

**Universidad Internacional del Ecuador**



**Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

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

**Diseño y construcción de un banco de pruebas para el motor 1.600cc de 16 válvulas del**

**Hyundai Accent año 2004**

**Ernesto Josué Conforme Tumbaco**

**Director: Ing. Edwin Puente**

**Guayaquil, septiembre 2018**



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

**Ing. Edwin Puente**

**CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para el motor 1.600cc de 16 válvulas del Hyundai Accent año 2004”, realizado por el estudiante: CONFORME TUMBACO ERNESTO JOSUÉ, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple 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. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza el Señor Ernesto Josué Conforme Tumbaco, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, septiembre 2018

Ing. Edwin Puente

Docente de cátedra

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo, CONFORME TUMBACO ERNESTO JOSUÉ, 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.

---

Ernesto Josué Conforme Tumbaco

C.I: 0930636113

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mi papa Ernesto Conforme Moreno, quien siempre me apoyo, en cada situación difícil, y a mi mama, Nelly Tumbaco Cáceres, quien siempre estuvo ahí, con su apoyo incondicional, inculcándome los buenos valores, y brindándome un conocimiento o enseñanza en ser una mejor persona y un buen profesional cada día.

Dedico este trabajo de titulación a mi amiga, compañera, novia, Samantha Beltrán quien me ayudo en cada situación difícil y complicada al momento de realizar este trabajo de titulación.

A mi hermano Danny Andrés Conforme que siempre me pudo dar su apoyo moralmente a lo largo de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme permitido crecer profesionalmente y tener el apoyo incondicional de mi familia, y poder ser mejor persona y profesional en el campo laboral en el cual me he formado durante esta maravillosa travesía conocida como universidad.

Agradezco a familiares, docentes, tutores, director académico, amigos, compañeros, por su tiempo, conocimiento, experiencias compartidas a lo largo de mi vida universitaria.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE FIGURA.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
CAPÍTULO I .....	1
ANTECEDENTES .....	1
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos específicos .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.3.1. Justificación teórica .....	3
1.3.2. Justificación práctica.....	3
1.4. MARCO METODOLÓGICO.....	4
1.4.1 Método de investigación .....	4
1.5. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.5.1. Variable dependiente .....	4
1.5.2. Variable independiente .....	4
1.5.3. Operación de variables.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO DE TEÓRICO .....	6
2.1. Hyundai Accent 2004 .....	6
2.2. Motor.....	7

2.3. Inyección electrónica .....	10
2.4. Distribución DOHC .....	12
2.5. Sistema de control electrónico del motor.....	13
2.6. Sensores .....	15
2.6.1. Sensor de Posición (Velocidad).....	15
2.6.2 Caudalímetro.....	19
2.6.3. Sensor de presión (MAP).....	21
2.6.4. Sensor de temperatura.....	23
2.6.5. Sensor de gases de escape.....	26
2.6.6. Sensor de detonación .....	29
2.6.7. Sensor de posición del acelerador.....	30
2.6.8. Sensor de posición del cigüeñal.....	32
2.6.8. Sensor de posición del árbol de levas .....	34
2.6.9. Sensor VSS .....	35
2.7. Actuadores .....	35
2.7.1. Inyectores.....	37
2.7.2. Sistema de ignición .....	39
2.7.3. Bobina de ignición .....	40
2.7.4. Válvula de control de aire .....	40
2.7.5. Válvula de solenoide de purga del Canister.....	41
2.7.6. Relé de la bomba de combustible .....	42
2.7.7. Relé del electro ventilador .....	43
2.8. Procesamiento de datos.....	44
2.9. Sistemas complementarios.....	46
2.9.1. Batería del automóvil.....	46
2.9.2. Alternador .....	47
2.9.3. Motor de arranque.....	47

CAPITULO III.....	49
DISEÑO ESTRUCTURAL .....	49
3.2. Planos y diseño .....	55
3.3. Modelado asistido por computadora.....	57
3.4. Simulación SolidWorks .....	58
3.5. Resultados.....	60
CAPITULO IV.....	61
CONTRUCCION DEL BANCO DE PRUEBAS.....	62
4.1. Desmontaje del motor .....	62
4.2. Limpieza del motor .....	63
4.3. Pintado del motor.....	64
4.4. Corte de elementos estructurales .....	65
4.5. Montaje y presentación de los componentes .....	68
4.6. Montaje final del banco de pruebas .....	73
CAPITULO V .....	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	74
5.1. Conclusiones.....	74
5.2. Recomendaciones .....	75
Bibliografía .....	76

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Hyundai Accent 2004.....	6
Figura 2. Motor para el banco de pruebas DOHC 16 Válvulas. ....	7
Figura 3. Componentes básicos de un motor de combustión interna .....	8
Figura 4. Componentes básicos de un motor de combustión interna .....	8
Figura 5. Motor Hyundai desmontado. ....	9
Figura 6. Sistema de inyección multipunto .....	11
Figura 7. Ilustración tipo DOCH .....	12
Figura 8. Módulo de control electrónico.....	14
Figura 9. Esquema básico de funcionamiento de una ECU .....	15
Figura 10. Funcionamiento de un sensor inductivo .....	16
Figura 11. Señal de un sensor de revoluciones .....	17
Figura 12. Esquema básico del Sensor Hall.....	18
Figura 13. Ubicacion de un sensor de tipo hall.....	18
Figura 14. Espectro de onda de un sensor tipo Hall. ....	19
Figura 15. Caudalímetro de hilo caliente. Recuperado de :.....	20
Figura 16. Relaciones de masa de aire por Voltaje.....	21
Figura 17. Relación de temperatura con el voltaje. ....	22
Figura 18. Sensor Map Bosch.....	23
Figura 19. Tabla ROM de un sensor NTC.....	24
Figura 20. Tabla ROM de un sensor PTC.....	24
Figura 21. Sensor tipo K universal. ....	25
Figura 22. Sensor de oxígeno.....	26
Figura 23. Señal de un sensor de oxígeno de zirconio.....	27
Figura 24. Principio de operación del sensor de oxígeno .....	28
Figura 25. Rango de voltaje. ....	29
Figura 26. Localización del sensor de detonación .....	30
Figura 27. Terminal del sensor TPS .....	31
Figura 28. Ubicación del sensor TPS.....	31
Figura 29. Revisión de cableado del sensor TPS.....	32
Figura 30. Localización del sensor CKP.....	33

Figura 31. Sensor CKP desmontado .....	33
Figura 32. Terminales del sensor CKP .....	34
Figura 33. Diagrama eléctrico CMP. ....	34
Figura 34. Ubicación del sensor VSS .....	35
Figura 35. Esquema de proceso de un actuador.....	36
Figura 36. Clasificación de los actuadores .....	36
Figura 37. Inyector para Motor G4ED.....	37
Figura 38. Esquema de un inyector.....	38
Figura 39. Diagrama básico de un inyector. ....	38
Figura 40. Representación de sistema DIS. ....	39
Figura 41. Bobina de ignición esquematizada. ....	40
Figura 42. Válvula IAC desmontada .....	41
Figura 43. Ubicación de la válvula IAC .....	41
Figura 44. Válvula Solenoide de purga.....	42
Figura 45. Circuito de un sistema de alimentación.....	43
Figura 46. Disposición de relés Motor G4ED. ....	44
Figura 47. Esquema de comunicación de la ECU.....	45
Figura 48. Batería Bosch para el Banco de pruebas .....	46
Figura 49. Ubicación del alternador.....	47
Figura 50. Componentes de un motor de arranque .....	48
Figura 51. Motor de arranque desmontado .....	48
Figura 52. Cuadrantes de acero negro.....	49
Figura 53. Diámetros de la tubería.....	51
Figura 54 . Dimensiones de la viga.....	51
Figura 55. Plancha metálica .....	51
Figura 56. Plano de la base estructural del banco .....	55
Figura 57. Esquema de estructuras terminadas.....	56
Figura 58. Uso de la función de piezas soldadas en SolidWorks .....	57
Figura 59. Estructura en SolidWorks.....	57
Figura 60. Puntos de apoyo de la estructura. ....	58
Figura 61. Análisis de geometría. ....	58
Figura 62. Puntos de apoyo.....	59
Figura 63. Selección de cargas y dirección de esfuerzos. ....	60
Figura 64. Resultados de análisis de estrés estático.....	60

Figura 65. Resultados de pruebas de cargas dinámicas. ....	61
Figura 66. Motor G4ED en pluma hidráulica .....	62
Figura 67. Limpieza del motor.....	63
Figura 68. Pintado del motor .....	64
Figura 69. Corte de tubo cuadrado.....	65
Figura 70. Corte de tubos.....	66
Figura 71. Doblado y forma de la estructura de seguridad. ....	66
Figura 72. Soldadura de plancha metálica. ....	67
Figura 73. Estructura de seguridad. ....	68
Figura 74. Presentación del motor. ....	69
Figura 75. Montaje y presentación del motor. ....	69
Figura 76. Indicadores del tablero en el banco de simulación. ....	70
Figura 77. Interruptores y terminales de conexión. ....	71
Figura 78. Aplicación de la última capa de pintura .....	71
Figura 79. Tablero del módulo de simulación. ....	72
Figura 80. Motor G4ED con el acabado final de pintura.....	72
Figura 81. Sistema de escape.....	73
Figura 82. Banco de pruebas finalizado.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operación de variables.....	5
Tabla 2. Datos específicos del vehículo Hyundai Accent 2004.....	10
Tabla 3. Propiedades del acero negro .....	50
Tabla 4. Componentes de la estructura principal.....	52
Tabla 5. Conjunto de seguridad .....	53
Tabla 6. Módulo de simulación .....	54

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación presenta datos, métodos todos estos documentados Y presentados de manera práctica para el diseño y construcción de un banco de pruebas para el motor 1600 cc de 16 válvulas del Hyundai Accent año 2004, con lo cual servirá para pruebas, diagnósticos y evaluaciones sobre cómo funciona dicho motor, y a la vez de capacitar sobre las averías y comportamientos que puedan presentarse cuando existen fallos en los sistemas electrónicos o eléctricos de dicho motor.

Para el diseño y la elaboración de la estructura del banco de pruebas se tuvo que tener en cuenta el peso del motor, la caja de cambios, y las fuerzas que actuaran sobre dicha estructura a la hora de funcionar, además a esto son materiales escogidos bajo las normas de calidad ASTM, y posteriormente han sido tratados con pinturas anticorrosivas para asegurar la seguridad y fiabilidad de la estructura con el paso del tiempo.

A su vez se tuvo que prever la seguridad de los usuarios con lo cual se implementó a la estructura tubos de seguridad para evitar el contacto cercano de componentes mecánicos, a su vez para el poder transportar y movilizar el banco de pruebas se colocaron 6 ruedas y así facilitar la tarea de movilizarlo en el taller y sus espacios.

**Palabras claves:** Estructura, seguridad, diseño, motor.

## **ABSTRACT**

The present work presents data, methods all these documents and the examinations of practice for the design and construction of a bank of proofs for the engine 1,600cc of 16 valves of the Hyundai Accent year 2004, with what will serve for proofs, diagnoses and evaluations on how the said engine works, the capacity to train on the faults and the behaviors that exist when there are faults in the electronic or electrical systems of said engine.

For the design and elaboration of the structure of the test bench it is necessary to take into account the weight of the engine, the gearbox, and the forces acting on this structure at the time of operation, in addition to this, materials chosen under ASTM quality standards, and subsequently have been treated with anticorrosive paints to ensure the safety and reliability of the structure over time.

At the same time, it was necessary to foresee the safety of the users with what is implemented to the safety structure to avoid close contact of the mechanical components, in turn to be able to transport and mobilize the test bench, 6 wheels were placed and this will facilitate the task of mobilizing it in the workshop and its spaces.

**Keywords:** Structure, security, design, engine.

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La falta de conocimiento del funcionamiento y diagnóstico de los sistemas de inyección electrónica a gasolina genera la necesidad de contar con un banco de pruebas y simulador de fallas con el que los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador y la Comunidad se puedan capacitar.

El Hyundai Accent es uno de los vehículos populares dentro de la gama de vehículos de entrada, generando la necesidad de construir un banco de pruebas sobre este tipo de motor ya que es necesario estar preparado para responder a las diferentes necesidades o situaciones que se presentaran al momento de realizar un correcto diagnóstico y llegar a realizar una exitosa reparación en el sistema de inyección electrónica, este proyecto permitirá mejorar la capacidad técnica y analítica de la comunidad automotriz lo que mejorará los procesos y tiempos de respuesta generando mayor productividad en el campo laboral.

El tema de la contaminación es la tendencia actual de los fabricantes de motores, con lo cual este proyecto en conjunto con la finalidad de capacitar a la comunidad interesada en el área automotriz permitirá obtener destrezas y conocimientos en sistemas de inyección electrónica a gasolina, el proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Guayaquil en los talleres de la Universidad Internacional del Ecuador.

Dentro de las nuevas normativas se pretende abarcar los siguientes objetivos que van acorde a las líneas de investigación de la Universidad Internacional del Ecuador, la Innovación tecnológica, modelación y simulación de procesos.

Incluido a esto, también se busca tener en cuenta a los siguientes objetivos del Plan Nacional de desarrollo 2017 – 2021 Toda una vida.

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Objetivo 5: Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.

## **1.2.OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Objetivo General**

Diseñar un banco de pruebas, soporte de motor, estructura de seguridad, con lo cual será posible dar un aprendizaje más didáctico sobre los motores de combustión interna con inyección electrónica a gasolina, el comportamiento real contra el teórico, en base a diferentes parámetros de comportamientos los cuales son conducidos a voluntad de los usuarios, dentro del taller de la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Elegir el material como elemento principal de composición para la estructura del banco de prueba
- Modelar la estructura y sus elementos principales en un programa de diseño asistido por computadora
- Construir el banco de pruebas con sus respectivos elementos de seguridad para la realización de las pruebas en diferentes condiciones.

## **1.3.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Justificación teórica**

En la investigación y posterior análisis se basa en la necesidad de contar con los equipos de pruebas reales, que permitan demostrar el funcionamiento, fallas y simulación de diferentes parámetros de los mecanismos de un motor Hyundai Accent de 1600 cc con 16 válvulas.

### **1.3.2. Justificación práctica**

Los resultados de esta investigación podrán diagnosticar fallas, comportamientos, de los sistemas electrónicos y mecánicos durante las diferentes pruebas con lo cual se puede enfatizar en el análisis de dichas fallas y de sus soluciones. Se usará manuales de taller sobre el motor Hyundai Accent 1600 cc 16 válvulas 2004, libros afines a los temas, esquemas estructurales de diseño, construcción, tablas de materiales para asegurar la integridad física y estructural durante el funcionamiento del banco de pruebas y simulaciones.

El conocimiento sobre el diagnóstico automotriz se basa en la experiencia y con este tipo de proyecto se trata de abarcar el aprendizaje didáctico de los sistemas de inyección electrónica de un modelo en específico y más aún cuando el vehículo en cuestión es uno de los populares dentro de las gamas de entrada con lo cual nace la necesidad de tanto para estudiantes, profesores y comunidad automotriz estar en la capacidad de saber que sucede cuando se presenta dicho fallo y cómo funcionan los diferentes sistemas eléctricos, electrónicos y mecanismos del automóvil en este caso un Hyundai Accent del año 2004.

## **1.4.MARCO METODOLÓGICO**

### **1.4.1 Método de investigación**

Este proyecto se desarrolla por medio de dos tipos de investigaciones, una investigación descriptiva y otra de tipo cuantitativa recopilando datos técnicos del sistema de inyección electrónica de un motor G4ED de 1600 cc y 16 válvulas a gasolina, el cual va a estar sobre una estructura, con su respectiva caja de cambios y a su vez esto se podrá obtener información del funcionamiento y del comportamiento mediante la simulación de fallas, pues este tipo de motores tienen una alta demanda de reparación en nuestro mercado automotriz.

Los usuarios, estudiantes, profesores pueden manipular de forma práctica el banco de pruebas, simulando, diagnosticando y solucionando problemas del motor todo esto en vista de la enseñanza didáctica y práctica que nos ofrece este proyecto, como solución a la capacitación de sistemas de control electrónico, inyección y diversos sistemas del motor.

## **1.5. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Variable dependiente**

Diseñar y construir el elemento estructural sobre el cual estará soportado el motor y la transmisión, elementos mecánicos, electrónicos y caja de simulación.

### **1.5.2. Variable independiente**

- Fiabilidad de la estructura.
- Seguridad al momento de operarlo.

### 1.5.3. Operación de variables

Tabla 1. *Operación de variables*

<i>Variable</i>	<i>Tipo de variable</i>
Diseñar y construir el elemento estructural de soporte del motor	Dependiente
Fiabilidad de la estructura	Independiente
Seguridad al momento de operarlo	Independiente

## CAPÍTULO II

### MARCO DE TEÓRICO

#### 2.1. Hyundai Accent 2004

Según “Dentro de nuestro parque automotor los vehículos de segmento B son los más populares debido a factores económicos y de desarrollo tecnológicos, el Hyundai Accent que se muestra en la Figura 1, es un vehículo de procedencia coreana, y lo podemos comparar dentro de su segmento con modelos como el Chevrolet Aveo, Renault Logan” (Galarza, 2017).

Como se muestra en la Figura 2 posee un motor delantero transversal, es de tracción delantera en modelos sedan de 4 puertas y modelos hatchback de 5 puertas, en nuestro mercado automotriz está dirigido al ámbito de vehículos de entrada ya sean para familias o como primer vehículo de un público joven adulto, el rendimiento en cuanto a consumo de combustible es muy eficiente, los servicios y repuestos automotrices para este vehículo son de alta rotación, debido a la gran popularidad de este vehículo.



*Figura 1. Hyundai Accent 2004.*



*Figura 2. Motor para el banco de pruebas DOHC 16 Válvulas.*

## **2.2. Motor**

“Un Motor de Combustión Interna es un conjunto de elementos mecánicos que permiten obtener energía mecánica a partir del estado térmico de un fluido de trabajo que se ha generado en su propio seno mediante un proceso de combustión.” (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, Motores de Combustion Interna, 2015)

Para entender lo que dice el autor son máquinas térmicas de desplazamiento volumétricas, en el cual el movimiento se realiza por un desplazamiento en línea recta en el cual el mecanismo denominado biela manivela lo transforma a un movimiento rotatorio en el cigüeñal, lo cual es aprovechado para la conversión de energía química del combustible a una energía mecánica que permite el desplazamiento del vehículo. En la Figura 3, se menciona las partes básicas de un motor de combustión interna.

