



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

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL  
ELECTRÓNICO SOBRE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR  
S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**JONATHAN ANDRÉS OLIVO MALUSIN**

**GUAYAQUIL, JUNIO 2016**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

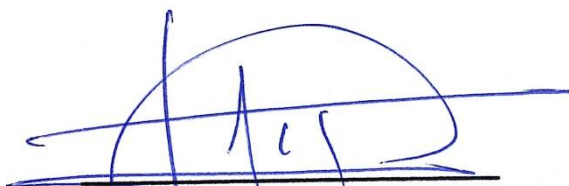
**CERTIFICADO**

**CERTIFICA:** Ing. Edwin Puente

Que el trabajo titulado “**ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO SOBRE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL.**” realizado por el estudiante: **JONATHAN ANDRÉS OLIVO MALUSIN**, 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 y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Jonathan Andrés Olivo Malusin, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Junio 2016



Ing. Edwin Puente Moromenacho.

Director de Proyecto.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Jonathan Olivo Malusin

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **“ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO SOBRE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL”** ha sido desarrollado con base en una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la biografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Junio 2016



---

Jonathan Olivo Malusin

C.I. 0923296073

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Jonathan Olivo Malusin**

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador la publicación en la biblioteca virtual de la institución, de la investigación de cátedra: **“ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO SOBRE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Junio 2016



---

Jonathan Olivo Malusin

C.I. 0923296073

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia que siempre me apoyó emocional y económicamente, dándome fuerzas para culminar esta etapa de mi vida.

Al Ing. Edwin Puente, Director Académico de la facultad De Ingeniería Mecánica Automotriz extensión Guayaquil, por todo el apoyo anímico y por los conocimientos compartidos durante todo el transcurso de mi carrera universitaria.

A todos y cada uno de los docentes a lo largo de mi carrera universitaria, por todos los conocimientos impartidos dentro y fuera del aula de clase.

## **DEDICATORIA**

A mi madre Laura Malusin, por su apoyo incondicional, por sus consejos, por su perseverancia conmigo y por jamás dejar de confiar en mí.

A mi padre, Vicente Olivo, por su apoyo emocional, por no dejarme solo cuando necesite de su ayuda y siempre indicarme el mejor camino para lograr mis metas.

A mi novia, Diana Pazmay por ser la más grande motivación e inspiración para lograr culminar mi carrera, gracias por todo ese apoyo incondicional que me has dado.

A mis amigos, por todos los consejos que siempre aportaron para mi formación en mi carrera universitaria.

## **RESUMEN**

Este proyecto nace de la necesidad de capacitaciones en sistemas de inyección electrónica, de vehículos que más se encuentran en el parque automotriz del Ecuador. Con esto se logra un conocimiento más profundo en el funcionamiento, diagnóstico de fallas, reconocimientos de circuitos y conexiones de los componentes del sistema de inyección electrónica del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail, además de ayudar con el desarrollo de destrezas, habilidades y conocimientos de los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil.

El banco de pruebas simulará situaciones reales de funcionamiento y fallas que se pueden presentar a diario. El banco de pruebas presenta elementos originales del motor S4A del Chevrolet Sail y elementos elaborados en nuestro medio, cumpliendo con los requerimientos necesarios de funcionamiento.

Durante el ensamblaje del banco de pruebas, se utilizaron las herramientas adecuadas y los útiles de diagnóstico para realizar las conexiones asegurando así un ensamblado y funcionamiento seguro de los elementos que la componen.

## **ABSTRACT**

This project stems from the need for training in electronic injection system, more vehicles are in the automotive park Ecuador. With this deeper knowledge in the operation, fault diagnosis, recognition of circuits and connections of system components electronic injection engine S4A vehicle Chevrolet Sail, and help with the development of skills, abilities and knowledge is achieved students of the International University of Ecuador Guayaquil extension.

The tests simulate actual bank operating conditions and faults that can occur daily. The test engine has original features of the Chevrolet Sail S4A and items made in our environment, meeting the necessary performance requirements.

During assembly of the test, appropriate and useful diagnostic tools were used to make connections ensuring a safe assembly and operation of the elements that compose



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
CAPITULO I .....	1
1.1. Planteamiento de problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.3. Sistematización del problema .....	2
1.4. Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Justificación y delimitación de la investigación .....	3
1.5.1. Justificación teórica .....	3
1.5.2. Justificación Metodológica .....	3
1.5.3. Justificación Práctica.....	4
1.5.4. Delimitación Temporal .....	4
1.5.5. Delimitación Geográfica.....	4
1.5.6. Delimitación del Contenido.....	4
1.6. Hipótesis de trabajo .....	5
1.6.1. Variables de Hipótesis .....	5
1.6.2. Operacionalización de Variables.....	5
1.7. Metodología de la investigación .....	5
1.7.1. Método .....	5
1.7.2. Recopilación de información y Tipo de Fuentes .....	5
CAPITULO II .....	6
MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1.1. Historia del sistema de Inyección electrónica. ....	6
2.1.2. Principio de funcionamiento .....	7
2.1.3. Sistemas de inyección electrónica.....	7
2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE .....	11
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.3.1. Sensores .....	12

2.3.2. Principales sensores del automóvil.....	12
2.3.3. Actuadores.....	18
CAPITULO III.....	20
CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS .....	20
3.1. MATERIAL PARA EL ARMADO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS .....	20
3.2.1. Material de la estructura del banco de pruebas.....	20
3.2.2. Diseño del panel del banco de pruebas.....	20
3.2.2. Materiales para el montaje de elementos del sistema de inyección .....	23
3.3. INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL.....	24
3.3.1. Instalación del sensor MAP .....	24
3.3.2. Instalación del sensor IAT .....	24
3.3.3. Instalación del cuerpo de aceleración electrónica.....	25
3.3.4. Instalación del pedal de aceleración .....	25
3.3.5. Instalación del filtro de combustible.....	26
3.3.6. Instalación del sensor de posición del árbol de levas.....	27
3.3.7. Instalación de las bobinas de encendido .....	27
3.3.8. Instalación del tablero de control.....	28
3.3.9. Instalación de la ECM .....	28
3.3.10. Instalación del sensor de temperatura .....	29
3.3.11. Instalación de sensor de detonación .....	30
3.3.12. Instalación del puerto OBDII .....	30
3.3.13. Instalación del switch de encendido .....	31
3.3.14. Instalación de la caja de fusibles .....	31
3.3.15. Instalación de la válvula EGR.....	32
3.3.16. Instalación del catalizador .....	32
3.3.17. Instalación de los inyectores.....	33
3.3.18. Instalación del sensor de posición del cigüeñal .....	34
3.3.19. Instalación del sensor de velocidad.....	34
3.3.20. Instalación del manómetro de combustible .....	35
3.3.21. Instalación de la válvula EVAP .....	35
3.3.22. Instalación del EVAP.....	36
3.3.23. Instalación del tanque y bomba de combustible .....	37
3.4. INSTALACIÓN DE ELEMENTOS AUXILIARES DEL BANCO DE PRUEBAS .....	37
3.4.1. Instalación de la fuente de poder modelo AS-350-12.....	37
3.4.2. Instalación del conector de alimentación .....	38
3.4.3. Instalación de botón de parada de emergencia.....	39
CAPITULO IV .....	40
ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO SOBRE LA INYECCIÓN .....	40

