado quedo protegido con manguera corrugada (Figura 79) ubicado de en tal posición que este libre del calor del motor y del aplastamiento.

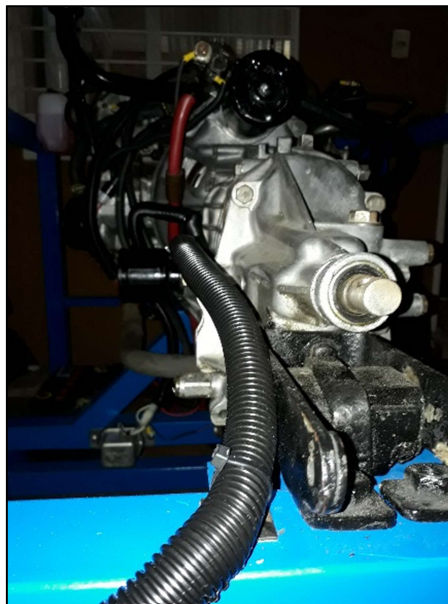


Figura 79. Cableado del motor



En la parte derecha del tablero de control se colocó la imagen de la forma de encendido del motor (Figura 80).

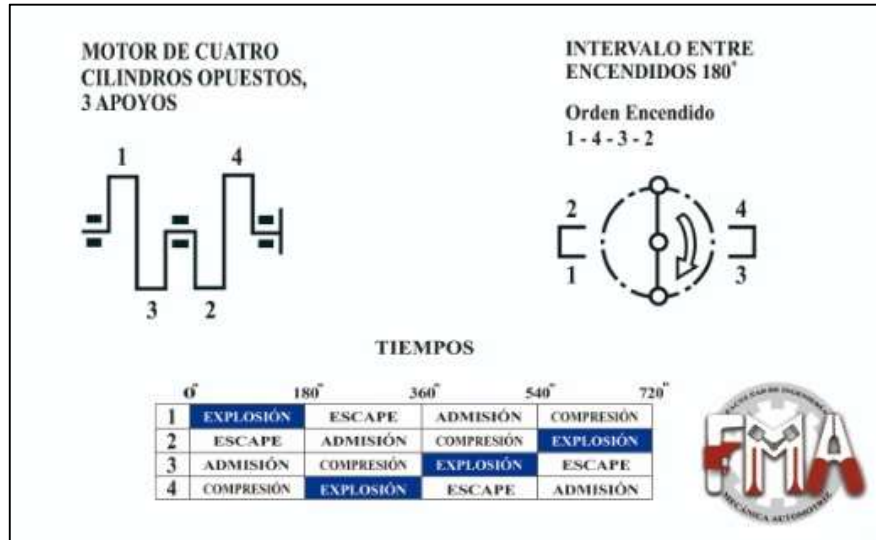


Figura 80. Imagen de encendido del motor

## CAPITULO V

### Comprobación y puesta en marcha del banco de pruebas

#### 5.1 Comprobación del Sistema de encendido

Para la verificación y comprobación del sistema de encendido se revisó los componentes de la generación y distribución de chispa, para ello se revisa el distribuidor (Figura 81).



Figura 81. Tapa del distribuidor

Una vez levantada la tapa se debe verificar el rotor, se debe comprobar su limpieza libre de sulfato (Figura 82).



Figura 82. Tapa del distribuidor interna

Las levas del eje del rotor dan la apertura del platino por lo que se debe verificar si existe algún desgaste del mismo (Figura 83).

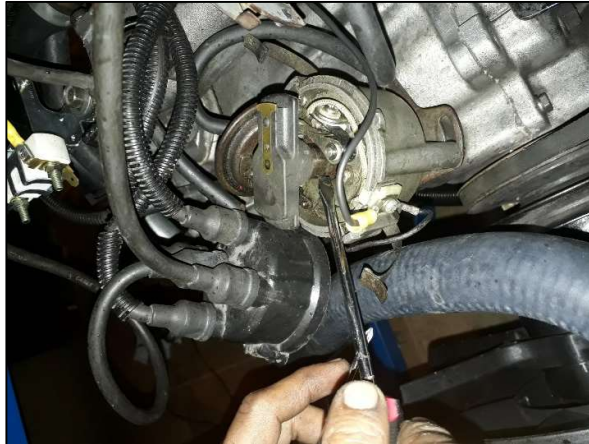


Figura 83. Leva del rotor del distribuidor

Autor: Denni Guzmán

Con la leva en su punto alto se debe comprobar la apertura del platino el cual debe tener una apertura de 0.08mm (Figura 84).