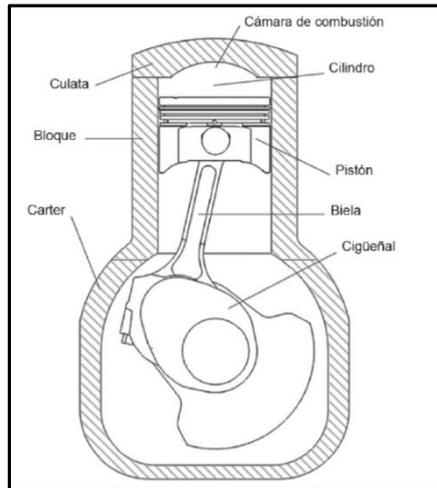


Figura 3. Componentes básicos de un motor de combustión interna (Motores de Combustión Interna, 2015)

Los elementos mencionados anteriormente, son necesarios para la transformación de la energía química en energía cinética, todo empieza en la cámara de combustión y el cilindro donde se almacena momentáneamente la mezcla aire combustible para su posterior combustión después el pistón el cual es un elemento de movimiento rectilíneo, que en conjunto con la biela y manivela convierten este movimiento lineal en el rotativo del cigüeñal. Todos estos procesos se realizan cíclicamente resumiéndose en un ciclo termodinámico abierto en los cuales son 4 principalmente. En la figura 4 se muestra los cuatro tiempos de un motor de combustión interna de ciclo Otto.

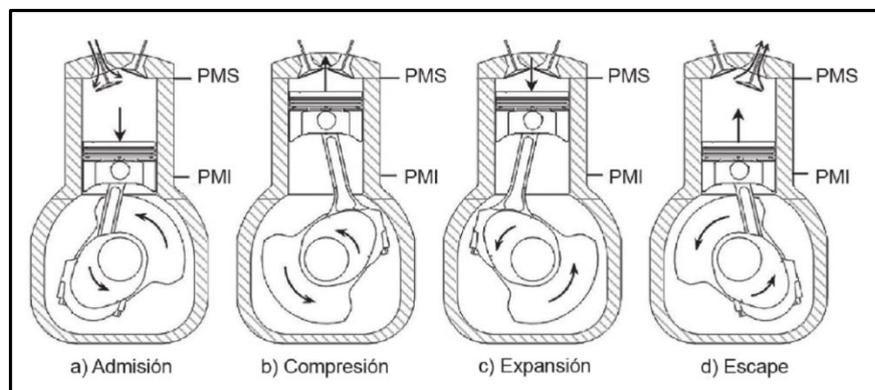


Figura 4. Tiempos de un motor de combustión interna ciclo Otto (Motores de Combustión Interna, 2015)

Admisión: “proceso en el que tiene lugar la entrada del fluido de trabajo (mezcla aire-combustible o aire, dependiendo del tipo de motor)” (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, Motores de Combustion Interna, 2015)

Compresión: “Las válvulas de admisión y escape están cerradas y el pistón comprime la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión” (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, Motores de Combustion Interna, 2015)

Trabajo: Fase en la cual la bujía emite una chispa que enciende la mezcla y genera un trabajo.

Escape: El pistón se desplaza desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior, se abre la válvula de escape y los gases de escape salen hacia el múltiple de escape.

En cuanto a especificaciones del motor podemos encontrar como la actualización del motor Alpha de Hyundai, este cuenta con una capacidad de 1600 cc, DOHC de 16 válvulas con una compresión de 10:1 una entrega máxima de potencia de 110 HP a 6000 revoluciones. En la figura 5 se muestra el motor del vehículo Hyundai Accent desmontado de su carrocería.



*Figura 5. Motor Hyundai desmontado.*

El vehículo usado en este proyecto estaba totalmente operativo y no requirió de ninguna reparación del motor, o de sus componentes eléctricos electrónicos, o mecánicos. Lo que se usó fue el motor, sus sistemas y la caja de cambios manual. En la siguiente Tabla 2 muestra los datos específicos de vehículo Hyundai Accent 1.6l del 2004

Tabla 2. Datos específicos del vehículo Hyundai Accent 2004

<i>Descripción</i>	<i>Especificación</i>	
	<i>Métrico</i>	<i>Sistema Inglés</i>
<b>Tipo</b>	En Línea DOHC	
<b>Numero de cilindros</b>	4	
<b>Diámetro</b>	76.5mm	3.0118 pul
<b>Carrera</b>	87mm	3.4252 pul
<b>Desplazamiento total</b>	1,599 cc	97.57 pulg <sup>3</sup>
<b>Relación de Compresión</b>	10.0: 1	
<b>Orden de Encendido</b>	1-3-4-2	

### 2.3. Inyección electrónica

Se comenzó con el carburador un sistema mecánico, que cumplía la función de mezclar el aire con el combustible, esta mezcla recorría todo el múltiple de admisión y esperaba a que la válvula abriera para entrar al cilindro.

Rápidamente por situaciones de fines bélicos, reducción de emisiones de gases contaminantes y la carrera del avance tecnológico evoluciono a la inyección electrónica, la gasolina en forma de nube la proporciona un inyector, el paso de aire es controlado por una mariposa que abre o cierra según el pedal del acelerador. Para proporcionar el combustible una Unidad de Control de Motor (UCM o ECU por sus siglas en ingles).

El cual emite la orden o señal para que el inyector abra en base a la información que le proporcionan los sensores ubicados en el motor los cuales pueden controlar ciertos parámetros de funcionamiento. En la figura 6, se muestra el esquema del sistema de inyección multipunto.

Lo más característico de estos sistemas son la extremada precisión en la regulación de la cantidad de gasolina que ingresa a la cámara de combustión, la inyección electrónica de combustible no tiene ninguna estrangulación, se realiza una atomización de la gasolina cerca de los conductos de admisión de aire combustible hacia el interior del cilindro, esto provoca que no existan o sean casi nulos los problemas de encendido en frío, dentro de las muchas ventajas que podremos encontrar son:

- Mejor pulverización de la gasolina.
- Control preciso de la dosificación de la gasolina.
- Mejor arranque e inicio del motor en frío.
- Mayor rendimiento y eficiencia de trabajo del motor.
- Reducción de la emisión de gases nocivos para el medio ambiente.
- Simplificación de los mantenimientos a realizarse en el sistema de inyección electrónica.

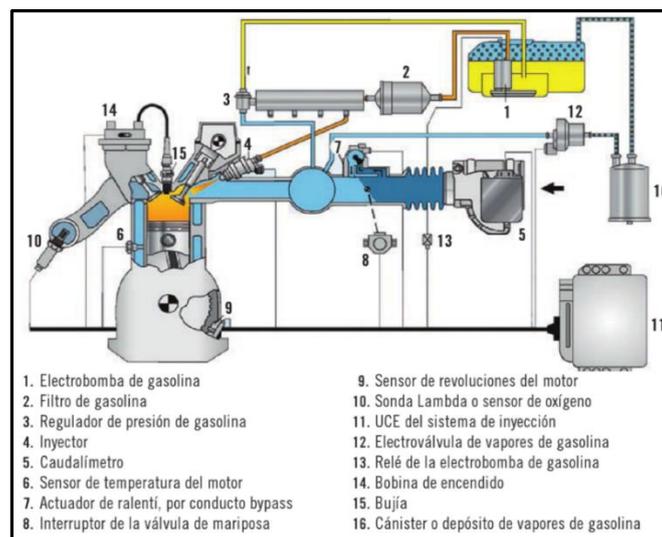
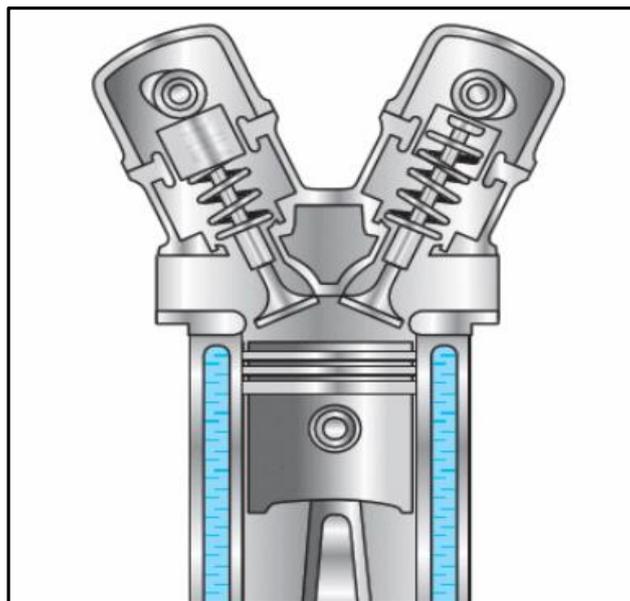


Figura 6. Sistema de inyección multipunto (Mantenimiento de sistemas auxiliares)

El sistema de inyección visto anteriormente emplea un inyector por cada cilindro, este sistema es ampliamente usado y es uno de los más populares debido a que es versátil tanto para motores de poca y gran capacidad volumétrica, una característica muy importante es la disposición de los árboles de leva se encuentran situados en la cabeza del cilindro permitiendo un movimiento directo sobre las válvulas (DOHC

#### **2.4. Distribución DOHC**

Las siglas DOHC (Double overhead camshaft) que significa doble árbol de levas situados en la culata, este sistema es ampliamente usado en distribuciones multiválvulas donde las válvulas de admisión disponen de un árbol de levas, y las válvulas de salida disponen de otro árbol de levas como se puede observar en la figura número 6, dentro de las ventajas de este tipo de distribución es que elimina el arrastre mecánico que generan los balancines, debido a la disposición que tiene que llevar la bujía en el centro de la cámara. En la Figura 7 se muestra la ilustración tipo DOHC.



*Figura 7. Ilustración tipo DOHC (Motores, Macmillan, 2013)*

La admisión de la mezcla aire/combustible se ve favorecida debido al diseño de la cámara de combustión, a su vez el barrido de los gases en flujo cruzado, en otras palabras el intercambio, llenado y escape de gases es mucho más eficiente, lo cual genera que la potencia y rendimiento de este tipo de motores sea mayor en comparación a otros, resultando en motores potentes y versátiles, pero al ser de este tipo de distribución requieren de diseños un tanto más complejos que otros, un mayor coste de construcción, el reglaje de las holguras de las válvulas es mucho más complicado a la hora de calibrar, el peso, tamaño y volumen son mucho mayores en cuanto a motores de similares características.

## **2.5. Sistema de control electrónico del motor**

Podemos definir que son el conjunto de elementos o componentes tanto electrónicos, mecánicos y electromecánicos, que influyen constantemente en la cantidad de gasolina suministrada al motor dependiendo de una serie de parámetros, los cuales determinan cual es la mejor cantidad de gasolina a inyectar e inclusive a adelantar el salto de la chispa.

Esta denominación de sistema de control requiere medir parámetros externos e internos y a su vez se comunica con un dispositivo central que monitorea el estado de dicho sistema en tiempo real, este se alimenta a través de impulsos eléctricos, los cuales tienen origen en múltiples y diversos sensores que monitorean el estado del motor y sus sistemas.

A su vez la unidad de control electrónica genera impulsos a manera de señales que tiene como destino final los actuadores del vehículo, principalmente los inyectores, la configuración y manejo del sistema se puede determinar por ajustes en los sensores los cuales son los que miden las variables. En la Figura 8 se muestra el módulo de control electrónico

La unidad de control trata de mantener la relación de mezcla estequiométrica lo más óptima posible.



Figura 8. Módulo de control electrónico. Recuperado de spanish.alibaba.com

Condiciones principales que proveen los sensores del vehículo:

- Precisión
- Resolución
- Linealidad
- Sensibilidad

La manera que la unidad de control electrónico gestiona y dirige a través de comandos es siempre y cuando la información que llega a través de impulsos provistas por los sensores es comparada por datos que se encuentran dentro de la memoria de la unidad de control electrónico, algo que hay que reconocer en la actualidad es que los actuadores pueden funcionar de acuerdo con diferentes parámetros, es decir pueden de una u otra forma adaptarse sin necesidad de una intervención de tipo mecánica.

Actualmente una ECU interpreta dos tipos de señales, las de tipo analógica, y las de tipo digital, ambas le proporcionar información vital, los sensores deben ser altamente fiables, en la

siguiente Figura 9 veremos un esquema básico de funcionamiento de una Unidad de Control Electrónico (ECU)

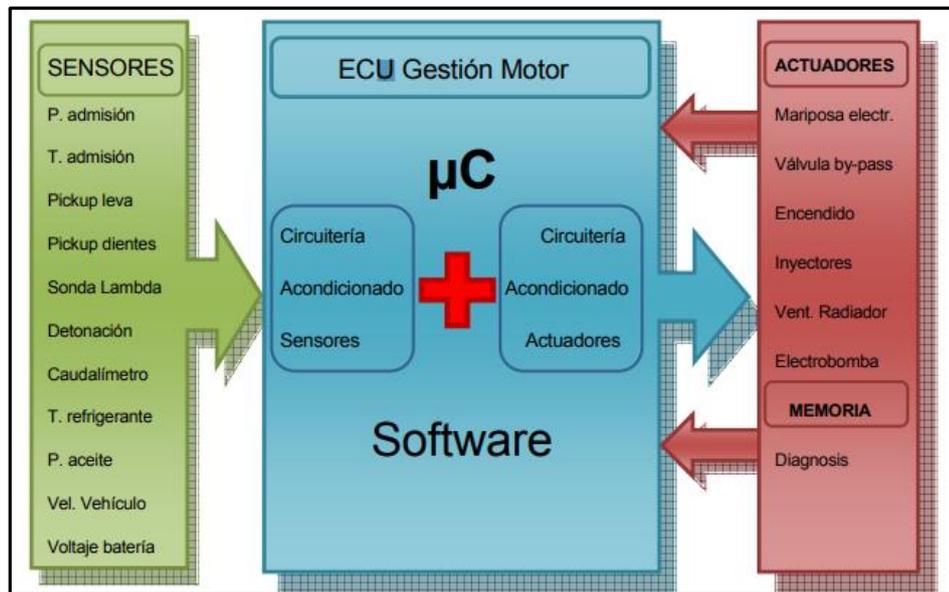


Figura 9. Esquema básico de funcionamiento de una ECU. Recuperado de upcommons.upc.edu

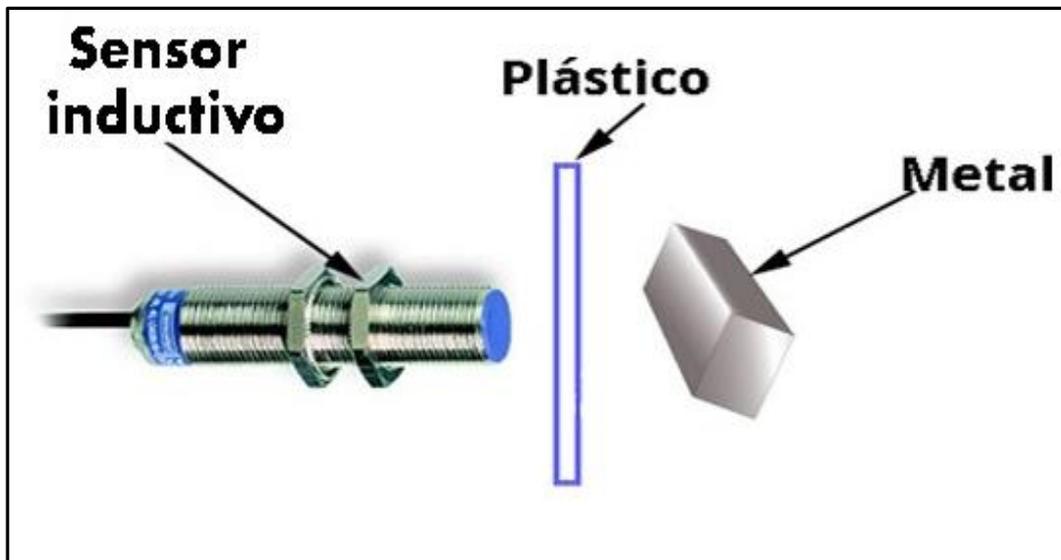
## 2.6. Sensores

Dentro del mundo automotriz actual y contemporáneo el uso y la implementación de sensores inteligentes, con mallas electrónicas para el proceso o diagnóstico de interpretación de señales para su posterior comunicación con la ECU, indica no solo la innovación, sino la integración de la tecnología con los sensores.

### 2.6.1. Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

Su principal función es la de analizar la posición en que se encuentra el cigüeñal, a su vez de monitorear la sincronía que tiene este elemento con el árbol de levas, lo cual permite conocer la velocidad a la que se encuentra el motor en el momento, dentro del mercado actual los más

comunes tipos de sensores usados son los inductivos y los de efecto Hall. En la siguiente Figura 10 se muestra el funcionamiento de un sensor inductivo.



*Figura 10.* Funcionamiento de un sensor inductivo (Ingeniería mecafenix)

El sensor de tipo inductivo tiene un funcionamiento muy básico, comprende en la inducción de un campo electromagnético y a través de este detectar una pieza metálica, por lo general su localización dentro del vehículo es cerca de una rueda tipo fónica, ubicada en el cigüeñal, la señal o la onda que generan estos sensores al estar en funcionamiento es de un rango muy extendido, pero a su vez su frecuencia tiene a variar. En la figura 11 muestra de forma gráfica la onda de señal de un sensor de revoluciones.

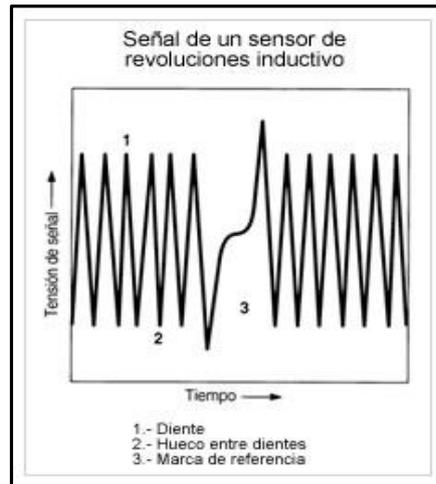


Figura 11. Señal de un sensor de revoluciones. (Ingeniería mecafenix)

El segundo tipo de sensores, se denominan de efecto Hall, el cual es un principio basado en la Aparición de un campo eléctrico en un elemento con capacidades conducticas y este al ser intervenido con una corriente al mismo tiempo que se encuentra en el rango de un campo magnético.