4.1. LÍNEA DE DATOS KEYWORD 2000.....	40
4.1.1. Línea de datos en serie del KEYWORD 2000 .....	40
4.2. SEÑALES DE VOLTAJE RECIBIDAS POR EL ECM.....	41
A continuación se detallan las señales de voltajes provenientes de los sensores al modulo de control del motor .....	
4.2.1. Sensor de presión de aire en el múltiple de admisión .....	41
4.2.2. Sensor de posición del cigüeñal.....	42
4.2.3. Sensor de posición del árbol de levas.....	44
4.2.4. Sensor de detonación del motor .....	46
4.2.5. Sensor de temperatura del motor y múltiple de admisión.....	47
4.2.6. Sensor de oxígeno.....	49
4.2.7. Sensor de posición del pedal del acelerador .....	51
4.2.8. Sensor de velocidad.....	53
4.3. SEÑALES DE SALIDA DE LA ECM A LOS ACTUADORES.....	54
4.3.1. Actuador de la mariposa de aceleración electrónica .....	54
4.3.2. Inyectores de combustible.....	56
4.3.3. Bobinas de encendido .....	58
4.3.4. Válvula de recirculación de gases de escape .....	60
CAPITULO V .....	62
ELABORACIÓN DE PRÁCTICAS.....	62
5.1. GUÍA DE PRUEBA DE COMPROBACIÓN DE VOLTAJES EN EL BANCO DE PRUEBAS .....	62
5.2. GUÍA DE PRUEBA DEL CONTROL SOBRE LOS TIEMPOS DE INYECCIÓN .....	64
CAPITULO VI .....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
6.1. CONCLUSIONES .....	66
6.2. RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA .....	68
ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la UIDE .....	4
Figura 2. Jetronic y Monotronic .....	7
Figura 3. Mono Motronic .....	8
Figura 4. LE-Jetronic.....	8
Figura 5. Motronic .....	9
Figura 6. Monotronic ME7 .....	9
Figura 7. Flex Fuel .....	10
Figura 8. Trifuel.....	10
Figura 9. Sensor de temperatura del refrigerante.....	13
Figura 10. Sensor de posición del acelerador .....	13
Figura 11. Sensor de temperatura del aire aspirado .....	14
Figura 12. Sensor de presión en el tubo de admisión .....	14
Figura 13. Sensor de oxígeno .....	15
Figura 14. Sensor de posición del cigüeñal.....	15
Figura 15. Sensor de detonación .....	16
Figura 16. Sensor de posición del árbol de levas .....	16
Figura 17. Sensor VSS .....	17
Figura 18. Modulo de control electrónico.....	17
Figura 19. Bobinas independientes .....	18
Figura 20. Inyectores .....	19
Figura 21. Válvula EGR .....	19
Figura 22. Diseño conceptual del panel del banco de pruebas .....	21
Figura 23. Pegado del vinilo sobre la lamina de acrílico.....	21
Figura 24. Pegado de la lámina protectora sobre el vinil.....	22
Figura 25. Diseño final del panel del banco de pruebas .....	22
Figura 26. Montaje del sensor MAP .....	24
Figura 27. Montaje del sensor IAT .....	25
Figura 28. Instalación del cuerpo de aceleración electrónico .....	25
Figura 29. Instalación del pedal de aceleración.....	26
Figura 30. Instalación del filtro de combustible.....	26
Figura 31. Instalación del sensor de posición del árbol de levas .....	27
Figura 32. Instalación de las bobinas de encendido.....	28
Figura 33. Instalación del tablero de control.....	28
Figura 34. Instalación de la ECM .....	29
Figura 35. Instalación del sensor de temperatura.....	30
Figura 36. Instalación del sensor de detonación .....	30
Figura 37. Instalación del Puerto OBDII .....	31
Figura 38. Instalación del switch de encendido .....	31
Figura 39. Instalación de la caja de fusibles.....	32
Figura 40. Instalación de la válvula EGR.....	32

Figura 41. Instalación del catalizador .....	33
Figura 42. Instalación de los inyectores de combustibles .....	33
Figura 43. Instalación del sensor de posición del cigüeñal .....	34
Figura 44. Instalación del sensor de velocidad .....	35
Figura 45. Instalación del manómetro .....	35
Figura 46. Instalación de la válvula EVAP .....	36
Figura 47. Instalación del EVAP .....	36
Figura 48. Instalación del tanque y bomba de combustible .....	37
Figura 49. Fuente de poder del banco de pruebas .....	38
Figura 50. Conector de alimentación (vista posterior) .....	39
Figura 51. Conector de alimentación (vista anterior) .....	39
Figura 52. Botón de parada de emergencia .....	39
Figura 53. Sensor MAP .....	42
Figura 54. Esquema de conexión del sensor MAP .....	42
Figura 55. Onda cuadrada del sensor CKP .....	43
Figura 56. Esquema eléctrico sensor CKP .....	43
Figura 57. Sensor CKP .....	44
Figura 58. Señal del CMP .....	45
Figura 59. Sensor CMP .....	45
Figura 60. Esquema eléctrico del sensor de detonación .....	46
Figura 61. Sensor de Picado .....	47
Figura 62. Esquema eléctrico sensor de temperatura .....	48
Figura 63. Sensor de temperatura de admisión .....	48
Figura 64. Sensor de temperatura del motor .....	49
Figura 65. Forma de onda sensor de oxígeno .....	50
Figura 66. Esquema eléctrico del sensor de oxígeno .....	50
Figura 67. Pedal del acelerador .....	51
Figura 68. Pedal del acelerador .....	52
Figura 69. Circuito de conexión del VSS .....	53
Figura 70. Sensor VSS .....	54
Figura 71. Esquema de conexión del cuerpo de aceleración electrónica .....	55
Figura 72. Cuerpo de aceleración electrónica .....	56
Figura 73. Esquema de conexión de los inyectores .....	57
Figura 74. Inyectores de combustible .....	58
Figura 75. Circuito del sistema de control de encendido .....	59
Figura 76. Bobinas de encendido .....	60
Figura 77. Válvula EGR .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables .....	5
Tabla 2. Listado de materiales .....	23
Tabla 3. Tabla comparativa entre presión absoluta y vacío .....	41
Tabla 4. Temperatura vs valores de resistencia .....	47

# CAPITULO I

## PRELIMINARES

### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento de problema

Es de destacar los esfuerzos que se realizan actualmente en múltiples ámbitos, entre los que se encuentra el de la ingeniería, encaminado a realizar diseños que ofrezcan soluciones tecnológicas que permitan la protección del medio ambiente y fomenten un desarrollo sostenible.