Figura 84. Punto de contacto del platino

Así mismo se debe revisar el estado de las bujías las cuales deben salir secas, se debe limpiar los electrodos y corroborar que la distancia entre los electrodos sea de 1.1mm (Figura 85)



Figura 85. Calibración de bujías

Los cables de distribución de chispa tiene una resistencia de aproximadamente  $10K\Omega$ , estos cables con el pasar del tiempo y por la cantidad de voltaje que maneja va perdiendo su resistencia interna lo que provoca baja chispa, es por ello la importancia de la medición (Figura 86).



Figura 86. Tapa del distribuidor

Autor: Denni Guzmán

Se revisa la resistencia de la bobina en alta y en baja. En baja se toma referencia el positivo de la bobina y carcasa. En la bobina de alta se toma de referencia en entrada y salida (Figura 87).



Donde tenemos un valor referencial de 5 a 20 K $\Omega$

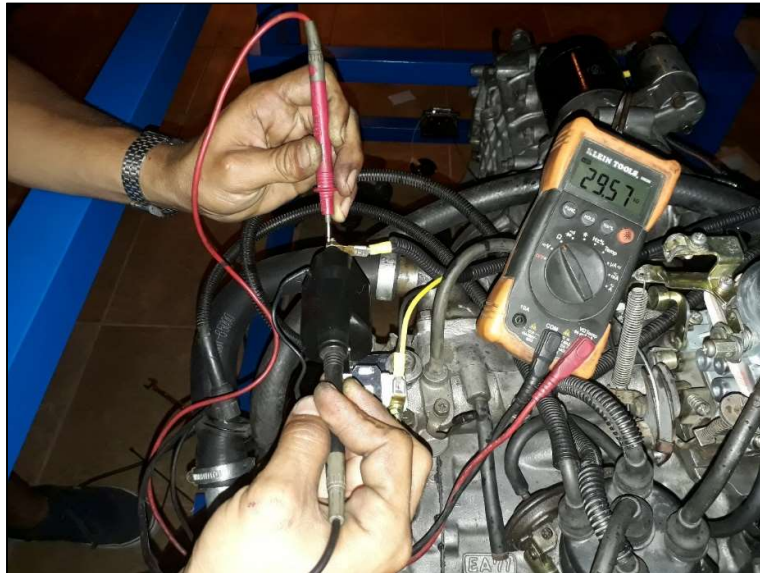


Figura 87. Medición de bobina de baja

Donde tenemos un valor referencial de 0.2 a 4  $\Omega$



Figura 88. Medición de bobina de alta

Autor: Denni Guzmán

Las pruebas realizadas al alternador es corroborando el voltaje que este entrega a la batería para su carga (Figura 89).

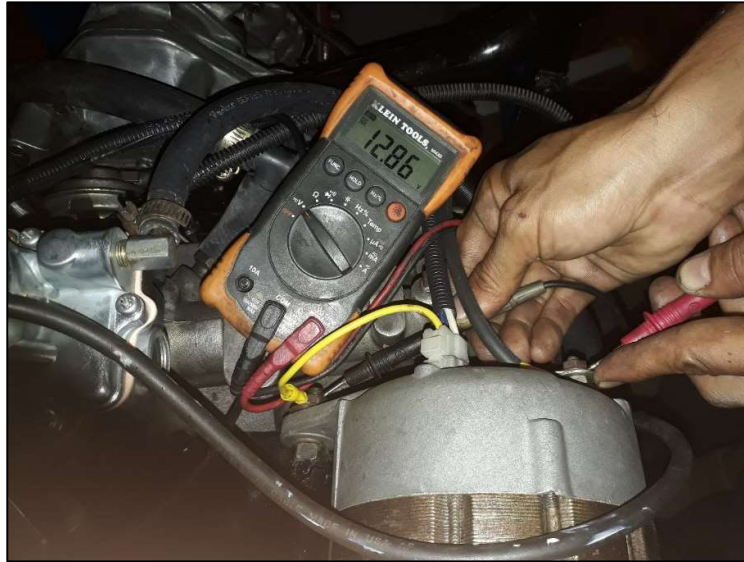


Figura 89. Voltaje del alternador

El voltaje de genera el alternador depende de la cantidad de giro del mismo, es por ello que se debe revisar el templado de la banda y el ajuste (Figura 90).