Por lo general la ubicación de este tipo de sensores es en el árbol de levas, el mecanismo de funcionamiento se basa en un discos el cual esta perforado y se encuentra unido solidariamente al árbol de levas, por ende cuando este gira lo que hace es que el sensor al llegar al rango del campo magnético, el cual es emitido por un imán colocado al otro lado del disco perforado , llega un momento en que coincide la perforación con la dirección del campo magnito con la del sensor.

En la siguiente Figura 12 se puede observar, el principio básico de funcionamiento seguido por la ubicación del sensor, la forma de la rueda dentada, además del conjunto de la carcasa del árbol de levas, donde se ilustra la toma de señales de manera muy didáctica. En la figura 13 se muestra la ubicación que se encuentra el sensor de tipo hall.

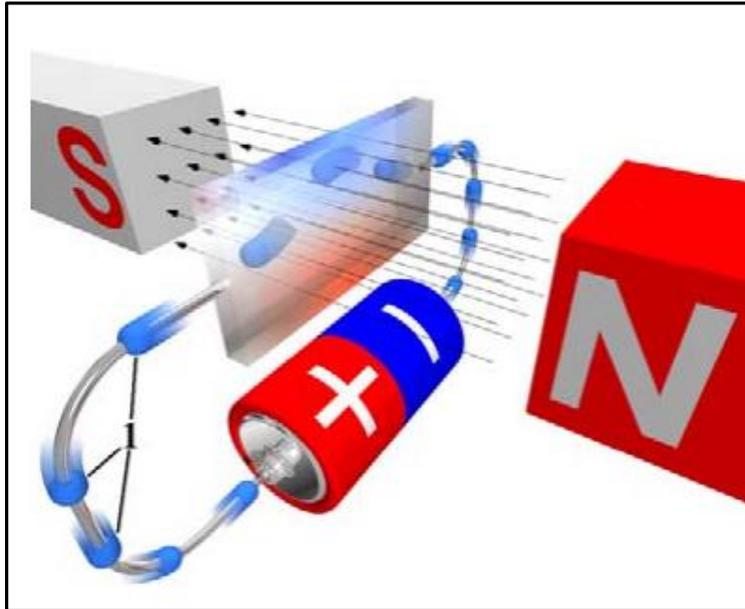


Figura 12. Esquema básico del Sensor Hall. Recuperado de: upcommons.upc.edu.

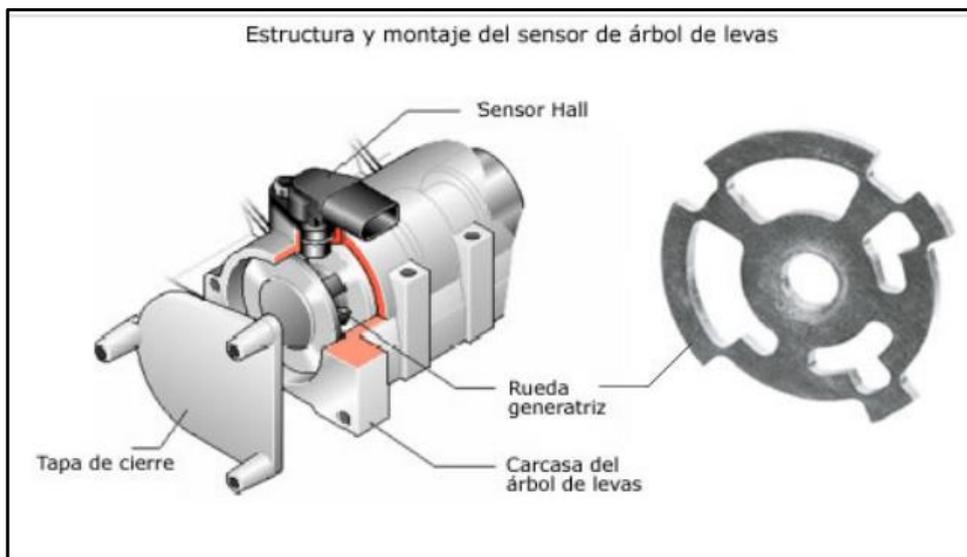


Figura 13. Ubicación de un sensor de tipo hall. Recuperado de: upcommons.upc.edu.

Una característica muy deseable de este tipo de sensor es el tipo de señal de salida que tiene, es decir es de tipo digital, con lo cual se obtiene una frecuencia de onda diferente, poniéndolo desde otro punto de vista es un sensor mucho más costoso y además de necesitar de una

corriente eléctrica para poder funcionar. En la figura 14 se muestra de forma de onda de la señal de un sensor de tipo hall

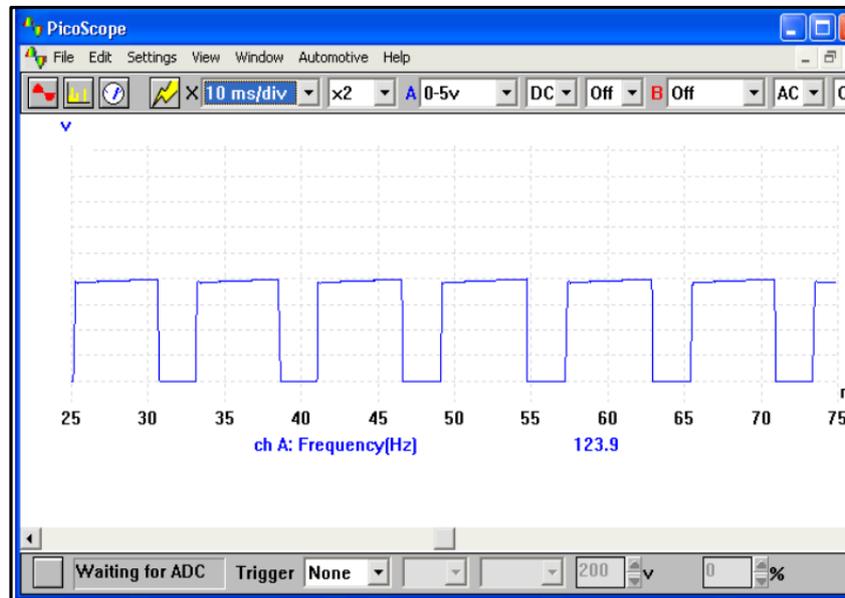


Figura 14. Espectro de onda de un sensor tipo Hall. Recuperado de: upcommons.upc.edu.

## 2.6.2 Caudalímetro (MAF)

Uno de los elementos más importantes y necesario para la combustión es del aire, la cantidad de aire que ingresa constantemente en el motor es variable , y por ende es necesario calcular y monitorear la cantidad que ingresa de este elemento al motor, el más común y popular es el de tipo másico.

Existen de otro tipo de mecanismos como :

- Potenciómetro de posición de mariposa
- Sensor de presión
- Caudalímetro de velocidad

Del tipo de caudalímetro másico de aire hay dos subcategorías basadas en el mecanismo de medición, uno denominado de aleta de sonda y otro de hilo caliente como el que se observa en la siguiente imagen.

El de tipo de aleta, es un modelo obsoleto el cual ya no está implementado en los vehículos modernos, su principio de funcionamiento se basa en que el aire al pasar por el dispositivo, el aire es forzado a mover una compuerta que se encuentra a manera de obstáculo, y la posición que tenga esta compuerta da una relación de caudal de aire.



*Figura 15.* Caudalímetro de hilo caliente. Recuperado de: Nitro.pe

El caudalímetro más popular y usado es el de hilo caliente, y su funcionamiento se basa en el monitoreo de temperatura constante, el hilo caliente hecho de un material muy resistente es una parte de un circuito denominado puente de Wheatstone, y la tensión es regulada a cero variando la corriente con la que se calienta.

En otras palabras, a mayor flujo de aire, más se enfría este hilo caliente, por lo tanto, disminuye la tensión que se genera, y a su vez este provoca un proceso de corrección a través de intensificar la corriente para poder elevar la temperatura de nuevo.

La forma en que el hilo caliente recobra tu temperatura inicial, a través del aumento de corriente, genera una relación muy directa entre el flujo de aire y la corriente que lo vuelve a calentar.

La señal emitida por este medidor másico de aire es del tipo analógica, el rango donde esta señal se empieza a emitir va desde los 1.4V hasta un máximo de 5V, la unidad de control electrónico en paralelo a otros parámetros como revoluciones, temperatura, se encarga de proporcionar la mezcla de aire combustible que sea mejor en el momento según los datos almacenados en ella. En la Figura 16 se muestra la gráfica de señal de voltaje de relaciones de masa de aire

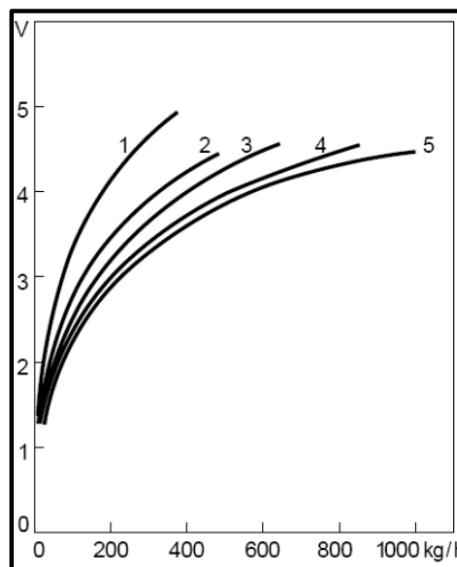


Figura 16. Relaciones de masa de aire por Voltaje

### 2.6.3. Sensor de presión (MAP)

Este sensor según sus siglas en Ingles se conoce como “Manifold Absolute Pressure”, en español equivale a presión absoluta de la admisión en el múltiple, la función de este sensor es la de medir constantemente la presión de aire en la admisión, tiene una constitución interesante

pues contienen partes mecánicas y partes electrónicas, teniendo una denominación de “Sensor micro-mecanizado”.

Su constitución se basa en que su componente electrónico de silicio está dividido en dos partes, una que ejerce la función de un transductor de membrana, que contiene cuatro piezo resistores, las cuales cuando reciben el estímulo de una carga, las resistencias se vuelven variables dependiendo del grado de la carga.

La información que este sensor transmite es a partir de un puente de Wheatstone, que trabaja a un voltaje de 100mV, el tipo de señal emitida es analógica, en un rango de 0.5V a 4.5V como es observado en la siguiente Figura 17.

Este sensor se encuentra ubicado en el múltiple de la admisión del vehículo, después de la mariposa de aceleración como se muestra en la Figura 18.

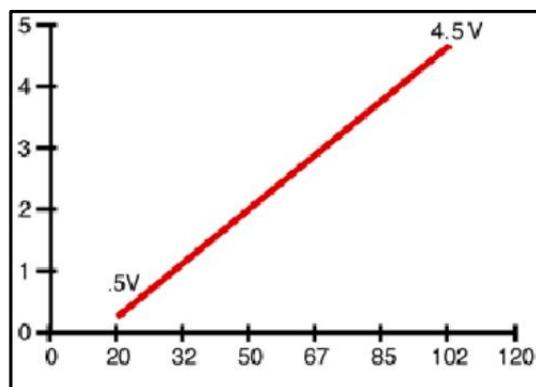


Figura 17. Relación de temperatura con el voltaje. Recuperado de: [upcommons.upc.edu](http://upcommons.upc.edu).



Figura 18. Sensor Map Bosch Recuperado de: [google.com.ec/sensormap](http://google.com.ec/sensormap)

#### **2.6.4. Sensor de temperatura (ECT)**

Como su nombre lo indica se utilizan para medir temperaturas de gases y líquidos especialmente, un claro ejemplo donde son usados esa para medir la temperatura del líquido refrigerante, del aceite, del combustible e inclusive de los gases de escape, dentro de su clasificación los encontramos en 2 tipos los termistores y los termopares.

Los termistores no son más que resistencias basadas en elementos semiconductores, que a su vez tienen tu propia clasificación los NTC (Coeficiente Negativo de Temperatura) o PTC (Coeficiente Positivo de Temperatura).

Los termistores de tipo NTC tienen la característica de variar su resistencia y por ende la señal que generan de forma no lineal, con lo cual es necesario que la unidad de control electrónico cuente con la capacidad de operar con este tipo de sensor, ya que hay que acceder a información del tipo ROM en donde se encuentra la interpretación de la señal que emite este sensor. En la siguiente Figura 19 se muestra la tabla ROM de un sensor de tipo NTC

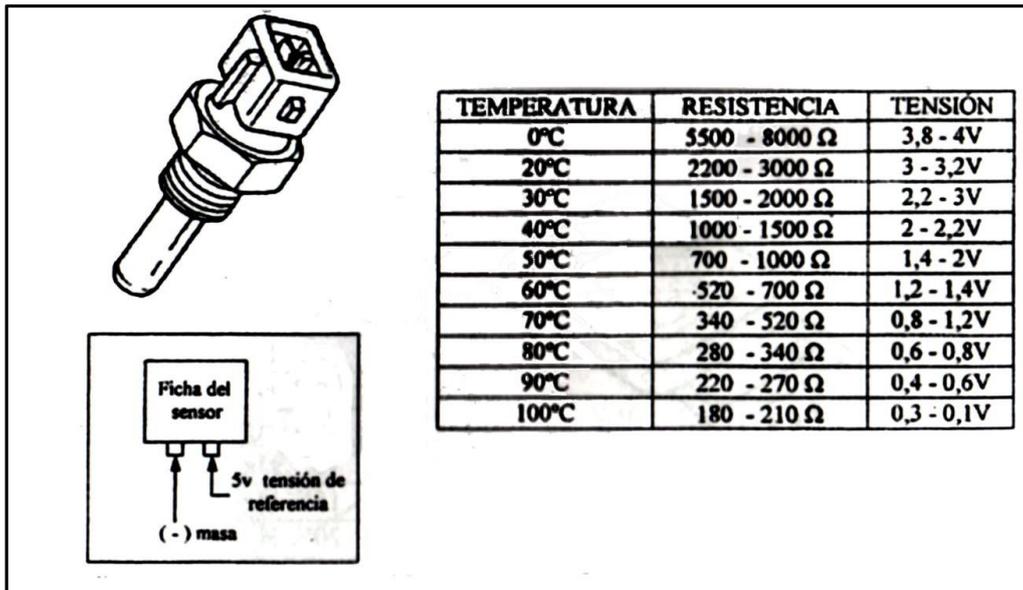


Figura 19. Tabla ROM de un sensor NTC Recuperado de: .logicbus.com

Los termistores de tipo PTC tienen un principio de funcionamiento de emisión de señal lineal con lo cual la tabulación interpretación de la información que emiten es sencilla, ya que, si la temperatura se eleva de igual manera su resistencia, son de acción lenta. En la siguiente Figura 20 se muestra la variación de voltaje debido a su resistencia en un sensor de tipo PTC

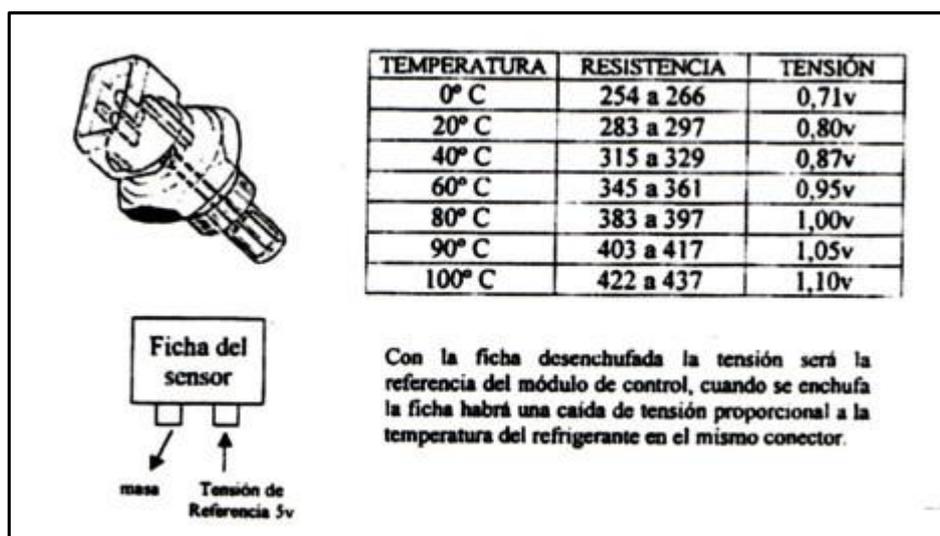
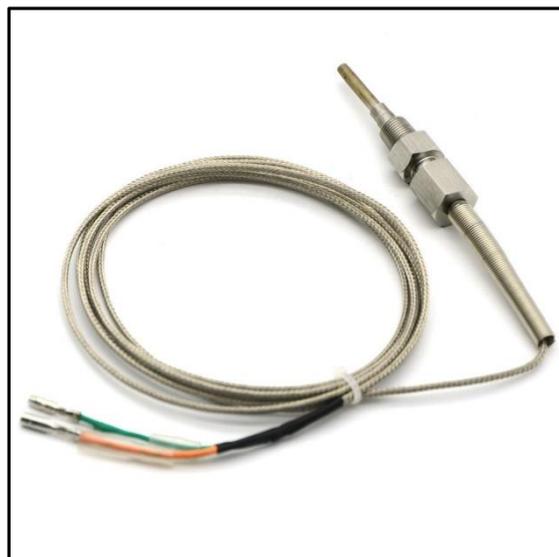


Figura 20. Tabla ROM de un sensor PTC Recuperado de: <http://www.logicbus.com.m>

Los sensores de tipo termopar, más conocidos comúnmente como sondas son usados principalmente para la medición de gases, en los vehículos lo más común encontrar es para la medición de gases de escape, se clasifican por letras K, N, J, R, S, W. En la Figura 21 se muestra un sensor de tipo K universal.