El diseño y desarrollo de una unidad electrónica para el control de la inyección y el encendido de motores de combustión interna permite desarrollar un proyecto que persiga estos objetivos. La justificación de esta afirmación radica en el enorme potencial que presenta la electrónica para las aplicaciones que requieran de un control preciso, como es el caso que nos ocupa, al intentar alcanzar los requerimientos de par y potencia necesarios del motor de combustión con el mínimo consumo de combustible.

También se podrá conseguir mediante el control de la adecuada proporción de la mezcla aire/gasolina, tener gases de escape menos contaminantes. Por otro lado, el desarrollo de un sistema electrónico que controle un motor de combustión interna con los fines señalados anteriormente, lleva aparejado, de forma natural, la necesidad de considerar por parte de los técnicos o estudiantes que lo realizan los siguientes aspectos, entre otros:

- Diseño del hardware electrónico y del software de monitorización y control.
- Estudio de las posibles estrategias de control electrónico.
- Estudio del funcionamiento del motor de combustión interna.
- Estudio de las curvas de par y potencia el motor a controlar, y en su defecto, su obtención.
- Estudio de los sistemas de inyección y encendido electrónicos actuales.

- Estudio y caracterización del inyector a utilizar.
- Estudio del proceso de combustión de la gasolina.

Lógicamente, la necesidad de conocer y elegir las variables de entrada al sistema de control, y el establecimiento de unos márgenes de actuación de las variables de salida, que permitan obtener los objetivos definidos sin penalizar al sistema, justifican los puntos de estudio señalados y hacen que el desarrollo de la unidad de control electrónico se englobe dentro de un proyecto docente multidisciplinar.

En el desarrollo del planteamiento del tema de investigación, se basa en la siguiente línea de investigación de la universidad: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA; ya que de esta manera se enmarca dentro los lineamientos de la universidad y con ello seguir los ideales que como parte de la sociedad cumple un centro de conocimientos.

Además de ello el tema de investigación se proyecta en los siguientes objetivos del plan nacional del buen vivir: Objetivo 7. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global; y así con el tema de investigación ayudar a profundizar el conocimiento acerca de los sistemas de control electrónicos de inyección en el vehículo que no solo ayudan a mejorar rendimiento sino que a su vez ayuda a reducir las emisiones de gases contaminantes para mejorar la salud de la población de Guayaquil, y cuidar el medio ambiente, así cumplimos con los objetivos del plan nacional del buen vivir.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Se fortalecerá el conocimiento a través del análisis de funcionamiento del sistema de control electrónico sobre la inyección de combustible del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail?

## **1.3. Sistematización del problema**

- ¿Cuáles son los sensores y actuadores presentes en el sistema de inyección electrónica del vehículo Chevrolet Sail?
- ¿Qué parámetros influyen en el sistema de control electrónico de inyección?



- ¿Cuál es el papel de la unidad de control del motor dentro del sistema?
- ¿Cuáles son las ventajas del uso del control electrónico de inyección?

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Analizar el funcionamiento del sistema de control electrónico sobre la inyección de combustible del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Establecer los sensores y actuadores que pertenecen al sistema de control electrónico de inyección.
- Establecer los parámetros que influyen en el sistema.
- Analizar el funcionamiento de la ECM dentro del sistema de control.
- Establecer los circuitos de conexión, graficas de funcionamiento y valores de voltaje de cada uno de los elementos pertenecientes al sistema de inyección electrónica del Chevrolet Sail.

## **1.5. Justificación y delimitación de la investigación**

### **1.5.1. Justificación teórica**

La justificación teórica es importante ya que otorga el conocimiento necesario para el análisis del sistema, dicha información se obtendrá de las especificaciones dadas por el manual del taller del fabricante, todo lo que concierne a los sensores y actuadores así como también los parámetros que se consideran dentro del sistema de control electrónico de inyección del vehículo Chevrolet Sail motor S4A.

### **1.5.2. Justificación Metodológica**

Para realizar el análisis, será importante el uso de métodos de investigación para obtener la información completa y necesaria para el análisis del sistema de control electrónico de inyección del vehículo Chevrolet Sail. Para ello el tipo de metodología que se usara el del tipo científico y descriptivo.

### 1.5.3. Justificación Práctica

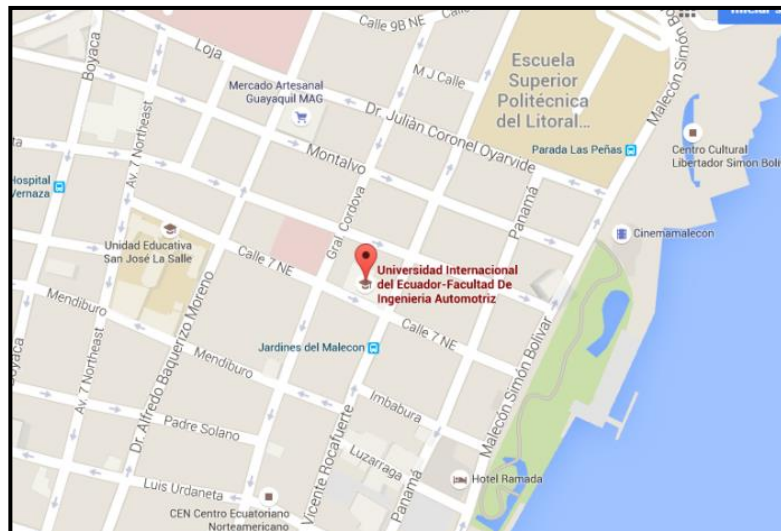
Se implementara la justificación practica luego de realizado el análisis del funcionamiento del sistema de control electrónico de inyección del Chevrolet Sail, para conocer datos reales del funcionamiento y posteriores análisis de fallas del control electrónico.

### 1.5.4. Delimitación Temporal

Para este estudio, la delimitación temporal se establece dentro de un lapso de 2 meses aproximadamente, comenzando el proyecto desde Mayo del presente año 2016.

### 1.5.5. Delimitación Geográfica

Las muestras del estudio realizado en este proyecto se realizarán dentro de las instalaciones de la Universidad Internacional Del Ecuador sede Guayaquil (Figura 1), en la facultad de Mecánica Automotriz.



**Figura 1.** Ubicación de la UIDE  
**Fuente:** Google Maps (2016)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

### 1.5.6. Delimitación del Contenido

La limitación del contenido del proyecto a realizar se basa en datos obtenidos por el propio fabricante e información presentada por diversos autores con respecto al sistema de control electrónico.

## 1.6. Hipótesis de trabajo

¿Será suficiente el analizar el funcionamiento del sistema de control electrónico de inyección del motor S4A del Chevrolet Sail?

### 1.6.1. Variables de Hipótesis

- **Variable independiente:** Motor S4A del vehículo Chevrolet Sail.
- **Variable dependiente:** Sistema de control electrónico de inyección.

### 1.6.2. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Operacionalización de Variables

Variable	Tipo de Variable	Dimensión	Indicadores
Motor S4A del vehículo Chevrolet Sail	<b>Independiente</b>	Realizar un método preciso para el análisis del funcionamiento del sistema de control electrónico	<b>70%</b>
Sistema de control electrónico de inyección	<b>Dependiente</b>	Conocer especificaciones técnicas del sistema de control electrónico de inyección	<b>80%</b>

Elaborado por: Jonathan Olivo

## 1.7. Metodología de la investigación

### 1.7.1. Método

#### a) Teóricos

Se usará un método de investigación que se adapte a los objetivos específicos del proyecto, el cual será una metodología descriptiva y cualitativa, necesaria para la profundización del tema a desarrollar.