Figura 90. Banda del alternador

## 5.2 Calibración del sistema de carburación

El carburador (Figura 91) tiene tres puntos de calibraciones básicas y esenciales. La calibración del ralentí que es a través de un tornillo que mueve la mariposa interna del carburador

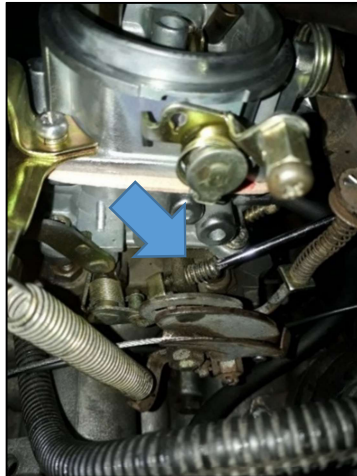


Figura 91. Punto de calibración de combustible

La calibración de ingreso de aire para la mezcla de aire y combustible se la realiza por medio de tornillo que se encuentra en la parte delantera del carburador (Figura 92)



Figura 92. Punto de calibración del paso de aire



También es importante la revisión del nivel de combustible dentro del carburador ya que si existe en demasía, este no va a encender debido a que no tiene la mezcla ideal para realizar la combustión. (Figura 93)



Figura 93. Nivel de combustible dentro del carburador

### 5.3 Pruebas de desarrollo del Motor

Para realizar la prueba de encendido se debe verificar lo siguiente:

- ✓ Verificación de voltaje en la batería
- ✓ Nivel de combustible adecuado
- ✓ Nivel y estado del aceite del motor
- ✓ Nivel de líquido refrigerante

Una vez revisado estos pasos se procede a encender el motor. Teniendo los siguientes resultados.

Tabla 6 Tabla de datos iniciales

|                    | Abierto Switch | Motor en Relanti |
|--------------------|----------------|------------------|
| Tacómetro (RPM)    | 0              | 500              |
| Voltímetro (V)     | 12,5           | 13,5             |
| Temperatura (°C)   | 30°C           | 50°C             |
| Horometro (H)      | 9              | 9                |
| Combustible (L)    |                |                  |
| Aceite             | Encendido      | Apagado          |
| Electro Ventilador | Apagado        | Apagado          |
| Carga              | Apagado        | Encendido        |

Autor: Denni Guzmán

La información de los manómetros de temperatura, combustible y horómetro dependen del tiempo encendido el motor, las RPM depende del pedal de aceleración.

El electro ventilador comenzó a trabaja a partir de los 85°C, se mantuvo encendido hasta que la temperatura bajase a los 75°C.

Tabla 7 Tabla de datos del electro ventilador

| Electro ventilador |        |
|--------------------|--------|
| Encendido          | >85°C  |
| Apagado            | < 75°C |