La primera denominación mencionada anteriormente es la más usada, compuesta por dos elementos metálicos diferentes interconectados entre sí, su composición metálica es de cromo y de alumel, una aleación de aluminio y níquel, entre las características principales tenemos:

- El tipo de señal es baja, trabaja en milivoltios
- Tienen una sensibilidad relativamente baja
- Funcionan en temperaturas extremadamente altas
- Y el cable de conexión a la ECU es trenzado y reforzado para evitar la corrupción de la señal



*Figura 21.* Sensor tipo K universal. Recuperado de: [telochki.me](http://telochki.me)

### 2.6.5. Sensor de gases de escape (O2)

La retroalimentación siempre es necesaria para el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas del automóvil, principalmente cuando estos se relacionan directamente con la combustión de la mezcla aire/gasolina, por lo cual existe el sistema de control por bucle cerrado, ya que la unidad de control electrónico al dosificar la cantidad del combustible inyectado a través de diferentes parámetros, debe comparar los valores después de que se ha realizado la combustión para tener control y poder modificar las futuras inyecciones.

Este parámetro de control lo envía la sonda lambda en la siguiente Figura 22 se observa un esquema básico del fruncimiento completo del sistema de escape, donde está incluido, el sensor de oxígeno, el cual se encuentra ubicado después del múltiple de escape, y un segundo sensor se encuentra después del convertidor catalítico.

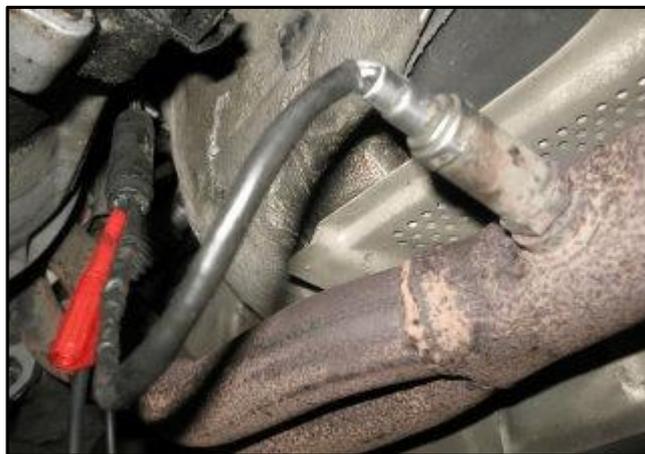


Figura 22. Sensor de oxígeno del vehículo Hyundai Accent.

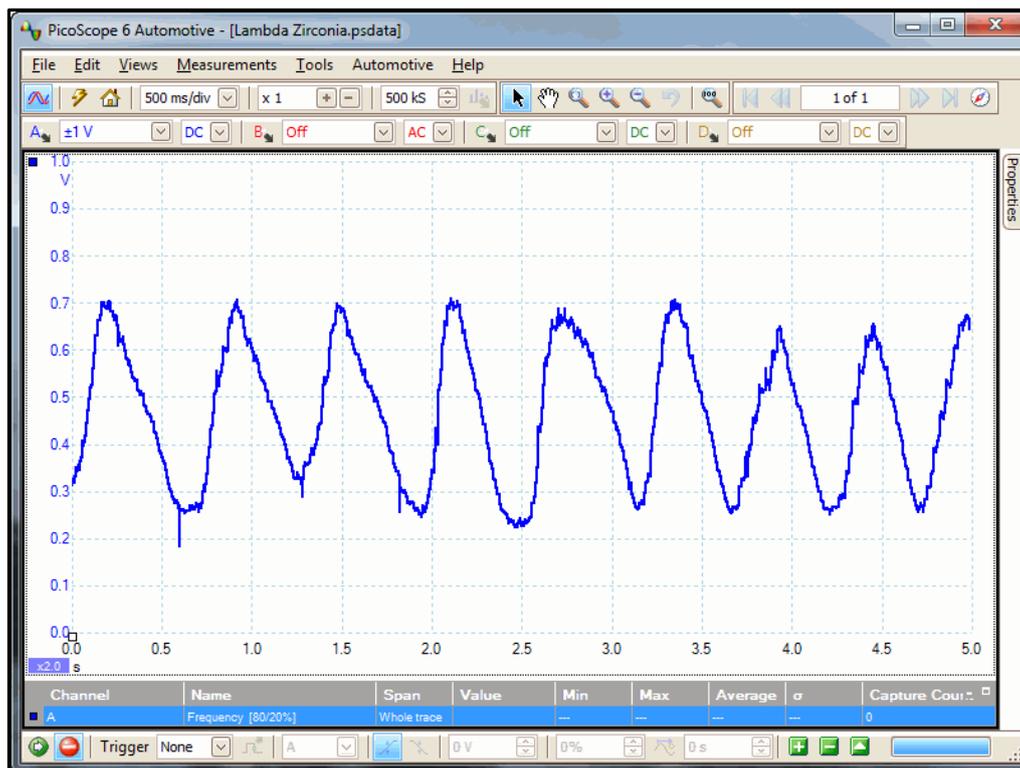


Figura 23. Señal de un sensor de oxígeno de zirconio

El sensor de gases de escape también es denominado como sensor de oxígeno, de su función depende del control de las emisiones de gases combustionados en un vehículo equipado con sistema catalítico, en la imagen anterior se puede observar la onda generada por un sensor de oxígeno de zirconio.

Este tipo de sensor usa un elemento muy habitual como el circonio, aunque también lo hay en titanio, su constitución es de dos electrodos porosos de platino, los cuales son los encargados de transmitir la señal, la superficie externa del electrodo está en constante contacto con los gases de escape, y la superficie interna está en contacto con el aire exterior la composición de estos materiales tienen un comportamiento peculiar, es decir que genera una descarga eléctrica cuando existe una diferencia de oxígeno en los dos electrodos. En la figura 23 se observó la señal de un sensor de oxígeno de zirconio.

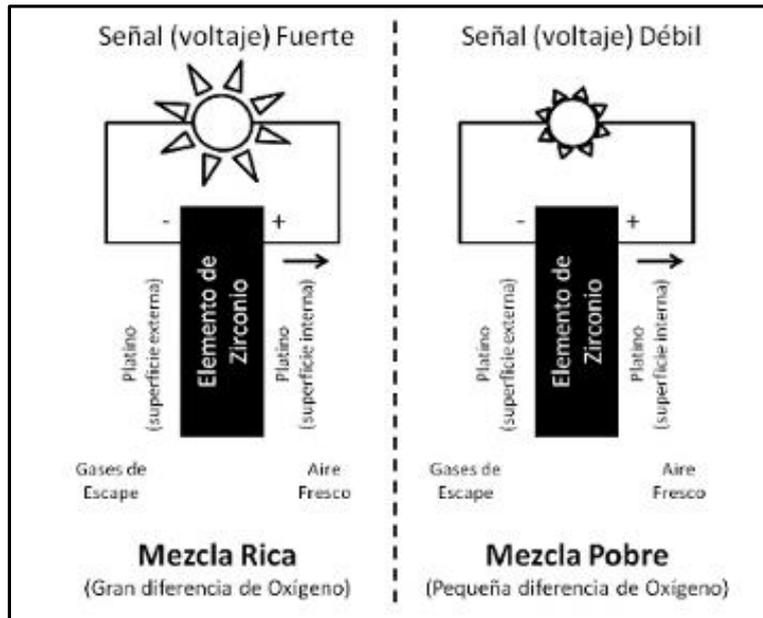


Figura 24. Principio de operación del sensor de oxígeno

Para resumir el funcionamiento, la unidad de control electrónico tiene que tener en cuenta el tipo de relación de aire/gasolina, en otras palabras si es un mezcla rica o pobre, dentro de la combustión de una mezcla rica en el motor la cantidad de oxígeno será muy escasa o casi nula, entonces la señal que emitirá el sensor de oxígeno será un valor de tensión alta, es decir superara los 0.45 Voltios, que pasa cuando la cantidad de oxígeno es alta, se entenderá que la combustión fue de una mezcla pobre, y por lo tanto el voltaje emitido por el sensor será menor a 0.45 Voltios. En la Figura 24 se muestra el principio de operación del sensor de oxígeno

Como se pudo observar el funcionamiento de este tipo de sensor podemos determinar que su rango de medición es corto, lo que significa que este sensor no puede detectar cambios minúsculos, en cuanto a cantidad de oxígeno en otras palabras no cuenta con precisión, sino que actúa en rangos de mezcla no idóneos, es decir o hay mucho oxígeno o no lo hay. En la siguiente Figura 25 se muestra el rango de voltaje en fase de funcionamiento.

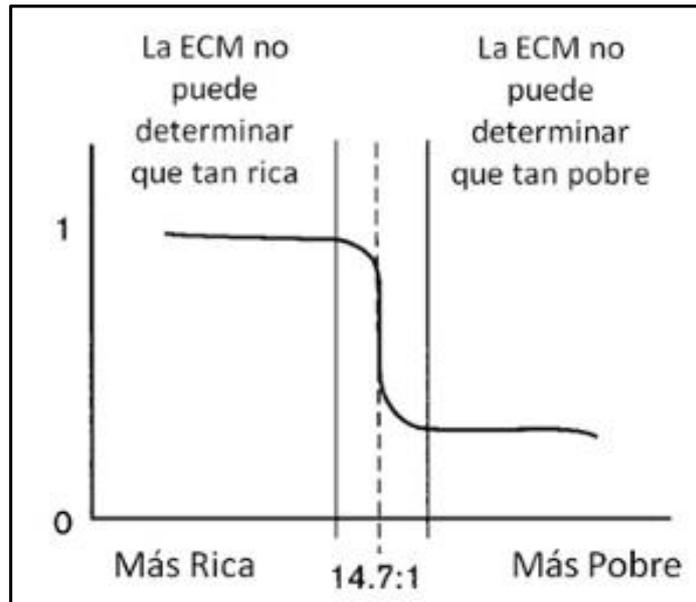


Figura 25. Rango de voltaje. Recuperado de: e-auto.com.mx

#### 2.6.6. Sensor de detonación (KS)

Podemos definir a la detonación como el momento de explosión de la mezcla aire combustible, este momento se da a cabo cuando la chispa entra en acción, y este tipo de fuerza produce una característica vibración, la cual es perjudicial dentro de la integridad estructural del motor, la cual puede ocasionar daños desde fisuras hasta poder quebrar completamente componentes del motor.

La constitución básica de este sensor también conocido como “Knock”, se basa en 2 componentes principales, un elemento piezoeléctrico, seguido de un diafragma, cada motor tiene un rango de frecuencia normal dentro de su funcionamiento, este al producir vibraciones anormales, estas señales son captadas por este dispositivo y transformadas en impulsos analógicos para su posterior interpretación dentro de la unidad de control electrónico. En la siguiente figura 26 se muestra la ubicación del sensor KS en el motor del vehículo.

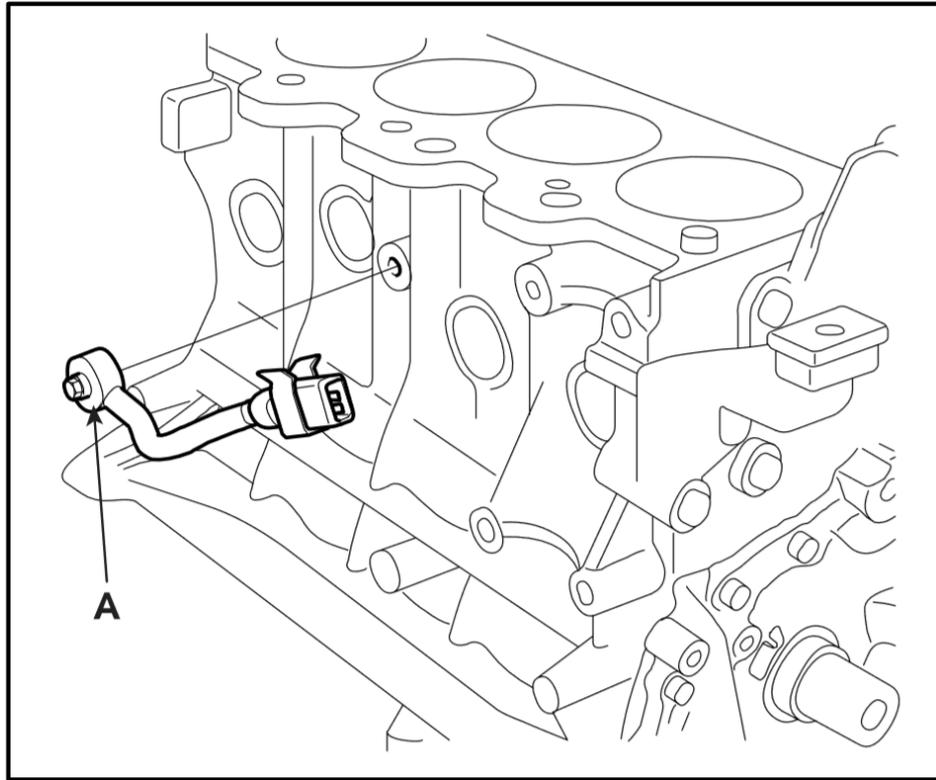


Figura 26. Localización del sensor de detonación (Manual Hyundai G4ED)

### 2.6.7. Sensor de posición del acelerador (TPS)

Este sensor tiene una segunda denominación “TPS” (Throtlle Position Sensor), en resumen, es un potenciómetro, lo que equivale a un resistor variable, actualmente existe una gran gama de modelos, pero con el avance tecnología este tipo de sensores son más de tipo electrónicos, es decir son resistencias variables múltiples que ya no tienen ninguna resistencia física como el que se presenta ahora.

Este elemento del grupo de sensores viene solidaria al cuerpo de aceleración, en otras palabras, se mueven juntos al unísono, la unidad de control electrónico central necesita determinar la posición o el grado en que se encuentra el acelere dador, pues de esto depende el estado de operación, ya sea por requerimientos de conducción, donde solo queramos dar una

pequeña aceleración, como para comenzar a desplazarnos la podríamos definir como una mariposa ligeramente abierta, ahora necesitamos movernos aún más rápido , la mariposa se encontrara en un punto de acelerador más abierto, etc. En la Figura 27 se muestra los terminales del sensor TPS

La señal que envía el sensor de posición del acelerador indica el grado de requerimiento o necesidad dispuesta por el usuario o conductor, este sensor dispone de 3 terminales de conexión, estas son:

- Terminal 5 Voltios
- Terminal de Señal
- Terminal de Tierra

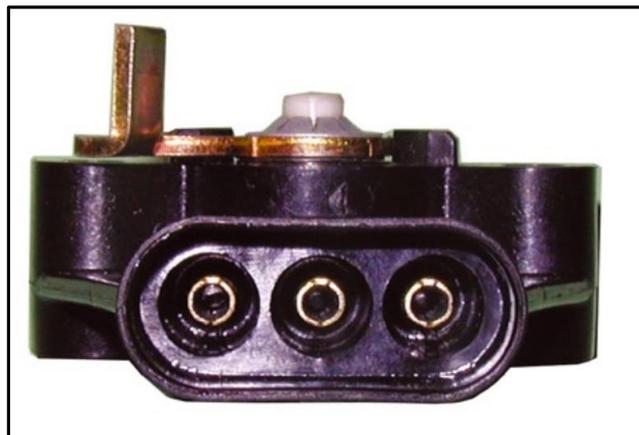


Figura 27. Terminal del sensor TPS. Recuperado de: [conevyt.org.mx](http://conevyt.org.mx)

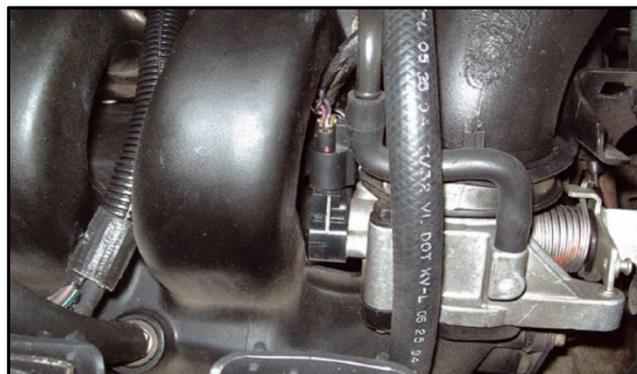


Figura 28. Ubicación del sensor TPS. Recuperado de: [conevyt.org.mx](http://conevyt.org.mx)

Cuando este elemento del grupo de sensores del vehículo comienza a presentar malfuncionamiento, la aparición de síntomas muy comunes lo podemos resumir en la siguiente lista:

- La condición de marcha mínima es demasiado inestable
- Existe la presencia en el tablero de la luz testigo del motor
- Vibraciones anormales y cascabeleo
- Disminución de la potencia entregada por el vehículo



*Figura 29.* Revisión de cableado del sensor TPS. Recuperado de: [conevyt.org.mx](http://conevyt.org.mx)

### **2.6.8. Sensor de posición del cigüeñal (CKP)**

La función de este sensor es la de determinar el número y serie de ranuras hechas en el disco del corregidor de torsión, y trabajando en conjunto con la información que provee sensor del árbol de levas, la unidad de control electrónico pueda determinar la posición en que se encuentra el primer cilindro, y por ende exista una sincronización a la hora de generar la ignición, es decir la chispa, el momento en que se inyecta el combustible, todo de manera síncrona, en la siguiente Figura 30 se muestra la localización del sensor CKP



*Figura 30. Localización del sensor CKP*



*Figura 31. Sensor CKP desmontado*

Como se había mencionado anteriormente este elemento del grupo de sensores del vehículo funciona bajo un principio ya expuesto anteriormente, que es el efecto Hall, bajo este parámetro este sensor es capaz de llevar un registro de la velocidad a la que se encuentra el motor, esta información es vital para optimizar el pulso de inyección y el momento síncrono de la chispa. En la siguiente Figura 32. Se muestra los terminales del sensor CKP



*Figura 32. Terminales del sensor CKP*

### **2.6.8. Sensor de posición del árbol de levas (CMP)**

Como se había mencionado anteriormente este elemento del grupo de sensores del vehículo funciona bajo un principio ya expuesto anteriormente, que es el efecto Hall, bajo este parámetro este sensor es capaz de llevar un registro de la velocidad a la que se encuentra el motor. En la Figura 33 se muestra la ubicación del sensor CMP en el motor.