### 1.7.2. Recopilación de información y Tipo de Fuentes

Será necesaria la consulta de varias fuentes del tipo físicas y virtuales para la realización del tema, como por ejemplo: datos del fabricante, libro de diversos autores relacionados con el tema, etc.

## **CAPITULO II**

### **MARCO DE REFERENCIA**

#### **2.1. MARCO TEÓRICO**

##### **2.1.1. Historia del sistema de Inyección electrónica**

Con la rápida evolución de los motores de los automóviles, el viejo carburador empezó a no conseguir suplir las necesidades de los nuevos vehículos, en lo que se refiere a la contaminación, ahorro de combustible, potencia, respuestas rápidas en las aceleraciones, etc.

Partiendo de esa constatación, se desarrolló los sistemas de inyección electrónica de combustible, que tienen por objetivo proporcionar al motor un mejor rendimiento con más ahorro, en todos los regímenes de funcionamiento.

Para que el motor tenga un funcionamiento suave, económico y no contamine el medio ambiente, el necesita recibir una mezcla aire/combustible perfecta, en todos los niveles de rotación.

Un carburador, por mejor que sea y por mejor que este su regulación, no consigue alimentar el motor en la proporción ideal de mezcla.

Los sistemas de inyección electrónica tienen esa característica, o sea, permiten que el motor reciba solamente el volumen de combustible que el necesita.

Los sistemas de inyección electrónica posibilitan:

- Menor contaminación
- Mayor economía
- Mejor rendimiento del motor
- Arranques más rápidos
- Mejor aprovechamiento del combustible

## 2.1.2. Principio de funcionamiento

Cuando ocurre el arranque en el vehículo, los pistones del motor suben y bajan y el sensor de rotación señala a la unidad de comando la rotación del motor.

En el movimiento de bajada, se produce en el múltiple de admisión una aspiración (vacío), que aspira aire de la atmosfera y pasa por el medidor de flujo o masa de aire y por la mariposa de aceleración, llegando hasta los cilindros del motor.

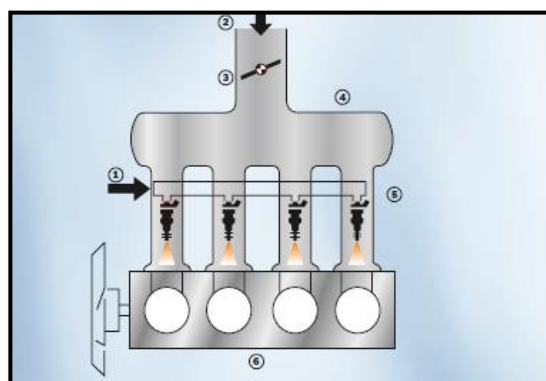
El medidor informa a la unidad de comando el volumen de aire admitido. La unidad de comando, a su vez, permite que las válvulas de inyección proporcionen la cantidad de combustible ideal para el volumen de aire admitido, generando la perfecta relación aire/combustible, que es la llamada mezcla.

Cuanto más adecuada la mezcla, mejor el rendimiento y la economía, con una menor emisión de gases contaminantes. Los sistemas de inyección son constituidos básicamente por sensores y actuadores.

## 2.1.3. Sistemas de inyección electrónica

### 2.1.3.1. Multipunto (Jetronic y Monotronic)

Utiliza una válvula de inyección ubicada en el múltiple de admisión para cada cilindro del motor (Figura 2).



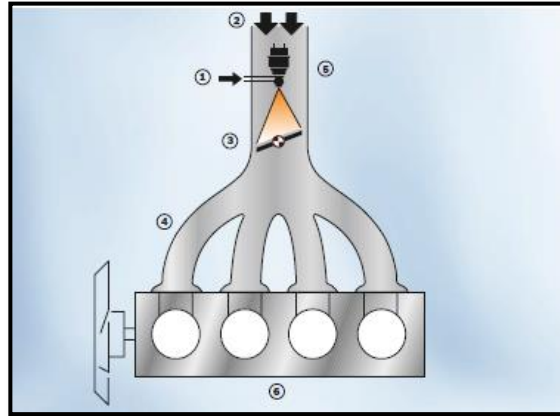
**Figura 2.** Jetronic y Monotronic

**Fuente:** (Bosch, 2016)

**Editado por:** Jonathan Olivo

### 2.1.3.2. Monopunto (Mono Motronic)

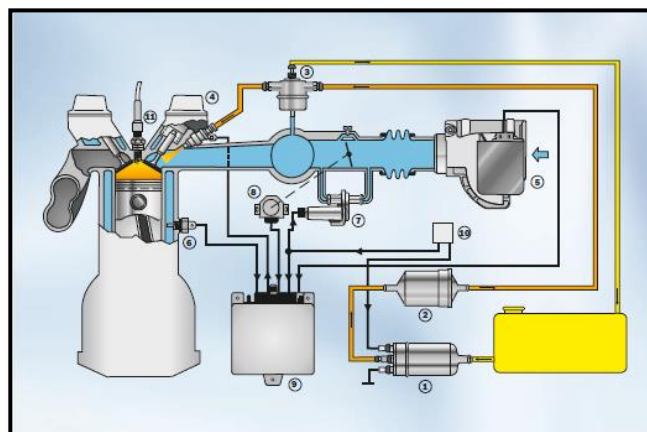
Utiliza una única válvula de inyección antes de la mariposa de aceleración para todos los cilindros del motor (Figura 3).



**Figura 3.** Mono Motronic  
**Fuente:** (Bosch, 2016)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

### 2.1.3.3. Sistema LE-Jetronic

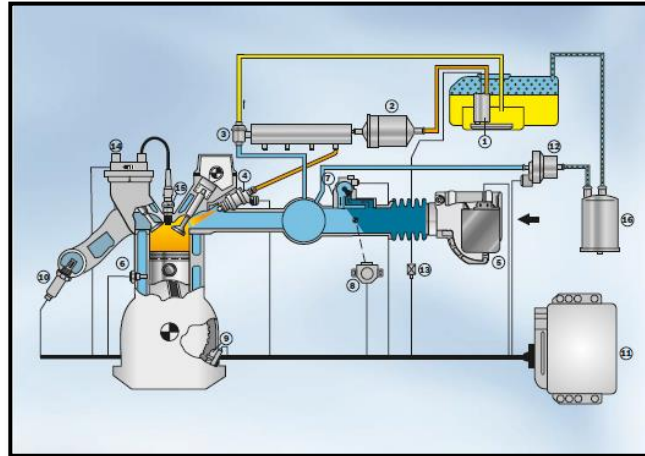
Es comandado electrónicamente y pulveriza el combustible en el múltiple de admisión. Su función es suministrar el volumen exacto para los distintos regímenes de revoluciones (Figura 4).