Denni Guzmán

## CAPÍTULO VI

### Elaboración de guías prácticas para el estudiante

#### 6.1 Practicas del sistema de encendido

| GUÍA #1                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                 |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Banco de prueba del motor Subaru A22L                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                 |                      |
| Fecha.....                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                 |                      |
| Estudiante.....Curso.....                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                 |                      |
| Docente.....Calificación.....                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                 |                      |
| <b>Tema:</b>                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Sistema de encendido</b>                                                                                                     |                      |
| <b>Objetivos:</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | Conocer los principios básicos de funcionamiento del sistema de encendido, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos |                      |
| <b>Tipo de Actividad:</b>                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Práctica y análisis</b>                                                                                                      |                      |
| <b>Modalidad</b>                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Grupal</b>                                                                                                                   |                      |
| <b>Equipo a Utilizar</b>                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Multímetro, comprobador de lainas</b>                                                                                        |                      |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR</b>                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                 |                      |
| <b>ACTIVIDADES:</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                 |                      |
| <b>1.- Comprobación de Bujías –</b>                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                 |                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Desconecte los cables de bujías y desmonte las mismas.</li><li>✓ Compruebe la separación entre electrodos y desgaste de los mismos.</li><li>✓ Verifique que no existan residuos de carbonilla entre los electrodos.</li></ul> |                                                                                                                                 |                      |
| Bujía                                                                                                                                                                                                                                                                 | Limpieza                                                                                                                        | Espacio de electrodo |
|                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                 |                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                 |                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                 |                      |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

**Medición de la Bobina**

- ✓ Compruebe si salta chispa, con el motor girando, la bujía conectada haciendo masa en el motor (circuito de alta tensión).
- ✓ Verifique el estado de terminales, contacto del ruptor (circuito de baja tensión).
- ✓ Compruebe la continuidad, aislamiento y cortocircuito de los arrollamientos, teniendo valores de 3 a 5 ohmios (primario) y 5000 a 10000 ohmios (secundario).

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| Bobina            | Resistencia |
| Bobina primaria   |             |
| Bobina secundaria |             |

**Verificación del Distribuidor**

- ✓ Desmonte el distribuidor y retire la tapa o carcasa superior
- ✓ Compruebe el estado de los contactos y los contactos del ruptor
- ✓ Verifique la separación entre los contactos del platino.

| Cable | Aislamiento | Contacto de la tapa | Resistencia |
|-------|-------------|---------------------|-------------|
|       |             |                     |             |
|       |             |                     |             |
|       |             |                     |             |
|       |             |                     |             |
|       |             |                     |             |

## 6.2 Practicas del sistema de refrigeracion

| <b>GUÍA #2</b>                                                                                                                                                  |                                                                                                                                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Banco de prueba del motor Subaru A22L</b>                                                                                                                    |                                                                                                                                     |        |
| <b>Fecha.....</b><br><b>Estudiante.....Curso.....</b><br><b>Docente.....Calificación.....</b>                                                                   |                                                                                                                                     |        |
| <b>Tema:</b>                                                                                                                                                    | <b>Sistema de refrigeración</b>                                                                                                     |        |
| <b>Objetivos:</b>                                                                                                                                               | Conocer los principios básicos de funcionamiento del sistema de refrigeración, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos |        |
| <b>Tipo de Actividad:</b>                                                                                                                                       | <b>Práctica y análisis</b>                                                                                                          |        |
| <b>Modalidad</b>                                                                                                                                                | <b>Grupal</b>                                                                                                                       |        |
| <b>Equipo a Utilizar</b>                                                                                                                                        | <b>Destornillador copa #8mm, multímetro, pistola de calor</b>                                                                       |        |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR</b>                                                                                                                |                                                                                                                                     |        |
| <b>ACTIVIDADES:</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                                     |        |
| <b>1.- Comprobación de Mangueras</b><br>✓ Verifique que las mangueras no presenten fijación incorrecta, pérdidas, grietas, daños, conexiones flojas, deterioro. |                                                                                                                                     |        |
| Mangueras                                                                                                                                                       | Estado                                                                                                                              | Ajuste |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |        |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |        |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |        |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                     |        |
| <b>Comprobación de la Bomba de Agua</b>                                                                                                                         |                                                                                                                                     |        |

- ✓ Gire manualmente la polea de la bomba de agua, verificando que lo haga de forma suave sin ruidos o atascamientos.
- ✓ Compruebe que al momento de girar la bomba genere una presión positiva a la salida de la misma

|               |  |
|---------------|--|
| Bomba de agua |  |
| Presión       |  |
| Rotación      |  |