*Figura 33. Ubicación del sensor CMP en el vehículo.*

### 2.6.9. Sensor de velocidad (VSS)

Este sensor permite conocer la velocidad de desplazamiento del vehículo, como sus siglas lo indican VSS (Vehicle Speed Sensor), como ya sabemos para el correcto funcionamiento del motor es necesario que la unidad de control electrónico conozca todas estas condiciones de funcionamiento en la que se encuentra el vehículo, principalmente con los aspectos que involucren o afecten directamente con la cantidad de aire/combustible que sea necesaria, este sensor como su nombre lo indica le provee a la unidad de control electrónico una medición de velocidad a través de la salida de transmisión.



*Figura 34. Ubicación del sensor VSS*

### 2.7. Actuadores

Si los sensores son los elementos que envían datos a la unidad de control electrónico, lo actuadores los podríamos definir como lo opuesto, ya que estos ejecutan comandos dispuestos por la unidad de control electrónico, los actuadores que se conceptualizaran son los siguientes:

- Inyectores
- Bobina de Ignición

- Válvula IAC
- Válvula EVAP
- Relé de la bomba de combustible
- Relé del electro ventilador
- Relé de control del aire acondicionado



Figura 35. Esquema de proceso de un actuador

Si se define el concepto de cómo opera un actuador, se definiría como un elemento del vehículo con la capacidad de transformar señales eléctricas comandadas por la unidad de control electrónico, ya sea en distintos tipos de energía, hidráulica, mecánica, neumática entre muchas otras más, y dentro del vehículo la operación de muchas tareas críticas es realizadas ya sea en el motor, seguridad activa e inclusive pasiva del vehículo

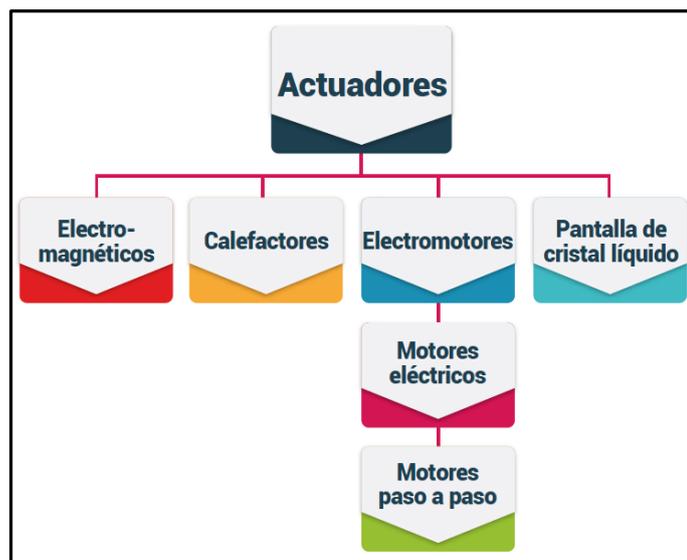


Figura 36. Clasificación de los actuadores

### 2.7.1. Inyectores

Este actuador ejecuta la acción más importante del vehículo, pues es encargado de suministrar el combustible para su posterior proceso de combustión, básicamente son válvulas eléctricas, las cuales reciben el pulso modulado desde la unidad de control electrónico, la que no solo determina la apertura de estas sino el tiempo en que va a estar abierta esta válvula, el número de inyectores es igual a la cantidad de cilindros en el motor, la localización de estas es por lo general antes de la válvula de admisión de cada cilindro, actualmente existe la inyección directa a gasolina pero es un concepto diferente a lo que ofrece el motor Hyundai G4ED.

Los sistemas más comunes son secuenciales, y a la resistencia que funciona cada uno de los inyectores es de 9 a 16 ohm a una temperatura de 20°C. En la Figura 37 se muestra un inyector que utiliza en el sistema de inyección el vehículo Hyundai Accent



Figura 37. Inyector para Motor G4ED

Como función única tienen proporcionar la cantidad correcta de combustible, la cual es calculada y gestionada por la computadora, este combustible no solo debe ser proporcionado

en la medida correcta, sino en la forma más idónea para una mezcla dentro del cilindro y permita una combustión correcta, por eso el inyector a presión pulveriza el combustible de una manera dosificada. En la Figura 38 se muestra el esquema de un inyector y sus partes.

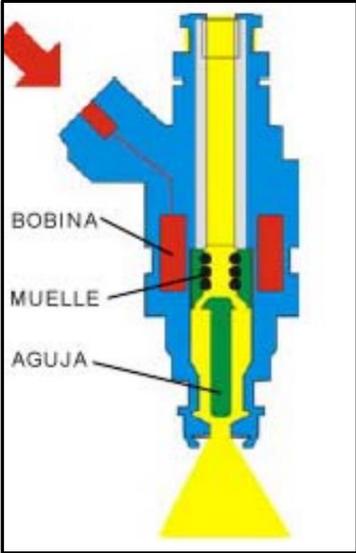


Figura 38. Esquema de un inyector. Recuperado de: [upcommons.upc.edu](http://upcommons.upc.edu)

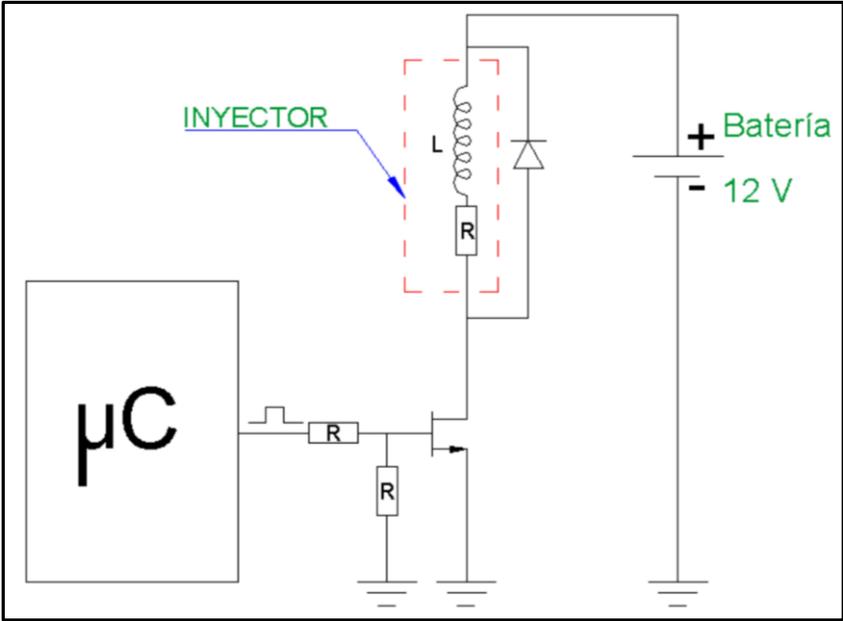


Figura 39. Diagrama básico de un inyector.

## 2.7.2. Sistema de ignición

El desarrollo tecnológico permite la mejor y la innovación en pro de factores tanto de rendimiento, como de emisiones de gases, uno de esos más grandes avances es el sistema de encendido sin distribuidor que se muestra en la Figura 40, ya que permite eliminar componentes mecánicos los cuales, al estar en contacto y acciones física, tenían un más alto índice de probabilidad de fallar, sufrir desgaste, por ende, esto afecta al rendimiento general del vehículo podemos resumir las ventajas en:

- Mayor control sobre la gestión del momento de la chispa
- Mayor rendimiento al poder mejorar la calidad de la chispa
- No hay interferencias eléctricas que influyan en este sistema
- Mayor margen de gestión del encendido.
- Posibilidad de cambiar el avance al encendido con mayor precisión

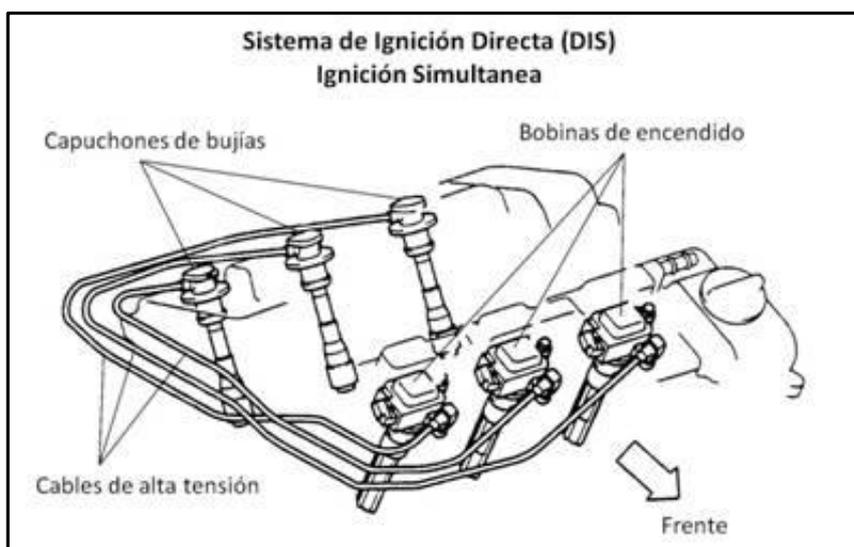


Figura 40. Representación de sistema DIS. Recuperado de: e-auto.com.mx/

### 2.7.3. Bobina de ignición

La bobina de inyección es parte de un conjunto de elementos del sistema de encendido, este actuador se integra con un módulo de encendido, la alimentación de esta pieza es directamente de la energía que proporciona la batería, el tipo de señal que esta recibe es de tipo TTL.

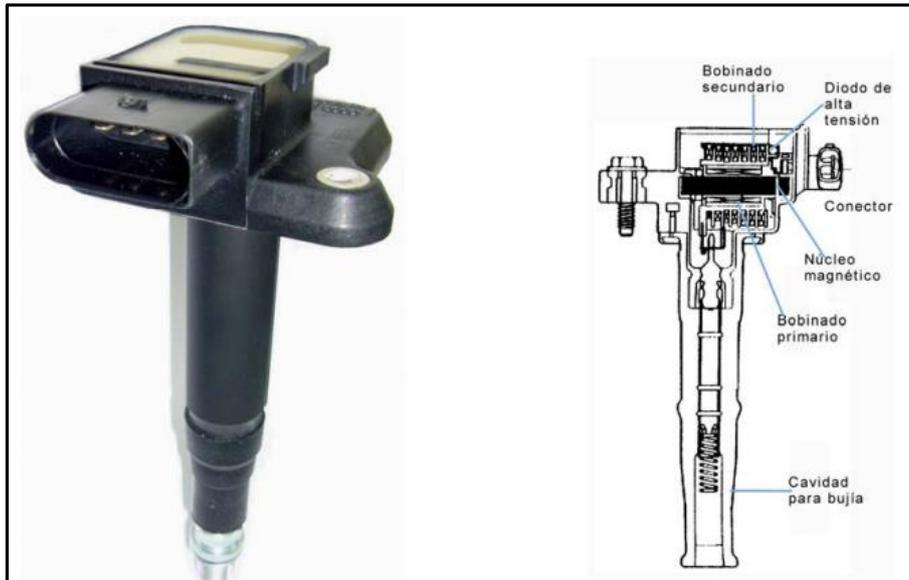
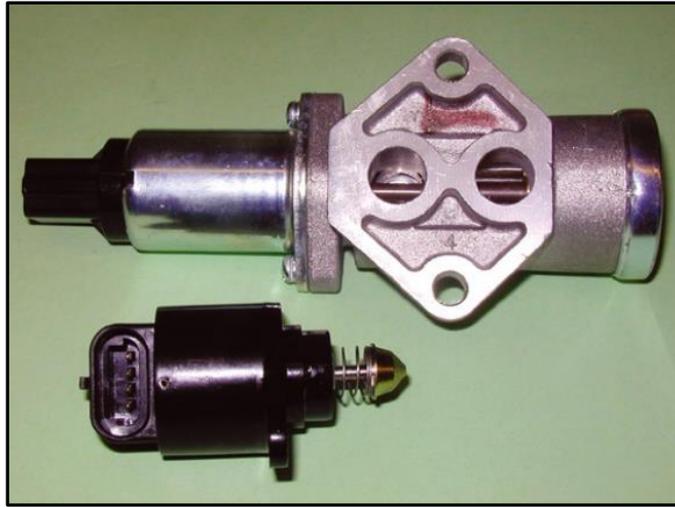


Figura 41. Bobina de ignición esquematizada. Recuperada de: <https://e-auto.com.mx/>

### 2.7.4. Válvula de control de aire

La válvula de control de aire es una válvula del tipo de bypass, su exterior está compuesto por un contenedor sólido de hierro de fundición, con un conjunto de bobinas magnéticas y un eje, a través de este eje la unidad servo-controlada, regula el paso del flujo del oxígeno (Aire), en sus diferentes compartimentos.

Este actuador es controlado por la unidad de control electrónico, con la cual en resumen permite una velocidad de revoluciones estable para la marcha de ralentí, con solamente desviar la cantidad o el flujo de aire suministrado. En la Figura 43 podemos observar la ubicación de esta válvula IAC



*Figura 42.* Válvula IAC desmontada. Recuperado de : <https://www.conevyt.org.mx>



*Figura 43.* Ubicación de la válvula IAC

### **2.7.5. Válvula de solenoide de purga del Canister**

La válvula del Canister es un componente de vital importancia en el sistema de control de emisiones contaminantes y es fundamental en los sistemas de inyección actuales.

La válvula permite el ingreso de la gasolina hacia el múltiple de admisión. Cuando el motor no está en funcionamiento, los gases se almacenan dentro del Canister. En el momento que el

motor se vuelve a encender la ECU envía la señal de apertura de la válvula para efectuar la purga. Se aumenta la eficiencia en cuanto al rendimiento del combustible y se evita contaminar.

Cuando presenta errores de funcionamiento, los gases de la gasolina se acumulan dentro del depósito y ejercen un esfuerzo sobre los cilindros, haciendo que el motor se ahogue. Debido a que la válvula no está cediendo el paso de los gases de la gasolina y de vuelta al sistema de emisiones, en otras palabras, los gases no son reutilizados.

La válvula de purga del Canister se tapona y evita la recirculación de los vapores de combustible, estos a su vez envían regresan al sistema de emisiones. Por tal motivo el vehículo consume más combustible, genera contaminación ambiental y con lo cual existe un problema en el momento de revisiones de gases vehiculares. En la Figura 44 se muestra la válvula de solenoide de purga.



*Figura 44.* Válvula Solenoide de purga. Recuperado de: [conevyt.org.mx](http://conevyt.org.mx)

### **2.7.6. Relé de la bomba de combustible**

Este elemento se encarga de mantener un constante suministro de energía eléctrica proveniente de la batería para la bomba de suministro de combustible, en caso de haber un

malfuncionamiento el relé actuaría interrumpiendo el suministro de energía por lo tanto evitando posibles accidente, este corte se da cuando no recibe la señal de revoluciones del motor, la cual tienen origen en la bobina de encendido visto anteriormente, este componente si presentad daños o mal funcionamiento simplemente el motor no arrancara, en la Figura 45 muestra el circuito eléctrico de la bomba de alimentación.

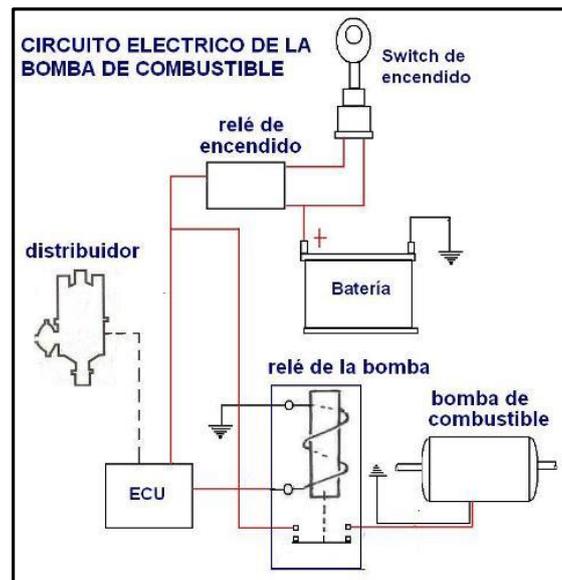


Figura 45. Circuito de un sistema de alimentación

### 2.7.7. Relé del electro ventilador

Dentro un vehículo existe el intercambio de temperaturas al haber emisiones térmicas, la temperatura naturalmente es un factor a controlar, dentro de esto existen los sistemas de refrigeración que a su vez cuentan con, ventiladores, que permiten el intercambio de temperaturas, estos son accionados por un relé, el cual es controlado por la unidad de control electrónico, y bajo parámetros de temperatura del motor y del sistema de aire acondicionado que su accionamiento es por voluntad del usuario. A continuación en la Figura 46 muestra la disposición de reles del motor G4ED

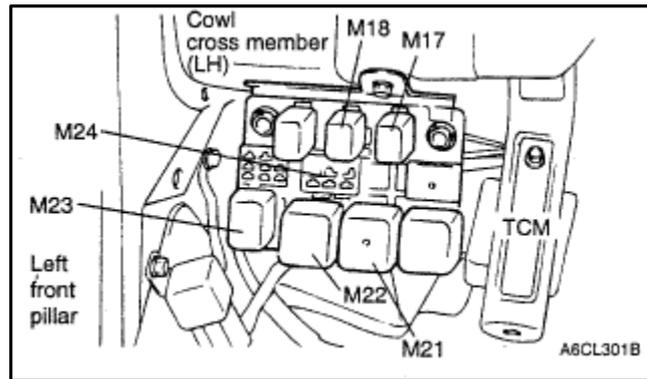


Figura 46. Disposición de relés Motor G4ED. Manual Hyundai G4ED

## 2.8. Procesamiento de datos

La información proporcionada a manera de datos, ya sean de tipo digital o analógico que se originan de los sensores son transmitidos hacia la unidad de control electrónico el cual es un microcomputador que está compuesto por tres unidades básicas. La CPU, la memoria y el subsistema de entradas y salidas.