**Figura 4.** LE-Jetronic  
**Fuente:** (Bosch, 2016)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

#### 2.1.3.4. Sistema Motronic

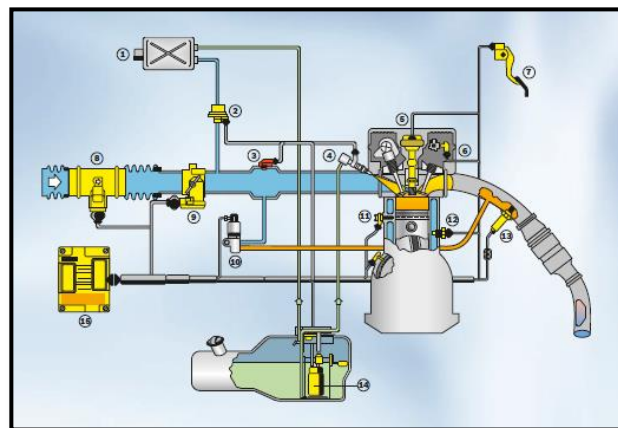
También es un sistema multipunto, difiere del sistema LE-Jetronic, el Motronic trae incorporado en la unidad de comando también el sistema de encendido. Posee sonda lambda y su control del momento de encendido se realiza por un sensor de revoluciones instalado en el volante del motor (Figura 5).



**Figura 5.** Motronic  
**Fuente:** (Bosch, 2016)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

#### 2.1.3.5. Sistema Monotronic ME7

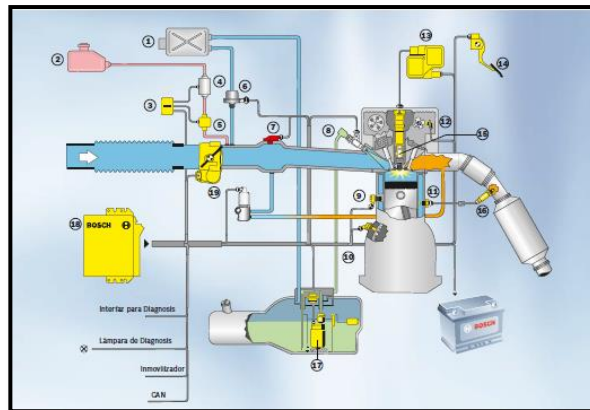
Mariposa con comando electrónico de aceleración, administración del motor basada en torque y a través de este son ajustados los parámetros y funciones del sistema de inyección y encendido (Figura 6).



**Figura 6.** Monotronic ME7  
**Fuente:** (Bosch, 2016)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

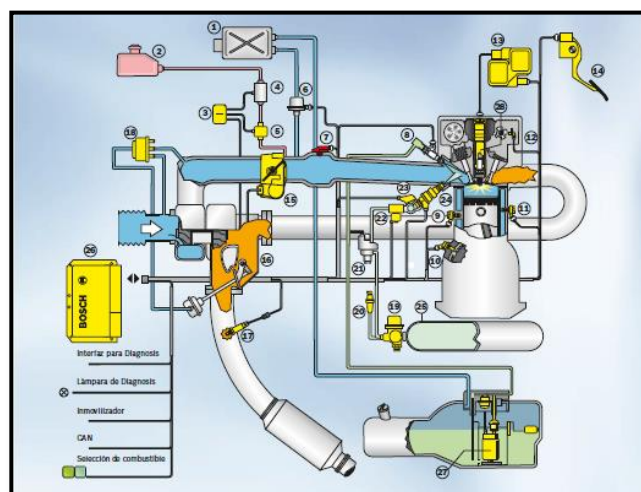
### 2.1.3.6. Sistema Flex Fuel

Es capaz de reconocer y adaptar, automáticamente las funciones de administración del motor para cualquier proporción de mezcla de alcohol y de gasolina que este en el tanque (Figura 7).



**Figura 7.** Flex Fuel  
**Fuente:** (Bosch, 2016)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

**2.1.3.7. Sistema Trifuel**, sistema digital multipunto de administración de motor, posibilita el uso de gas natural comprimido (GNC), gasolina, alcohol o cualquier mezcla de estos dos últimos combustibles en el mismo vehículo (Figura 8).



**Figura 8.** Trifuel  
**Fuente:** (Bosch, 2016)  
**Editado por:** Jonathan Olivo



## 2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

Los sistemas de inyección se clasifican bajo distintos criterios, y son:

- Según la ubicación del inyector: Directa o Indirecta
- Numero de inyectores que poseen: de 1, 3, 4, 6 u 8 inyectores.
- El tipo de inyección que realiza: Monopunto o multipunto
- Por su característica de funcionamiento: pueden ser mecánica, electrónicas o electromecánicas.

Sistema de inyección según la ubicación del inyector, se clasifican en:

- **Inyección directa:** combustible pulverizado directamente hacia el interior de la cámara de combustión
- **Inyección indirecta:** combustible pulverizado fuera de la cámara de combustión (múltiple de admisión).

Sistema de inyección de combustible según el número de inyectores que posee:

- **Inyección Monopunto**, un único inyector realiza la operación de pulverizar el combustible al motor.
- **Inyección multipunto**, un inyector para cada cilindro, realiza la operación de pulverizar el combustible.

Sistema de inyección de combustible según su forma de inyectar combustible, se clasifica en:

- **Inyección continua**, siempre se encuentra pulverizando combustible.
- **Inyección intermitente**, la inyección es cortada por lapsos de tiempo.
- **Inyección secuencial**, cada uno de los inyectores va pulverizando uno a uno dentro de un lapso específico de tiempo que le corresponda.
- **Inyección semisecuencial**, dos inyectores pulverizan dentro de un mismo lapso de tiempo.
- **Inyección simultanea**, todos los inyectores presentes, pulverizan al mismo tiempo.

Sistemas de inyección de combustible según sus características de trabajo, se clasifican en:

- **Inyección mecánica (K-Jetronic)**, caudal de combustible variable que se modifica mecánicamente y de manera continua.
- **Inyección electromecánica (Ke-Jetronic)**, combina el sistema K-Jetronic con un control electrónico.
- **Inyección electrónica (L-Jetronic, LE-Jetronic, Monotronic, Dijijet, Digifant)**, sistemas modificados y perfeccionados con un mejor control sobre sus entradas y salidas de parámetros para el control de la inyección que ayudan a disminuir la emisión de gases contaminantes al ambiente y aumentan el rendimiento del motor.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. Sensores**

Son componentes que están instaladas en varios puntos del motor y sirven para enviar informaciones a la unidad de comando (señales de entrada).

Los sensores se encargan de convertir en voltaje un movimiento, temperatura, presión o cualquier otra clase de energía que se desarrolle dentro del vehículo. Estos voltajes son leídos por el modulo de control electrónico (ECM) del vehículo, para calcular con mayor exactitud el tiempo de inyección, estas señales de voltaje pueden ser análogas o digitales.

Existen dos maneras de enviar señales desde los sensores al modulo de control electrónico, generando un voltaje o modificando un voltaje de referencia.