#### **Comprobación del electro ventilador**

- ✓ Desmonte el termoswitch del múltiple
- ✓ Aplicar temperatura hasta llegar a las 85°C
- ✓ Colocar el multímetro en sus puntas y verificar el cierre de sus contactos
- ✓ Comprobación de alimentación directa al electro ventilador
- ✓ Comprobación del pin negativo a través del termoswitch

|                  | <b>Termoswitch</b> | <b>Electroventilador</b> |
|------------------|--------------------|--------------------------|
| <b>Estado</b>    |                    |                          |
| <b>Voltaje</b>   | <b>N/A</b>         |                          |
| <b>Corriente</b> | <b>N/A</b>         |                          |

### 6.3 Practicas del sistema de alimentacion de combustible

| <b>GUÍA #3</b><br><b>Banco de prueba del motor Subaru A22L</b>                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Fecha</b>.....</p> <p><b>Estudiante</b>.....<b>Curso</b>.....</p> <p><b>Docente</b>.....<b>Calificación</b>.....</p>                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                    |
| <b>Tema:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Sistema de alimentación de combustible</b>                                                                                                      |
| <b>Objetivos:</b>                                                                                                                                                                                                                                                            | Conocer los principios básicos de funcionamiento del sistema de alimentación de combustible, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos. |
| <b>Tipo de Actividad:</b>                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Práctica y análisis</b>                                                                                                                         |
| <b>Modalidad</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Grupal</b>                                                                                                                                      |
| <b>Equipo a Utilizar</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Destornillador plano, multímetro, analizador de gases</b>                                                                                       |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR</b>                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                    |
| <b>ACTIVIDADES:</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                    |
| <p><b>1.- Comprobación de la Bomba de combustible</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comprobar el sentido de bombeo</li> <li>✓ Verificar las conexiones de las mangueras</li> <li>✓ Encender la bomba</li> <li>✓ Comprobar la corriente de la bomba</li> </ul> |                                                                                                                                                    |
| Puntos de medición                                                                                                                                                                                                                                                           | Valores                                                                                                                                            |
| Sentido de bombeo                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                    |
| Conexiones de mangueras                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                    |
| Voltaje                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                    |
| Corriente                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                    |

### **Ajuste del carburador**

- ✓ Enciende el motor y deja que se caliente a la temperatura normal de funcionamiento
- ✓ Busca los tornillos de ajuste sobre la parte frontal del carburador. En la parte frontal del carburador, encontrarás dos tornillos que se usan para ajustar la mezcla de aire y combustible.
- ✓ Ajusta ambos tornillos de igual forma y busca la mezcla correcta
- ✓ Sin importar si el motor funciona con una mezcla demasiado pobre o rica, haz que la mezcla se vuelva muy pobre girando ambos tornillos a la cuarta parte cada vez, en sentido contrario de las agujas del reloj, y luego haz que la mezcla sea igual y homogénea.
- ✓ Un motor que funciona con una mezcla pobre en revoluciones por minuto altas emitirá un sonido fuerte al abrir el acelerador, como si el mecanismo estaría inundado. Debes agregar más combustible a la mezcla.
- ✓ Un motor que funciona con una mezcla rica no necesariamente mostrará un cambio de sonido, pero podrás olerlo. Disminuye un poco el ingreso de combustible. Un motor que funciona con una mezcla muy rica hará que las bujías se carbonicen, lo cual hará que sea más difícil arrancar el auto en frío.



#### 6.4 Practicas del sistema de carga de bateria

|                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GUÍA #3</b>                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                         |
| <b>Banco de prueba del motor Subaru A22L</b>                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                         |
| Fecha.....                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |
| Estudiante.....Curso.....                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                         |
| Docente.....Calificación.....                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                         |
| <b>Tema:</b>                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Sistema de carga de batería</b>                                                                                                      |
| <b>Objetivos:</b>                                                                                                                                                                                                                                       | Conocer los principios básicos de funcionamiento del sistema de carga de batería, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos. |
| <b>Tipo de Actividad:</b>                                                                                                                                                                                                                               | <b>Práctica y análisis</b>                                                                                                              |
| <b>Modalidad</b>                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Grupal</b>                                                                                                                           |
| <b>Equipo a Utilizar</b>                                                                                                                                                                                                                                | <b>Destornillador copa #8mm, multímetro, pistola de calor</b>                                                                           |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR</b>                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                         |
| <b>ACTIVIDADES:</b>                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         |
| <b>Comprobación del alternador</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificar el apriete de los terminales</li> <li>✓ Verificar el templado de la banda de distribución</li> <li>✓ Con el motor encendido, llenar la siguiente tabla</li> </ul> |                                                                                                                                         |
| RPM                                                                                                                                                                                                                                                     | VOLTAJE                                                                                                                                 |
| 500                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         |
| 1000                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                         |
| 1500                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                         |
| 2000                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                         |
| 2500                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                         |