La CPU en estándares de la industria y aplicaciones automotrices para los sistemas de gestión de motor suelen ser de 16 bits, son del tipo RISC (Reduced Instruction Set Controller). Se utiliza este tipo de CPU por:

- Cantidad numérica baja de comandos
- Comandos simples en lenguaje de ensamblador
- Volumen de espacio reducido, menor consumo de recursos y optimización de diseño}
- Instrucciones únicas por ciclo de maquina

Dentro del mundo tecnológico las memorias desde el punto de vista electrónico son elementos de almacenamiento de información, ya sean de carácter permanente, modificables o de acceso momentáneo, todo dependerá del tipo de función a realizar, en la unidad de control

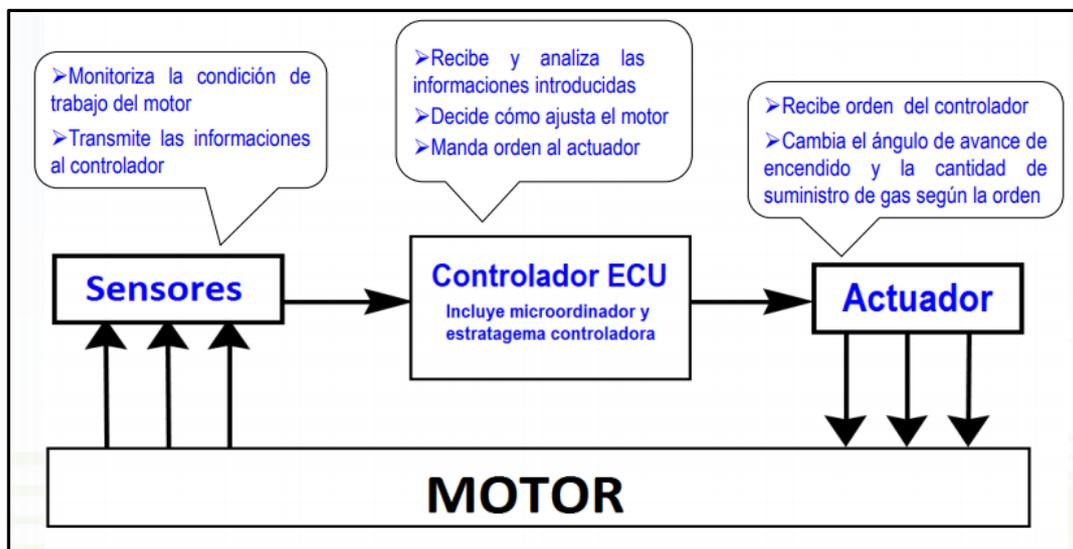
electrónico podemos encontrar que se encuentra conformando por diferentes tipos, con lo cual la podemos clasificar en:

➤ Memorias Configurables

- EEPROM
- FLASH
- RAM

➤ Memorias de programa

- ROM
- OTP
- Reprogramación: EPROM, EEPROM, Flash



*Figura 47.* Esquema de comunicación de la ECU

## 2.9. Sistemas complementarios

En el vehículo existen sistemas encargados de funciones diversas como, por ejemplo, el almacenamiento de energía, carga de energía o sistemas electromecánicos, que no tienen un proceso de información retroactivo, es decir son accionados casi directamente o funcionan de manera independiente a otros sistemas, esto no quiere decir que otros elementos no dependan de estos sistemas complementarios.

### 2.9.1. Batería del automóvil

El principio básico es de ser un lugar de almacenamiento de energía eléctrica, para su posterior uso, su composición es en base a celdas, y dentro de estas se encuentra un electrolito, a la vez que estas celdas se encuentran conectadas en serie, el voltaje de estas da un sumatorio total de 12.5 voltios, el amperaje hora es indicativo de su capacidad de almacenamiento.

Este acumulador de energía es el encargado de suministra la energía, necesaria para el arranque, y de muchos otros sistemas que funcionan directa o indirectamente gracias a este elemento, aparte de proporcionar, un equilibrio en el sistema eléctrico del vehículo



Figura 48. Batería Bosch para el Banco de pruebas

### **2.9.2. Alternador**

El alternador es un elemento primordial y principal del sistema del circuito eléctrico. Su finalidad es transformar la energía mecánica proporcionada por el motor a través de una banda, el alternador se encarga de transformar ese movimiento rotatorio en energía eléctrica para mantener la carga de la batería y proporcionar el consumo de los elementos eléctricos del vehículo cuando está en funcionamiento.



*Figura 49. Ubicación del alternador*

### **2.9.3. Motor de arranque**

Para conceptualizar acerca de un motor de arranque es un motor eléctrico, de corriente continua, su propósito es el de proporcionar fuerza de giro al momento de encender el vehículo, ya que facilita la primera combustión en la cámara de los cilindros, este dispositivo se alimenta directamente de la batería, si la batería no tiene el porcentaje necesario de voltaje y carga simplemente el motor de arranque no tendrá la fuerza suficiente para generar las primeras

vueltas del motor y a su vez facilitar la inyección. En la siguiente Figura 50 se muestra los elementos internos de un motor de arranque.

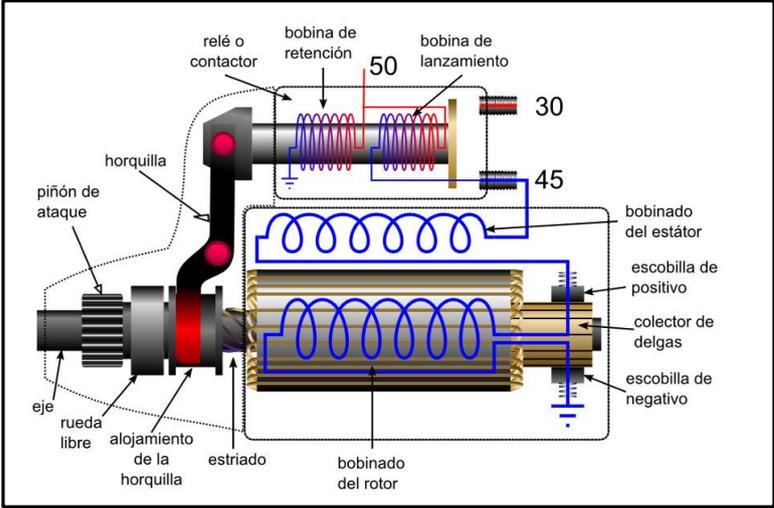


Figura 50. Componentes de un motor de arranque



Figura 51. Motor de arranque desmontado

## CAPITULO III

### DISEÑO ESTRUCTURAL

#### 3.1. Materiales y elementos

Un motor de combustión interna genera vibraciones, movimientos, oscilaciones que necesitan tener una buena base, que tenga una integridad estructural óptima para el correcto funcionamiento del motor y de sus sistemas, sin que se afecte su rendimiento, ni implique 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 selección del material es de un hierro estructural como se muestra en la Figura 52 de uso múltiple, el cual presenta resistencia a la rotura, a las deformaciones, con una tenacidad media, y una alta soldabilidad, la elección de este tipo de material se debe a su costo, accesibilidad, y debido a que es un material que no requiere de mucho trabajo a la hora de elaborar elementos como un banco de prueba, las barras son de acero negro un material altamente resistente y que permitirán conservar los factores de seguridad además de su integridad estructural.



*Figura 52.* Cuadrantes de acero negro

El material seleccionado es un acero negro de denominación ASTM A53, este tipo de material aplicado a tuberías se destinan para usos sea de presión o de cargas mecánicas, tiene un gran índice de soldabilidad e integridad estructural de diversos tipos

Tabla 3. *Propiedades del acero negro*

<b>Acero Negro</b>	
<b>Composición</b>	<b>GRADO A</b>
C	0,25
Si	0
Mn	0,95
P	0,05
S	0,04
Cu	0,4
Ni	0,15
Mo	0,4
Cr	0,08
V	
<b>Propiedades mecánicas</b>	
<b>Resistencia a la tracción</b>	330 Mpa
<b>Resistencia al punto cedente</b>	415 Mpa

Una vez hecha la elección del material y conociendo sus propiedades, el tipo de forma será tanto tubular como de viga cuadrada, las medidas de estas serán graficadas, para tener en cuenta no solo el material sino las dimensiones de este.

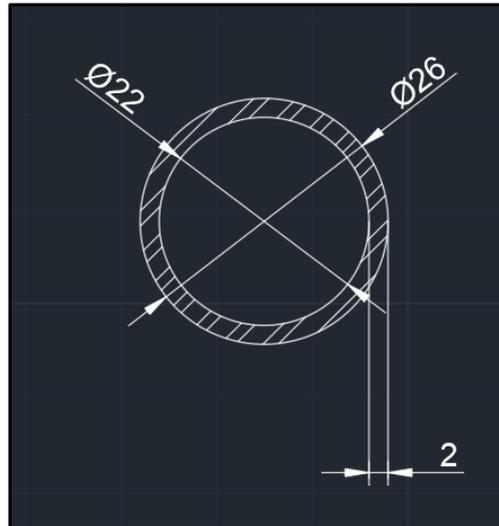


Figura 53. Diámetros de la tubería

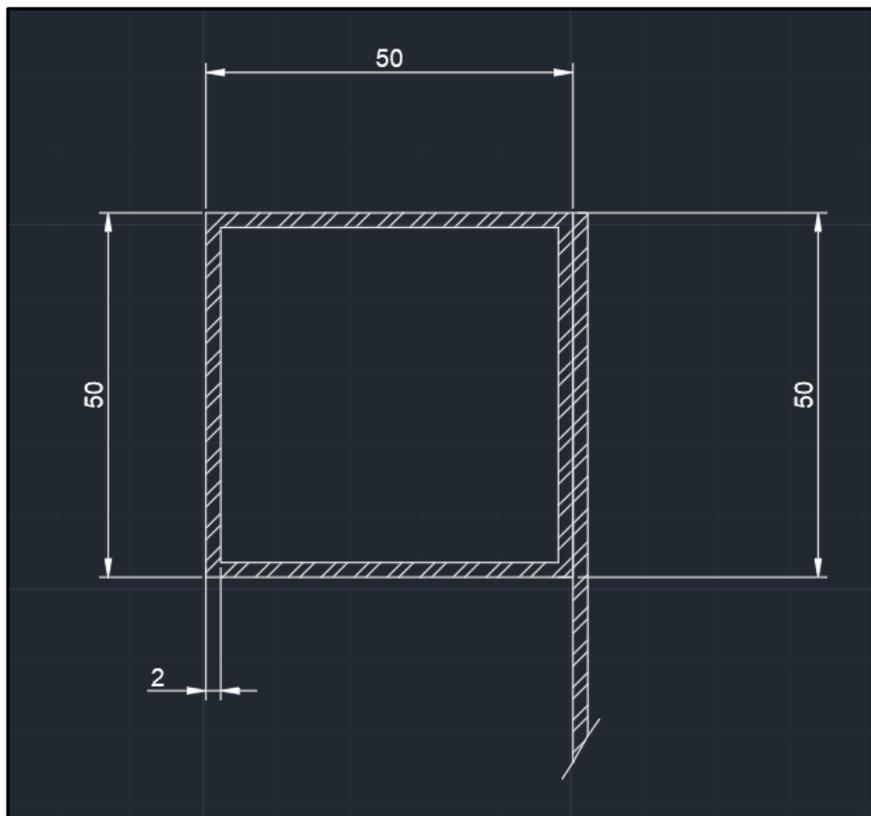


Figura 54 . Dimensiones de la viga

Una vez detallado el tipo de material y elementos estructurales principales, se puede señalar el conjunto de elementos necesarios para la construcción del banco de pruebas, estos

componentes permitirán, formar los distintos módulos donde se alojará el motor, sistema de cableado, con su respectiva caja de simulación.



Figura 55. Plancha Galvanizada de Acero ASTM A63

Tabla 4. Componentes de la estructura principal

<i>Elemento</i>	<i>Característica</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Medida</i>	<i>Cantidad</i>
Tubo cuadrado	Elemento de soporte principal para los nervios de la estructura	5 metros	2mm Grosor	3
Plancha metálica	Sera el recubrimiento en la base de la estructura	1 m2	2.5 mm Espesor	2
Electrodos de suelda	A través de un proceso de soldadura fijara las uniones metálicas de la estructura	*	4 libras	4
Garruchas	Permitirá la movilidad del banco de pruebas	4"	*	4
Bases de motor	Estabilidad y seguridad al disminuir vibraciones del motor en funcionamiento	*	*	2
Base de caja de cambio		*	*	1

Los elementos que están descritos en la Tabla 4 conformaran la estructura principal del banco de pruebas y simulación de fallas, fueron escogidos por sus características y propiedades, en otras palabras, conformaran un esqueleto donde se asentara tanto el motor como la transmisión, en conjunto con la estética que pueda ofrecer las planchas galvanizadas cabe recalcar que, todos estos elementos serán posteriormente tratados con pintura anticorrosivas en 2 capas diferentes para así conservar la seguridad estructural en la siguiente Tabla 5, no solo con el paso del tiempo sino que con condiciones de humedad o mal clima.

Tabla 5. *Conjunto de seguridad*

<i>Elemento</i>	<i>Característica</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Medida</i>	<i>Cantidad</i>
Tubo redondo	Delimitara la zona de funcionamiento y seguridad del banco de pruebas	5 metros	2mm Grosor	3
Pernos		*	1 1/2" x 1/4"	25
Tuercas	Unión y fijación que permitirá una rigidez y seguridad estructural	*	1/4"	25
Anillos		*	1/4"	25
Platina		*	*	2
Electrodos de suelda	A través de un proceso de soldadura fijara las uniones metálicas de la estructura	*	*	2

Dentro de la 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.

Tabla 2. *Módulo de simulación*

<i>Elemento</i>	<i>Característica</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Medida</i>	<i>Cantidad</i>
Plancha metálica perforada	Ventilación en la parte posterior de la estructura	2mm	*	2
Plancha metálica	Dara la forma y cubrirá al modulo	2mm	*	2
Bisagras	Secciones móviles	*	*	7
Chapas	Permitirán salvaguardar la seguridad del modulo	*	*	3
Manijas	Permiten maniobrar puertas y cajones	*	*	5
Pestillos	Delimita el acceso a ciertos elementos del modulo	*	*	3

El módulo contiene el arnés de cables, además de los interruptores, y terminales de conexión, para la generación de fallas de los sensores y además de permitir el monitoreo de los diferentes elementos del vehículo ya sean acatadores o sensores a través de este módulo.

Es importante volver a delimitar donde puede manipular el operario sin comprometer tanto su integridad física como la del equipo, por ende es necesario, colocar elementos como chapas, pestillos los cuales permiten proteger y evitar la mala manipulación de elementos internos del módulo de simulación, además de contar con bisagras y manijas las cuales permiten usar cajones y puertas de utilidad ya que será necesario contar con espacios en los cuales se puedan usar con fines a la simulación de fallas

### 3.2. Planos y diseño

La base de la estructura contará con una dimensión de 1 metro con 5 centímetros de un lado y de 1 metro con 35 centímetros por otro, el módulo de simulación tendrá una dimensión de 25 centímetros por 1 metro 30 centímetros, estas dimensiones están optimizadas para el uso del espacio sin desperdiciarlo innecesariamente.

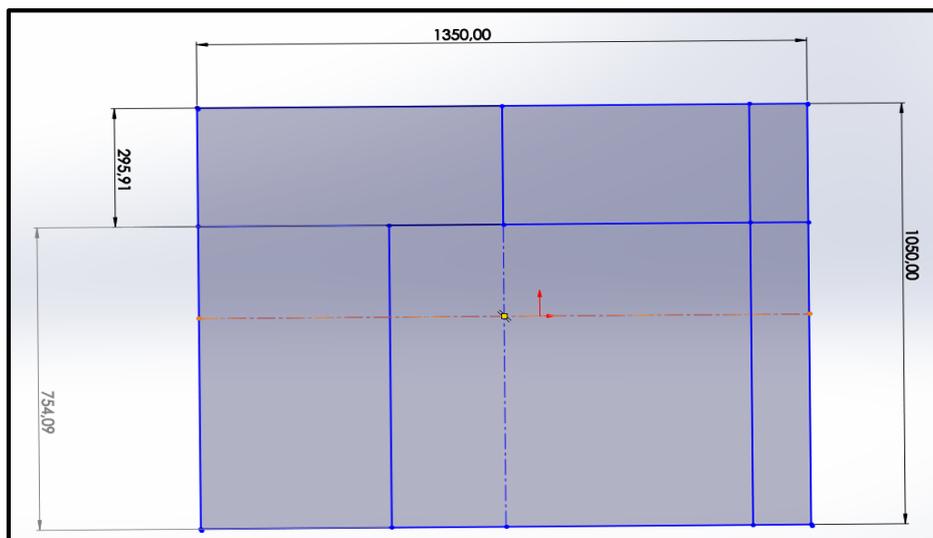
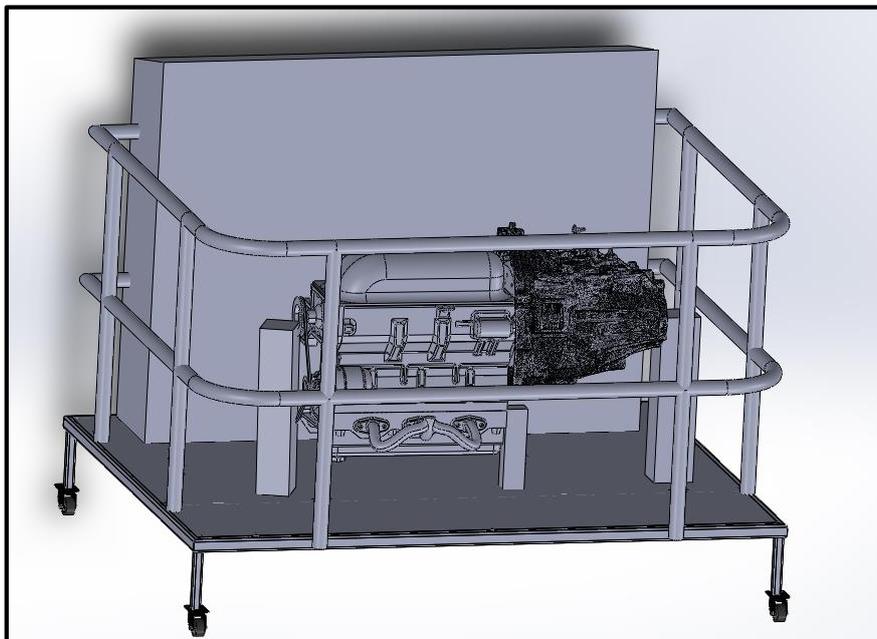


Figura 56. Plano de la base estructural del banco

Las bases del motor deben estar lo más solidarias posible a la estructura ya que estas son las que soportaran todo tipo de vibraciones y estrés por cargas, en conjunto con el peso de los componentes del motor y el motor en sí mismo.