### **2.3.2. Principales sensores del automóvil.**

Existen elementos de los sistemas de inyección, que van apareciendo conforme a la demanda de precisión de parámetros se necesite, para los ajustes al tiempo de inyección. A continuación se detallaran los elementos más comunes que componen a un sistema de inyección electrónica que son:

### 2.3.2.1. Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)

El sensor de temperatura del refrigerante (Figura 9), conocido por sus siglas en ingles ECT (Engine coolant temperature), envía pulso de voltaje a la ECM el cual aumenta o disminuye el tiempo de apertura de los inyectores dependiendo de la temperatura del refrigerante del motor.



**Figura 9.** Sensor de temperatura del refrigerante  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 2.3.2.2. Sensor de Posición de la mariposa de aceleración (TPS)

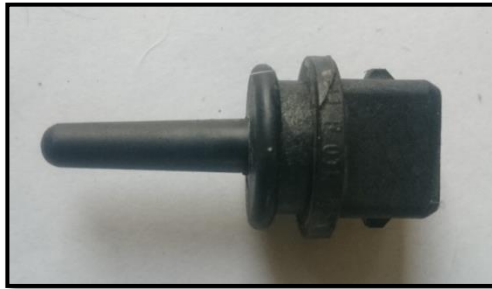
El sensor de posición de la mariposa de aceleración (Figura 10), conocido por sus siglas en ingles TPS (Throttle position sensor) es muy importante dentro del sistema de inyección de combustible, ya que nos agrega o quita tanto combustible a la mezcla final como lo haría el ECT o el MAP. En primera instancia le indica a la ECM cuando el sistema está en ralentí.



**Figura 10.** Sensor de posición del acelerador  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 2.3.2.3. Sensor de temperatura de admisión (IAT)

El sensor de temperatura de admisión (Figura 11), envía una señal de voltaje a la ECM correspondiente a la temperatura de aire entrante en la admisión. Uno de los propósitos de este sensor es el de comprobar la racionalidad de las medidas confrontándolo con el sensor ECT ya que por ejemplo ambos sensores deberían producir la misma tensión de salida en un motor frío.



**Figura 11.** Sensor de temperatura del aire aspirado  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 2.3.2.4. Sensor de Presión en el tubo de admisión (MAP)

El sensor de presión de admisión (Figura 12), provee una indicación directa de la carga del motor. A mayor presión en la admisión (menor vacío), mayor será la carga y por tanto más combustible será necesario. Este también es un sensor con una capacidad para modificar el tiempo final de la inyección.



**Figura 12.** Sensor de presión en el tubo de admisión  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 2.3.2.5. Sonda Lambda (Sensor de Oxígeno)

La sonda lambda (Figura 13), se encarga de medir la cantidad de aire presente en el colector de escape mediante una señal de voltaje que es recibida por la ECM, la cual se encarga de regular constantemente la cantidad de mezcla aire/combustible a una mezcla estequiométrica (14.7 partes de aire por una de combustible).



**Figura 13.** Sensor de oxígeno  
Autor: Jonathan Olivo

### 2.3.2.6. Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

El sensor de posición del cigüeñal (Figura 14), conocido por sus siglas en inglés CKP (Crankshaft position sensor), puede ser del tipo inductivo o efecto hall, este indica el estado de giro del cigüeñal para la sincronización de los tiempos de inyección. La ECM luego calcula el número de revoluciones por minuto del motor, reflejados en el tablero de instrumentos.



**Figura 14.** Sensor de posición del cigüeñal  
Autor: Jonathan Olivo

### 2.3.2.6. Sensor de detonación o de picado (KS)

El sensor de detonación o de picado (Figura 15) conocido por sus siglas en inglés KS (Knock Sensor), es equivalente a tener un “micrófono” en el block

del motor, en caso que se generen detonaciones, la ECU deberá modificar el avance del encendido, atrasándolo.



**Figura 15.** Sensor de detonación  
**Autor:** Jonathan Olivo

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

El sensor de posición del árbol de levas (Figura 16) conocido por sus siglas en inglés CMP (Camshaft position sensor), indica cuando el primer cilindro se encuentra en el punto muerto superior (PMS) en el tiempo de ignición y envía una señal de voltaje complementaria a la ECM para la sincronización de los tiempos de inyección en conjunto con el sensor CKP.



**Figura 16.** Sensor de posición del árbol de levas  
**Autor:** Jonathan Olivo

#### **2.3.2.8. Sensor de velocidad del vehículo (VVS)**

El sensor de la velocidad del vehículo (Figura 17), más comúnmente conocido por sus siglas en inglés VSS (Vehicle speed sensor) se encuentra

ubicado a la salida del eje de la caja de cambios y proporciona una señal que corresponde a la velocidad de traslación del vehículo.



**Figura 17.** Sensor VSS

**Fuente:** Presentación Chevrolet Sail Documento PDF (2011)

**Editado por:** Jonathan Olivo

#### **2.3.2.8. Modulo de control electrónico (ECM)**

El modulo de control electrónico (Figura 18) o ECM (Engine module control) es una centralita que procesa la información dada en señales de voltaje provenientes de los sensores e interruptores del sistema de inyección, calcula con precisión el tiempo de inyección instantáneo correcto según los regímenes y cargas del motor.

Además envía señales de voltaje y salida a varios dispositivos actuadores, tanto para su funcionamiento como para la modificación y ajuste de un parámetro.



**Figura 18.** Modulo de control electrónico

**Autor:** Jonathan Olivo

### 2.3.3. Actuadores

Son componentes que reciben informaciones de la unidad de comando y actúan en el sistema de inyección, variando el volumen de combustible que el motor recibe, corrigiendo el punto de encendido, ralentí, etc.

#### 2.3.3.1. Bobinas de encendido independientes

Conocido por sus siglas DIS (direct ignition system) son bobinas independientes (Figura 19), una por cada cilindro, reemplaza a sistemas tradicionales al suprimir el distribuidor eliminando así los elementos mecánicos que son propensos al desgaste, además este sistema supone una evolución al de bobinas dobles de encendido o también llamado encendido “estático”.



**Figura 19.** Bobinas independientes  
**Autor:** Jonathan Olivo

#### 2.3.3.2. Inyectores

Los inyectores (Figura 20) son actuadores para el cual trabajan todos los sensores de la inyección electrónica del vehículo, posee: 2 anillos de goma que aseguran la estanqueidad en el conducto de admisión y en la rampa de alimentación.

Es uno de los componentes que se destacan dentro del sistema que tienen un doble objetivo:

- Suministrar la cantidad de combustible con precisión para formar la la mezcla aire/combustible.
- Atomizar el combustible para favorecer la expansión dentro del cilindro y facilitar una combustión más homogénea.