## **CAPÍTULO VII**

### **Conclusiones y recomendaciones**

#### **7.1. Conclusiones**

Este proyecto de tesis se desarrolló con la intención de mejorar el curso de aprendizaje de los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la extensión Guayaquil de la Universidad Internacional del Ecuador, por medio de la construcción del banco de prueba de entrenamiento del Motor bóxer y elaboración de una guía para su manejo y mantenimiento.

Prosiguiendo se enumeran las conclusiones las cuales se han logrado a través del desarrollo de este proyecto:

- ✓ El presente banco de pruebas se ha elaborado mediante una estructura suficientemente reforzada que le posibilita soportar las cargas estáticas y dinámicas, que ejerce el motor a la estructura al momento de su funcionamiento.
- ✓ El diseño del banco de pruebas se lo establecido en base a un diseño didáctico, el cual permite una fácil manipulación para el docente y estudiantes.
- ✓ Se construyó el banco con partes originales del motor las cuales facilitan un mejor sistema de escape para controlar las emisiones de ondas sonoras producidas por el motor en funcionamiento, así mismo la adaptación de un radiador moderno mejora el intercambio de calor entre el líquido refrigerante y la atmósfera.

- ✓ Las fallas que produce este motor al momento de realizar las simulaciones de sus componentes, permite comprender el funcionamiento y control, de la bobina de encendido, sistema de arranque, sistema de inyección o calibración del carburador.
  
- ✓ Se elaboraron guías prácticas para la utilización del uso del banco de pruebas, en las cuales se describen los procesos para la realización de las prácticas de los estudiantes.

Luego de culminar con la investigación podemos determinar que se realizaron con éxito todas las pruebas, mediciones y simulaciones propuestas al inicio del proyecto

## 7.2. Recomendaciones

- ✓ La construcción de la estructura del motor debe realizarse teniendo en cuenta los espacios que necesitan los sistemas: de refrigeración, gases de escape, seguridad y tablero de control.
- ✓ Revisar las conexiones eléctricas antes de encender el equipo.
- ✓ Verificar los niveles de líquidos antes usar el equipo
- ✓ Al momento de proceder con las prácticas, los estudiantes deben de seguir el procedo indicado en el manual de prácticas adjunto, jamás se debe realizar ensayos fuera de lo establecido sin la autorización del docente o director académico
- ✓ Para la utilización práctica del banco de pruebas, se pide utilizar el equipo de Protección personal requerido por la Universidad.
- ✓ Mientras se realicen las prácticas, no utilizar anillos, pulseras, cadenas o relojes, que podrían enredarse y causar algún daño físico al estudiante.
- ✓ Al proceder con los respectivos mantenimientos preventivo o correctivo del motor realizarlos de acuerdo al plan de mantenimiento elaborado.

## Bibliografía

- ✓ CULTURAL S. A. Manual del automóvil, reparación y mantenimiento, el motor de gasolina. Ediciones Cultural S.A. Madrid, España. 2013.
- ✓ EDICIONES CEAC. Manual CEAC del Automóvil. Grupo Editorial Ceac S.A. Barcelona, España. 2004.
- ✓ Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto. TMVG0409, Jose Carlos Rodriguez Melchor, ic editorial, 2012
- ✓ SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR, J. MANUEL ALONSO PÉREZ Ediciones Paraninfo, S.A., Mar 14, 2014
- ✓ Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto, Manuel Vallencillos Jiménez, editorial elearling s.l. 2017
- ✓ Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos Manuela Rivas Sánchez Editorial Elearning, S.L., Aug 31, 2017

# Anexo I

Planos de la estructura del banco de prueba









# **Anexo I**

Diseño del panel de control