Como se muestra en la Figura 56 se diseñó una estructura de cuadrante rectangular con diseños internos para el motor y una para la transmisión, su ubicación se basa no solamente en la disposición de espacio en la estructura sino también de equilibrar los pesos y esfuerzos que se generaran a la hora de tener el motor en funcionamiento.

En la última imagen se puede apreciar el modelo final de la estructura principal del motor más el módulo de simulación, sin olvidar, la estructura para salvaguardar la seguridad del usuario, la movilidad y transporte del banco de pruebas se verá facilitado por las ruedas de goma instaladas en las esquinas de la estructura. En la Figura 57 podremos observar un esquema de como ira ubicado y distribuido el volumen del motor sobre la estructura prediseñada.



*Figura 57. Esquema de estructuras terminadas*

### 3.3. Modelado asistido por computadora

El programa usado para el modelado de la estructura del banco de pruebas será SolidWorks 2018, el primer paso es dimensionar la estructura en un plano 3D, una vez hecho esto se usa el módulo de piezas soldadas, y se determina las dimensiones del tipo de tubo, su geometría y en qué sistema de mediciones se van a determinar estos parámetros. En la Figura 58 se muestra como se utiliza la función de piezas soldadas en SolidWorks dando el material, dimensiones y otras características requeridas.

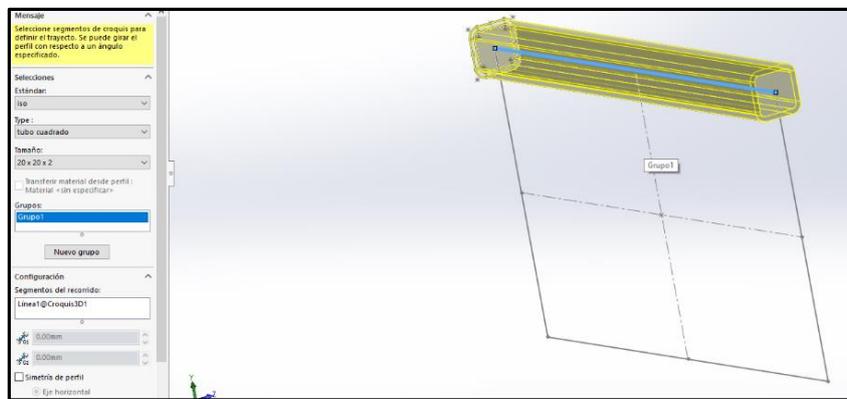


Figura 58. Uso de la función de piezas soldadas en SolidWorks

Se determina el mismo tipo de tubo cuadrado para toda la estructura, y se obtiene el modelado final, de la estructura principal y sus nervios. En la Figura 59 se muestra las bases de la estructura diseñada en SolidWorks

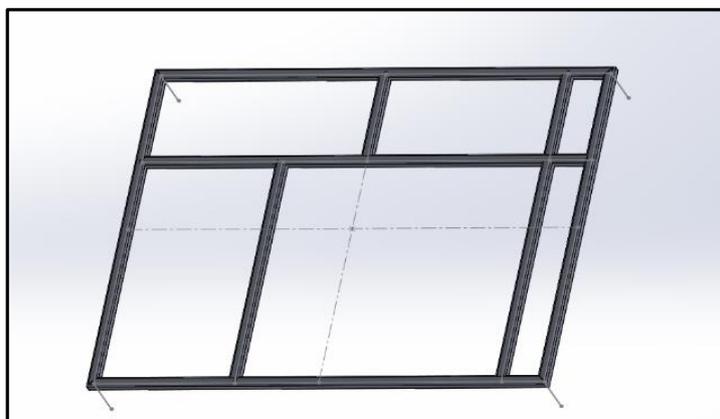


Figura 59. Estructura en SolidWorks.

Es necesario tener en cuenta que se necesitan 4 puntos de soporte con respecto al suelo, en este caso por cantidad de procesos y delimitaciones geométricas para la simulación se determinó que lo mejor eran puntos de soporte fijos y sencillos que permitan realizar una simulación

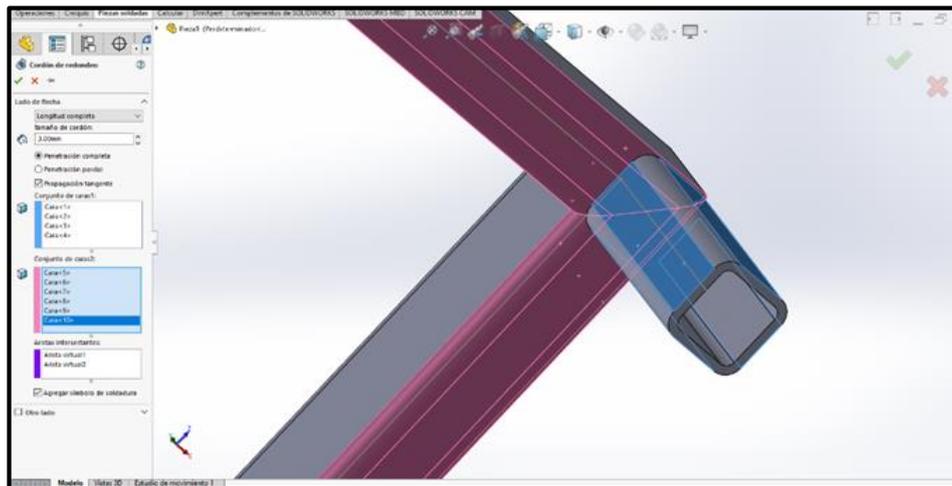


Figura 60. Puntos de apoyo de la estructura.

### 3.4. Simulación SolidWorks

SolidWorks permite realizar simulación bajo parámetros determinados con ayuda de un asistente de simulación, en el cual se fijan un numero de procesos a seguir en un orden, el primer paso el análisis de la geometría de la estructura el cual determina si es viable o no realizar la simulación, en este paso se ve si existen puntos de soldadura o uniones solidas perfectas. En la siguiente figura se hace referencia a un análisis de geometría de la estructura que se diseñó para realizar la simulación, en el cual nos arrojó puntos críticos de color morado que son los puntos que existe un soldadura predeterminada por el programa asistido por computadora, en estos puntos existirá un mayor estrés por partes del peso del motor .

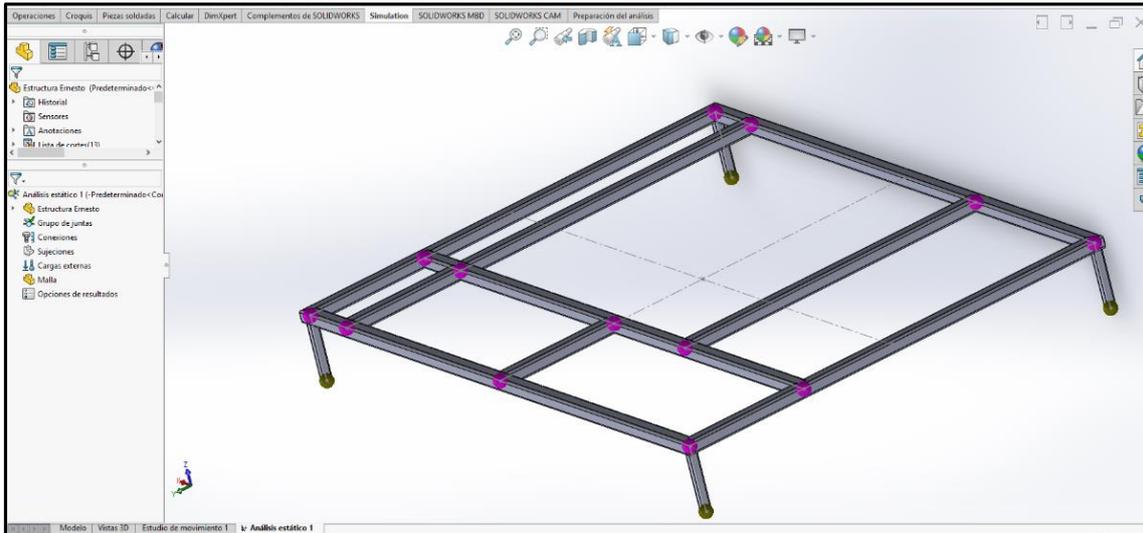


Figura 61. Análisis de Geometría

El segundo paso es determinar los puntos de apoyo y su comportamiento, se seleccionó los cuatro tubos, con una geometría fija inamovible como se muestra a continuación en la figura 63.

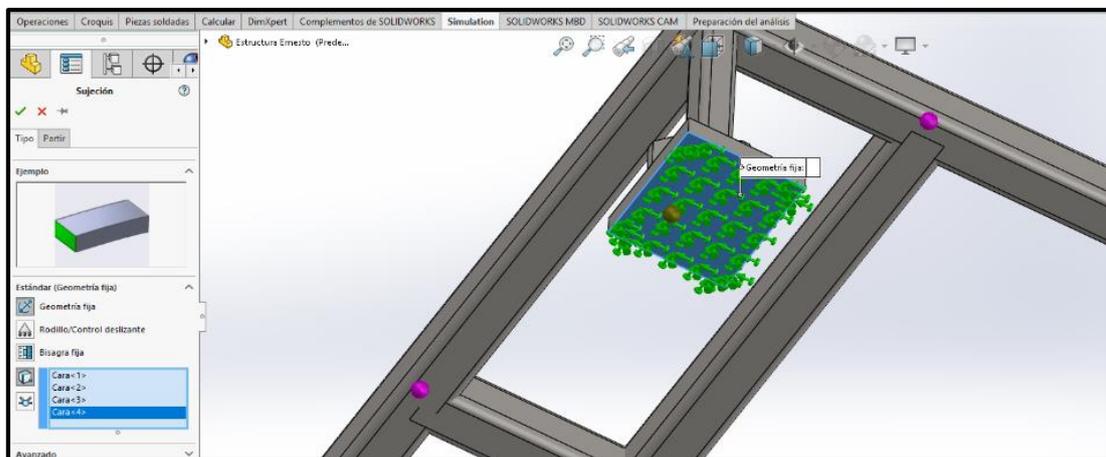


Figura 62. Puntos de apoyo.

Se van a realizar dos tipos de análisis estructurales, el primero es un análisis de estrés estático, el segundo es un análisis dinámico donde se podrá observar las deformaciones máximas y mínimas en la estructura. Las fuerzas y las cargas sobre la estructura equivalen a el

peso total del motor, transmisión y elementos complementarios dando un total de peso de 205 Kg ya incluyendo otros elementos estructurales.

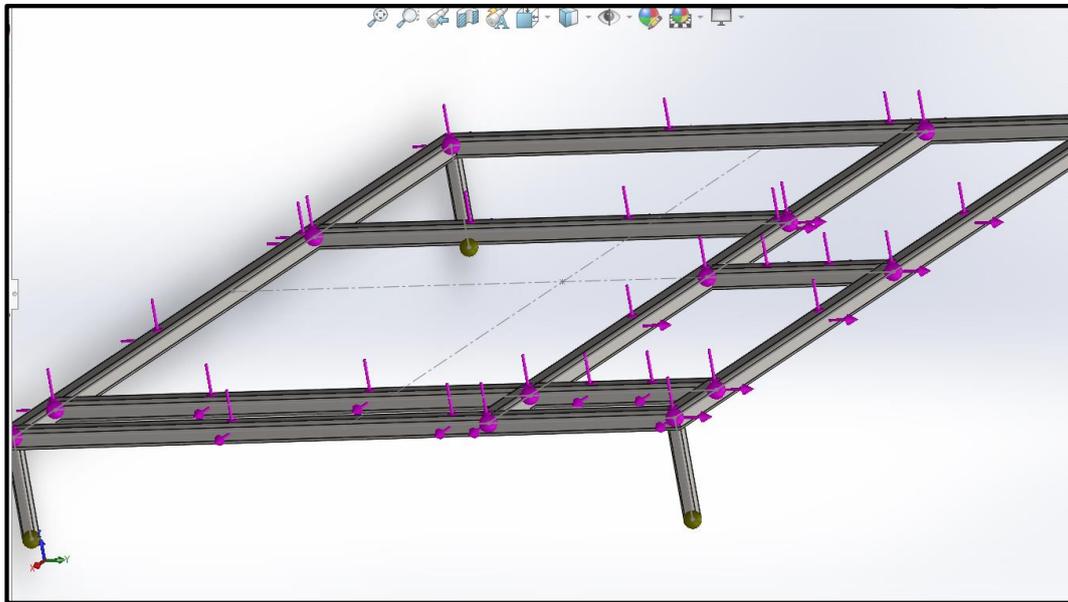


Figura 63. Selección de cargas y dirección de esfuerzos.

### 3.5. Resultados.

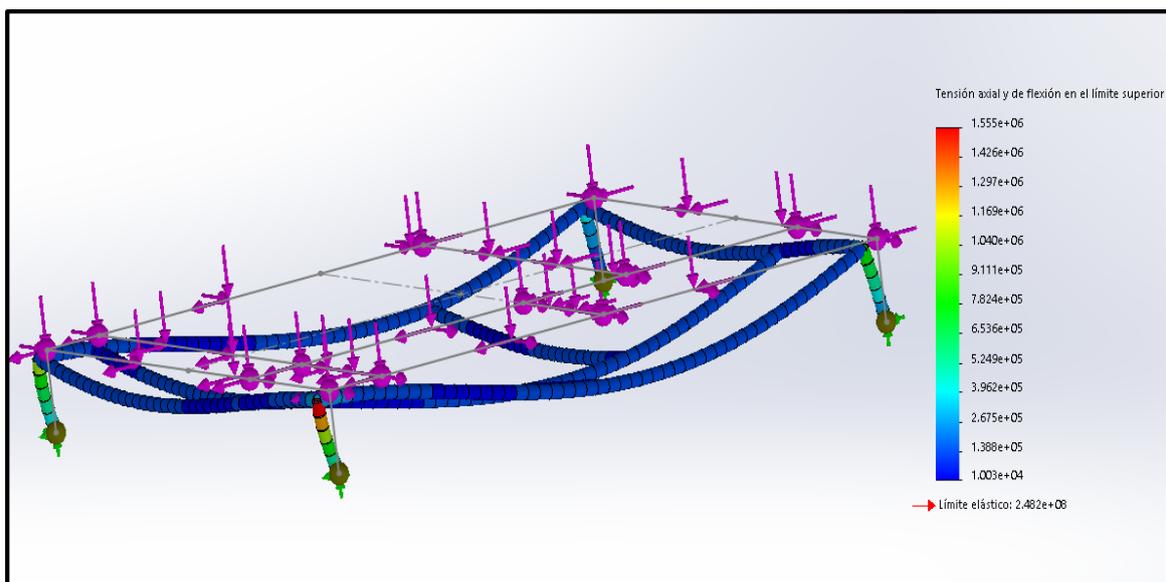


Figura 64. Resultados de análisis de estrés estático.

En el primer análisis que se mostró en la Figura 64 si comparamos la colorimetría del cuadro de resultado de Von Mises observamos que el punto de estrés máximo es de color rojo y en la Figura de resultado de estrés estático se encuentra en un punto de las bases de apoyo y como resultado la estructura en si no se ve afectada sino en donde se apoya este.

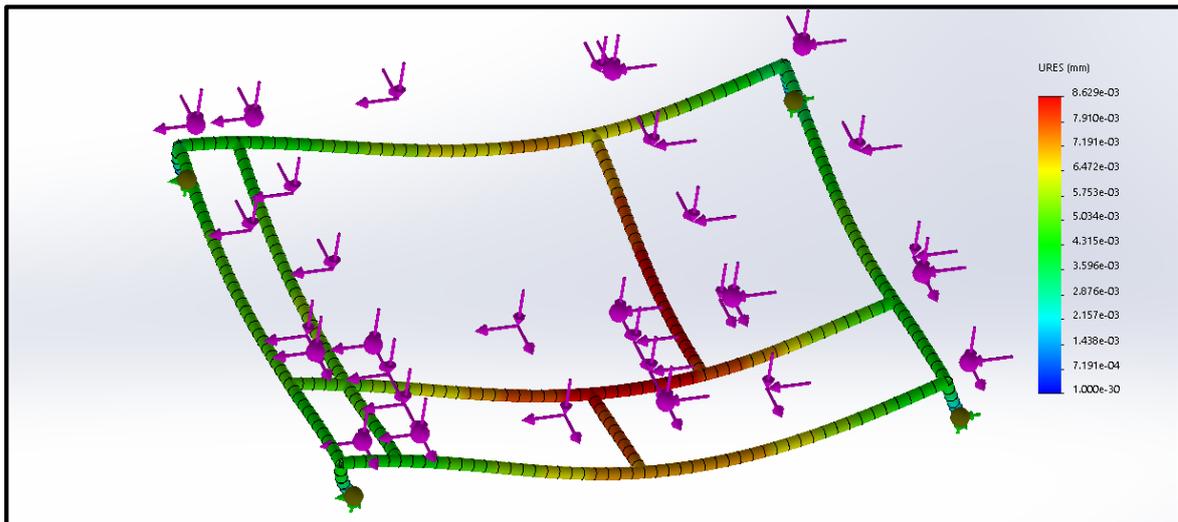


Figura 65. Resultados de pruebas de cargas dinámicas.

En la siguiente simulación que cargas dinámicas como se muestra en la Figura 65 se mostró el desplazamiento máximo de la estructura y se pudo evidenciar que las zonas críticas al generar movimiento de funcionamiento del motor serán las zonas de color rojo que se encuentra en la parte central de la estructura, sin embargo la estructura no se afectara en sí, ni sufrirá deformaciones

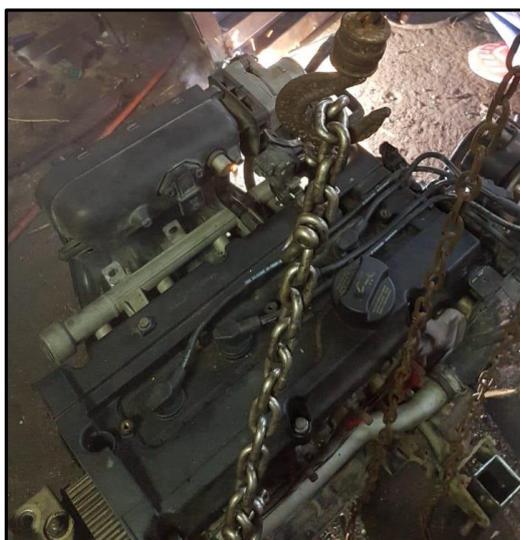
## CAPITULO IV

### CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

#### 4.1. Desmontaje del motor

El primer paso mas importante para poder visualizar y realizar la construcción del banco de pruebas son las dimensiones del motor y su caja de cambios, si se revisa el manual de taller de reparaciones indican las dimensiones generales del motor, par de apriete, y como se debe desmonta las bases y sistemas adyacentes del vehículo.