El inyector es fabricado en acero inoxidable para resistir el desgaste originado por impurezas existentes en el carburante. Se ubican en posición vertical con un ángulo de inclinación y su punta en dirección a la válvula de admisión

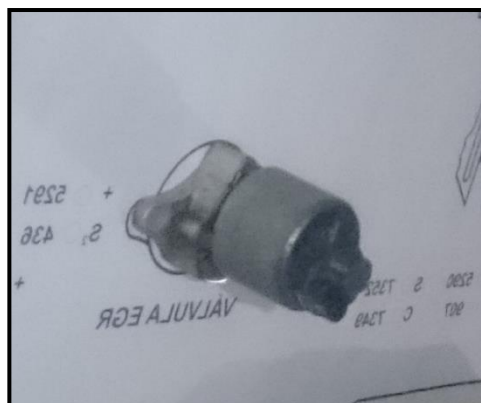
Su funcionamiento se basa en un solenoide en cuyo interior lleva una bobina que al alimentarlo con un voltaje de 5 voltios, desplaza la aguja del inyector permitiendo el paso de combustible.



**Figura 20.** Inyectores  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 2.3.3.3. Válvula de recirculación de gases de escape

La válvula de recirculación de gases de escape (Figura 21), conocido también como EGR (Exhaust recirculation gases), es una válvula cuyo objetivo es el de volver los gases presentes en el escape de nuevo al cilindro para volver a ser quemados, logrando así reducir los gases contaminantes al medio ambiente.



**Figura 21.** Válvula EGR  
**Autor:** Jonathan Olivo

## **CAPITULO III**

### **CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

#### **3.1. MATERIAL PARA EL ARMADO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS**

El material seleccionado para el armado de la estructura, consiste en tubos cuadrados de 40 mm por 1.5 mm de espesor bajo la norma de calidad INEM 2 415:2008, usados como pilares de soporte de la estructura. En las caras de la estructura se usaron planchas laminadas en caliente con norma de calidad ASTM A 36, bajo la norma INEM 115:2008.

Para realizar el montado de los componentes del sistema de inyección, se uso un acrílico transparente con normas INEM 2 042:1996 de 5 mm de espesor para soportar los trabajos de perforación ya que la estructura de acrílico se tiende a trisar con espesores por debajo de lo citado, se usaron medidas de 1.30 metros de ancho x 1.60 metros de largo.

##### **3.2.1. Material de la estructura del banco de pruebas**

La estructura metálica y toda su integridad fueron ensambladas en una empresa que se dedica a la fabricación de modulares metálicos, usando técnicas de corte, soldadura y acabado.

##### **3.2.2. Diseño del panel del banco de pruebas**

Se realizo una ubicación esquemática de los componentes del sistema de inyección que se van a colocar en el banco de pruebas como se muestra en la figura 22, con el objetivo de acomodarlos de manera ordenada y en secuencia.

Se dibujo la silueta de los componentes del sistema en sus respectivos lugares, donde más adelante ocupara dicho espacio el respectivo componente, todo esto realizándose a escala real 1:1.



**Figura 22.** Diseño conceptual del panel del banco de pruebas  
**Autor:** Jonathan Olivo

El esquema del panel se imprimió en papel vinilo (Figura 23), el cual tiene en su lado posterior un material adhesivo que servirá para plegarlo y pegarlo sobre la lámina de acrílico, además se procedió a pegar sobre el vinilo una lámina protectora que le da un acabado brillante.



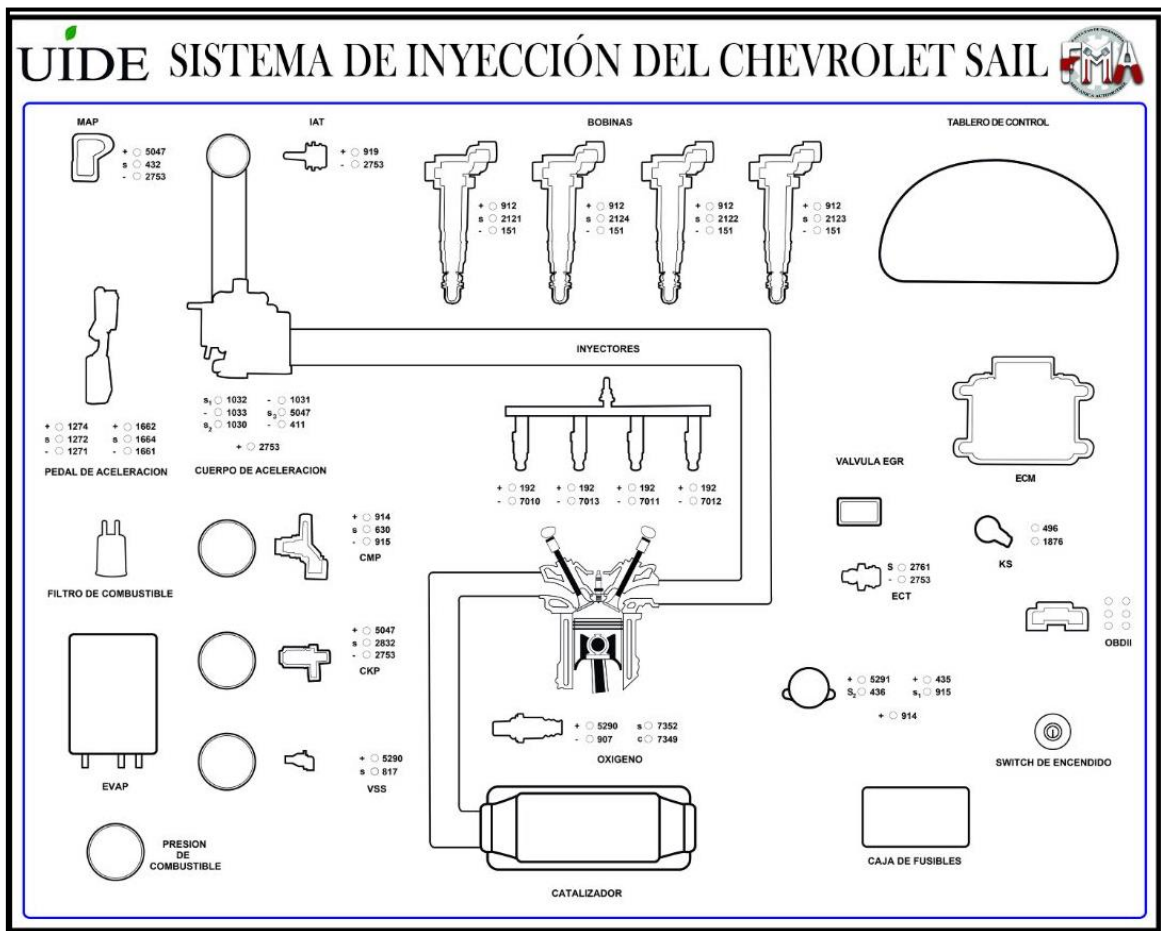
**Figura 23.** Pegado del vinilo sobre la lamina de acrílico  
**Autor:** Jonathan Olivo

Además se procedió a pegar sobre el vinilo una lámina protectora (Figura 24), que le brinda una protección contra la suciedad y rayones leves además de ser un refuerzo en el momento de perforar la lamina de acrílico antes de colocar los materiales, le da un acabado brillante.