Si se respetan los parámetros mencionados anteriormente se podrá retirar el motor y sus sistemas sin haber causado algún daño, el motor es un elemento pesado por lo cual se usara una pluma hidráulica con los requerimientos para levantar dicho elemento, una vez hecho esto, se procederá, a realizar verificaciones visuales, las cuales se basaran en inspeccionar cableado del vehículo, buscar derrames anormales del motor, ya sean de aceite o de refrigerante, para desmontar los demás elementos a necesitar se repite el proceso guiándose del manual de reparaciones



*Figura 66. Motor G4ED en pluma hidráulica*

## 4.2. Limpieza del motor

La mayor observación a simple vista es la acumulación de grasa, aceite, polvo, tierra entre otros elementos, debido a que el motor se encuentra en constante flujo de aire al exterior y se encuentra expuesto no directamente a muchos agentes contaminantes diferentes, este tiende a acumular suciedad, por ende al verificar que no haya fugas anormales, ni cableado en mal estado se recomienda usar líquidos que no tengan como base de su composición la gasolina o derivadas de petróleo, debido a que existe un principio en donde todos los elementos derivados de un hidrocarburo común, tienden a buscar su forma base es decir, pierde su forma, al entra en contacto con un líquido de su naturaleza.

Un claro ejemplo de lo mencionado son los cauchos, estos al entrar en contacto con la gasolina, pierden su forma y no la recuperan, perdiendo totalmente la función para la que fueron diseñados, así mismo el cableado, tiende a perder su rigidez, además de generarse “soplos”, que lo único que pueden llegar a traer, son sulfataciones y malfuncionamiento de los elementos a los que estén conectados



*Figura 67.* Limpieza del motor

### 4.3. Pintado del motor

Una vez que se hayan limpiado y retirado los componentes contaminantes, como tierra, grasa, aceites entre otros, se puede proceder a su posterior proceso de pintura, el cual no podrá ser con pinturas corrientes, ya que las pinturas corrientes no tienen resistencia a las altas temperaturas, con lo cual simplemente se “soplarían” y se perdería la estética deseada.

Las pinturas térmicas permiten conservar acabados, además de proteger al motor de los mencionados agentes contaminantes anteriores, existe otro factor muy importante que es el de la corrosión, todo material, metálico o no metálico, presenta impurezas por ende al entrar en contacto con algún líquido, no necesariamente agua, pueden tener una reacción de sulfatación, con lo cual se acumularía dependiendo del tipo de material un sarro el cual puede resultar perjudicial.



*Figura 68.* Pintado del motor

#### 4.4. Corte de elementos estructurales

El motor se lo dejará por el momento de lado, para proceder a la construcción de la estructura principal, primero debemos comenzar con los tubos cuadrados, según los planos el cuadrante principal tendrá, una medida de 1350 milímetros, por 1050 milímetros, lo que nos da una figura rectangular, el primer paso son realizar las respectivas mediciones.

Una vez marcado los puntos de corte se procede a cortar en un Angulo de 45 grados, este proceso facilita y ahorra tiempo ya que para después de esto será necesario soldar y dar la forma principal a la estructura principal es necesario sobreponer todas las partes antes de soldar ya que si existen fallas estas tendrán que ser pulidas de manera que el material de soldadura y el material de aporte se repartan de manera homogénea.

Así como se procedió a marcar y medir los tubos cuadrados el mismo proceso se realiza con los tubos de acero negro en este caso serán parte de diferentes elementos, de la estructura principal, el módulo o estructura de seguridad se lo realizara de otra manera ya que se necesita que la estructura de seguridad sea lo más sólida y segura posible. En la Figura 69 se muestra un corte con una emuladora con disco de corte para metal multiuso de 7 "



*Figura 69.* Corte de tubo cuadrado



*Figura 70. Corte de tubos*

Posterior a esto se procederá a usar una máquina dobladora con la cual en un Angulo de 90° y las medidas respectivas se darán forma a la estructura de seguridad como se muestra en la Figura 70



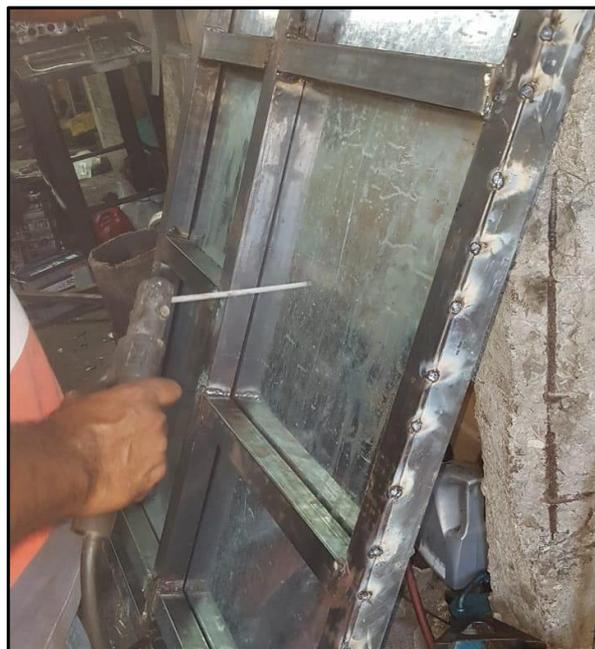
*Figura 71. Doblado y forma de la estructura de seguridad.*

## 4.5. Soldadura

Para el proceso de soldadura se determina parámetros como: tipo de electrodo, posición soldadura, material a soldar, tipo de cordón de soldadura.

El tipo de electrodo que se utilizo es 6011 debido a que se trabaja con el acero ASTM A53 el cual es el ideal para este tipo de estructura debido a sus propiedades, límite de fluencia, resistencia a la tracción.

El cordón de soldadura fue por puntos aislados de forma horizontal, en ángulo como se muestra en la Figura 72.



*Figura 72. Soldadura de plancha metálica.*

Se debe tener claro que en aspectos de seguridad y lineamientos estéticos es necesario soldar una plancha metálica en la base de la estructura, así se podrá evitar que objetos caigan, atravesando el motor e impacten contra el suelo, además de proveer un acabado más prístino y limpio.

Hay que recordar que en la soldadura se debe tener en cuenta la compatibilidad de los materiales a soldar, y que los electrodos sean para el material previsto sino existirá una soldadura débil, no uniforme y lo que no se busca es que no sea sólida y se tienda a quebrar.

Una vez acabado el cuadrante principal se procede a trabajar en la estructura de seguridad al ser un elemento más sencillo, su tiempo de trabajo es menor, en la Figura 73 se muestra el comienzo de pintado a la estructura de seguridad en base a un fondeado



*Figura 73.* Estructura de seguridad.

#### **4.5. Montaje y presentación de los componentes**

La medición de dimensiones se debe tomar mucho en cuenta al momento de montar el motor por lo que es necesario siempre presentar los elementos, antes de continuar con cualquier otro proceso. En la Figura 74 se muestra el motor montado sobre los cuadrantes rectangulares de Acero ASTM A53 en el que va a estar soportado el peso del motor.



*Figura 74. Presentación del motor.*

En la siguiente Figura 75 ya se muestra el motor junto con la estructura de seguridad montada al banco de prueba y verificando que no existan deformaciones en su estructura.



*Figura 75. Montaje y presentación del motor.*

Se puede observar el módulo de simulación, con la estructura principal , más la estructura de seguridad, esta vista de presentación nos permite observar si hay irregularidades, que necesiten de alguna corrección.

Después de la presentación del motor se puede proceder a trabajar en las diferentes secciones como lo es el módulo de simulación que es donde estará todas la adaptaciones electrónicas y eléctricas que permitirá la simulación de fallas y monitoreo en tiempo real.

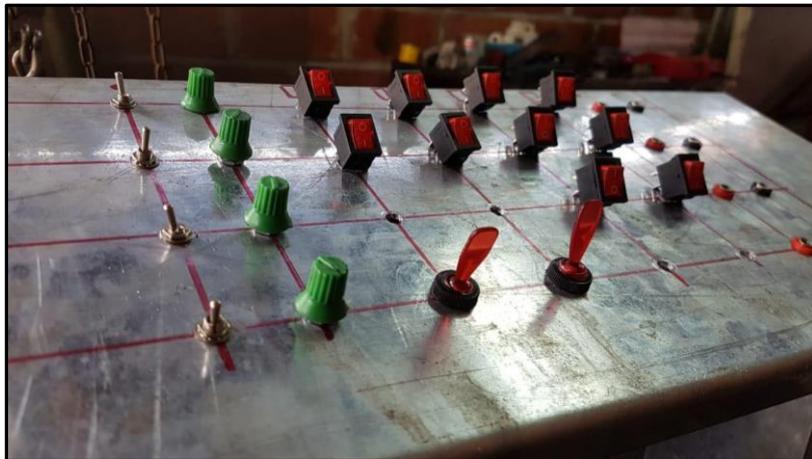
El módulo de simulación cuenta con un panel metálico perforado que permitirá el flujo de aire, en todo el banco de pruebas, esto se debe a que el funcionamiento del motor será de manera estática, y la circulación de aire es crítica para no afecta de manera negativa sobre cómo operan los sensores y diversos elementos, además de comprometer su vida útil. En la figura 76 se muestra el tablero de indicadores de vehículo Hyundai Accent montado sobre el banco de prueba



*Figura 76.* Indicadores del tablero en el banco de simulación.

El módulo de simulación es la parte más crítica de todo el banco de pruebas y por ende la que más tiempo necesita trabajarse, ya que hay que hacer adaptaciones, rediseño en cuanto al sistema y diagramado de la electrónico y parte eléctrica, ya que este controlara los parámetros de funcionamiento del motor, en base a conexiones y cambios de señales en los sensores. En

la siguiente Figura se muestra un esquema de orden de los switches, potenciómetros y otros elementos necesario para el diagnóstico de señales por parte de los sensores



*Figura 77.* Interruptores y terminales de conexión.

Una vez de tener la estructura ya diseñada y construido el paso siguiente es fundear la estructura con epóxido para evitar corrosiones y protección contra grasas, luego de eso se dio la primera capa de pintura como se muestra en la Figura 78.



*Figura 78.* Aplicación de la última capa de pintura

Una vez terminado el proceso de recableado y presentación de elementos es necesario que la estructura completa reciba la última capa de pintura, este color característico no solo le da un acabado estético, sino que cumple con la función de proteger y aislarla de elementos corrosivos, oxidantes y que perjudiquen a la integridad estructural del banco de simulación y pruebas.



*Figura 79.* Tablero del módulo de simulación.



*Figura 80.* Motor G4ED con el acabado final de pintura.

La diferencia entre cómo se presentó por primera vez el motor con su respectiva caja de cambios se nota a simple vista, la estética es un punto que considerar dentro de los bancos de prueba y trabajo como se muestra en la Figura 80, pero la función más importante es la de proteger al motor de agentes contaminantes y preservarlo de mejor manera.

Los sistemas adyacentes al motor también han recibido el tratamiento de pintura anticorrosiva y térmica, para conservar la armonía entre elementos. En la figura 81 se muestran los elementos del escape.



*Figura 81.* Sistema de escape.

#### **4.6. Montaje final del banco de pruebas**

La afinación y puesta a punto de un motor después de haber sido removido es primordial debido a que pueden existir equivocaciones a la hora de rediseñar o adaptar sistemas eléctricos, la verificación exhaustiva, permitirá evitar daños o errores que causen una repercusión en el motor y generen malestar debido al reemplazo de componentes o en el peor de los casos daños que requieren desmontar y realizar reparaciones correctivas del motor.



*Figura 82.* Banco de pruebas finalizado.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La elección del material se dio en base , a sus propiedades mecánicas, como resistencia, soldabilidad y disponibilidad a la hora de conseguir los elementos fabricados con este tipo de material.
- Al modelar en un programa asistido por computadora, se necesita tener planos bien definidos, además de todos sus elementos, SolidWorks tiene una excelente plantilla de modelado para estructuras en 2D y 3D.
- Se construyo el banco de simulación y pruebas con los materiales, elementos, y componentes como el motor, la transmisión y sus sistemas complementarios, teniendo en cuenta , el peso, la distribución de esfuerzos y movimientos generados durante el funcionamiento del motor.

## 5.2. Recomendaciones

- La precisión a la hora de tomar y analizar medidas de construcción es necesaria y primordial que se trabaja con dimensiones ya sean del motor, o de los diferentes sistemas complementarios del vehículo, fallas en el proceso de diseño o construcción, repercutirían en el funcionamiento del motor, además de genera una estética no adecuada.
- La información que brinda el fabricante es de vital importancia ya que existen medidas de apriete, montaje y desmontaje, lo cual tienen que realizarse de la manera correcta, sino se corre el riesgo de dañar componentes del motor, las adaptaciones y rediseño de los diagramas eléctricos, tiene que ser analizado para no afectar al rendimiento del motor, es decir no se manipulen y alteren señales de sensores, o el funcionar de los actuadores por malas conexiones.
- La seguridad es un factor a la hora de trabajar que siempre debe estar primero, el uso correcto de herramientas, equipos de protección personal, conocer los diferentes elementos como combustibles, aceites, y elementos líquidos que puedan generar daños al usuario es importante, por eso la educación en seguridad ocupacional siempre debe estar presente, las recomendaciones al operar el equipo deben ser las mismas que cuando se trabaja con un motor en funcionamiento , es decir se debe delimitar la zona de operación, seguido de estándares de uso.

## Anexos

<i>Descripción</i>	<i>Especificación</i>	<i>Límite</i>
<b>Generalidades</b>		
Tipo	DOCH	
Número de cilindros	4	
Diámetro	76,5mm(3,0118 pulg.)	
Carrera	87mm(3,4252 pulg.)	
Cilindrada total	1599 cc (97,54 cu.pulg.)	
Relación de compresión	10	
Orden de encendido	1-3-4-2	
<b>Regulación de la válvula</b>		
Válvula de admisión		
Abre (BTDC)	5°	
Cierra (ABDC)	35°	
Válvula de escape		
Abre (BDDC)	43°	
Cierra (ATDC)	5°	
Solapado de la válvula	10°	
<b>Culata</b>		
Planicidad de la superficie de la culata del cilindro	Máx. 0,03mm (0,0012 pulg.)	0,1 mm (0,0039 pulg.)
Planicidad de la superficie de montaje del colector	0,15mm (0,0059 pulg.)	0,2mm (0,008 pulg.)
Dimensiones a sobremedida del asiento de la válvula		
<b>Admisión</b>		
0,3 mm (0,012 pulg.) sobremedida	30,7-30,721 mm (1,2087-1,2095 pulg.)	
0,6mm (0,024 pulg.) sobremedida	40,0-40,021 mm (1,5748-1,5756 pulg.)	
<b>Escape</b>		
0,3 mm (0,012 pulg.) sobremedida	27,3-27,321mm (1,0748-1,0756 pulg.)	
0,6mm (0,024 pulg.) sobremedida	27,6-27,621mm (1,0866-1,0874 pulg.)	
Dimensiones a sobremedida de la válvula		
<b>Agujero guía</b>		
0,05mm (0,002 pulg.) sobremedida	11,05-11,068mm (0,435-0,4357 pulg.)	
0,25mm (0,010 pulg.) sobremedida	11,25-11,268mm (0,443-0,4436 pulg.)	
0,05mm (0,020 pulg.) sobremedida	11,50-11,518mm (0,453-0,4535 pulg.)	
<b>Arbol de levas</b>		
Altura del lóbulo de leva		
Admisión	43,4484mm (4,3449 cm pulg.)	42,9484mm (1,6909
Escape	43,8489mm (4,3848 cm pulg.)	
Sobremedida apoyo O.D		
	ø27mm (1.0630 pulg.)	
Distancia de aceite de cojinete		
	0,035-0,072mm (0,0014-0,0028 pulg.)	
Holgura axial		
	0,1-0,2mm (0,004-0,008 pulg.)	
<b>Válvula</b>		
Longitud de válvula		
Admisión	91,7mm (3,6102 pulg.)	
Escape	92,3mm (3,6339 pulg.)	
Ø EXT. Vástago		
Admisión	5,955-5,97mm (0,2344-0,2350 pulg.)	
Escape	5,935-5,95mm (0,2337-0,2343 pulg.)	

---

<b><i>Marca</i></b>	Hyundai
<b><i>Modelo</i></b>	Accent
<b><i>Serie de Motor</i></b>	G4ED
<b><i>Cilindraje</i></b>	1600 centímetros cúbicos
<b><i>Año</i></b>	2004
<b><i>Nro. Chasis</i></b>	KMHCG41CP4U508809
<b><i>Nro. Motor</i></b>	G4ED3601979

---

## **Bibliografía**

- Barrios , A. (2010). *Metodología de la investigación 3*. Guayaquil: RIJALBA S.A.
- Galarza, J. (2017). *Anuario Aeade*, 32.
- González, D. (2011). *Motores*. Madrid: Paraninfo.
- Gutiérrez, M. S. (2012). *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos* . IC Editorial.
- Hartman, J. (2013). *Cómo afinar y modificar sistemas de control de motores automotrices*. Minneapolis: Lexus.
- Melchor, J. C. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto (MF0133\_2)*. IC Editorial.
- Padilla, B. J. (2012). *Técnicas básicas de electricidad de vehículos*. IC Editorial.
- Padilla, B. J. (2012). *Técnicas básicas de mecánica de vehículos*. IC Editorial.
- Rovira de Antonio, A., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *Motores de Combustion Interna*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Rovira de Antonio, A., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *Motores de Combustion Interna*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia: MACMILLAN PROFESIONAL.