**Figura 24.** Pegado de la lámina protectora sobre el vinil  
**Autor:** Jonathan Olivo

Como resultado obtenemos la superficie ideal para realizar las perforaciones que nos servirán para empezar a colocar los componentes del sistema de inyección del vehículo Chevrolet Sail en sus respectivos lugares según el diseño final del panel del banco de pruebas (Figura 25).



**Figura 25.** Diseño final del panel del banco de pruebas  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.2.2. Materiales para el montaje de elementos del sistema de inyección

A continuación se detallan los materiales usados para la construcción del banco de pruebas mostrados en la tablas 2.

Tabla 2. Listado de materiales

<b>Listado de materiales</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Pernos de varios tamaños	50
Base para amarras	10
Probetas plásticas	4
Manguera de combustible	1 (5 m)
Plug banana	80
Switch redondo	20
Abrazaderas	10
Motor eléctrico 6000 rpm 100w	3
Tubos de silicón	4
Fuente de poder 12v 30 A	1
Conector auto enclavado azul 30 A 110V	1
Cable toma corriente	1
Enchufe 110v	1
Perno tipo U	1
Manómetro de presión	1
Tubo cuadrado de aluminio	1 (1 m)
Switch de encendido universal	1
<b>Lista de componentes del sistema</b>	
Pedal de aceleración	1
Cuerpo de aceleración electrónico	1
Válvula EVAP	1
Reservorio del EVAP	1
ECM	1
CKP	1
ECT	1
CMP	1
MAP	1
VSS	1
Bobinas de encendido	4
Riel de inyectores	1
Inyectores	4
Válvula EGR	1
Sensor de oxígeno	1
Bomba de combustible	1
IAT	1
Puerto OBDII	1
Clúster de instrumentos	1
Caja de fusibles	1
Filtro de combustible	1
Catalizador	1

Autor: Jonathan Olivo

### 3.3. INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL

#### 3.3.1. Instalación del sensor MAP

Se identificaron los cables provenientes de la ECM que conectan las señales del sensor, una vez realizado esto se procede a la instalación del sensor MAP (Figura 26) en su respectivo lugar ya antes establecido en el diseño del banco de pruebas.

Dado que este sensor tiene tres cables de conexión, se usaran tres plugs tipo banana para realizar futuras revisiones del estado del sensor. Asimismo se usara un switch para la simulación de un fallo.

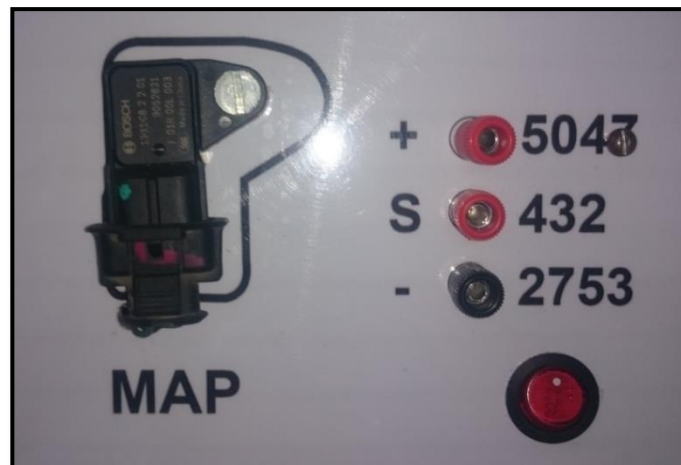


Figura 26. Montaje del sensor MAP  
Autor: Jonathan Olivo

#### 3.3.2. Instalación del sensor IAT

Para este sensor se usara una secadora de cabello y así simular el flujo de aire y la temperatura a través del sensor IAT (Figura 27), y así enviar señales a la ECM de la manera más real posible.

Este sensor se colocara en su respectivo lugar ya marcado por el diseño y se sujetara con una amarra plástica, además tendrá dos plugs tipo banana correspondiente al número de cables del conector del mencionado sensor..



**Figura 27.** Montaje del sensor IAT  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.3. Instalación del cuerpo de aceleración electrónica

Para el montaje del cuerpo de aceleración (Figura 28) se usaron cuatro pernos con 4 suplex para lograr una separación de unos 3 con respecto a la lámina acrílica, y así permitir el movimiento libre de la mariposa.

El conector del cuerpo de aceleración posee 6 cables, 2 señales del TPS, 1 masa, 1 referencia de 5v y 2 controles alto y bajo del motor. Asimismo se usaron plugs tipo banana para cada uno de ellos y un switch para simulación de fallo en el cable de alimentación.



**Figura 28.** Instalación del cuerpo de aceleración electrónico  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.4. Instalación del pedal de aceleración

Para la sujeción del pedal del acelerador (Figura 29), se usaron dos pernos con sus respectivas tuercas, se procedió a colocarlo en la posición asignada.

Posee 6 cables en el conector de los cuales 2 son positivos, 2 señales y 2 tierras, además se colocó un switch para la simulación de fallo.



**Figura 29.** Instalación del pedal de aceleración  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.5. Instalación del filtro de combustible

Para la instalación del filtro de combustible (Figura 30), se usó una amarra plástica alrededor del filtro y un perno con su respectiva tuerca para ajustarla contra la lamina de acrílico y dejarla fija, se hicieron 2 agujeros adicionales por encima del filtro para lograr conectar las mangueras de combustible que finalmente serían sujetas con amarras metálicas.



**Figura 30.** Instalación del filtro de combustible  
**Autor:** Jonathan Olivo



### 3.3.6. Instalación del sensor de posición del árbol de levas

La sujeción del sensor de posición del árbol de levas (Figura 31), a la lámina acrílica se lo realiza con 2 pernos con tuerca, 1 Angulo en L y una amarra plástica para garantizar su fijación. Además se elaboro una rueda metálica en hierro dulce con un diente que representara la posición del árbol de levas.

Dicho sensor posee 3 cables que son: 1 positivo, 1 negativo y 1 señal con sus respectivos plugs tipo banana y un switch para simulación de fallo.



**Figura 31.** Instalación del sensor de posición del árbol de levas  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.7. Instalación de las bobinas de encendido

En la instalación del grupo de bobinas de encendido (Figura 32), se usaron materiales como: 2 barras de metal tipo ángulo para la fijación vertical por el extremo superior y el extremo inferior, también se usaron 8 pernos de los cuales 4 son para la sujeción superior de las bobinas en la parte superior, 2 para la sujeción del ángulo inferior con sus suplex para lograr una separación de 3 cm con respecto a la lamina de acrílico y finalmente 2 para el ángulo superior fijado a la lamina ya antes mencionada.

Cada bobina posee 3 cables y 3 plugs tipo banana respectivamente, de los cuales 1 es positivo, 1 negativo y 1 corresponde a la señal proveniente de la ECM.



**Figura 32.** Instalación de las bobinas de encendido  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.8. Instalación del tablero de control

Para la instalación del tablero de control (Figura 33), se usaron 2 pernos con tuerca y 2 suplex en cada una de ellas, las conexiones del tablero de control se realizaron gracias al manual de servicio del vehículo, con el cual se procedió a conectar los cables del conector del tablero uno a uno.

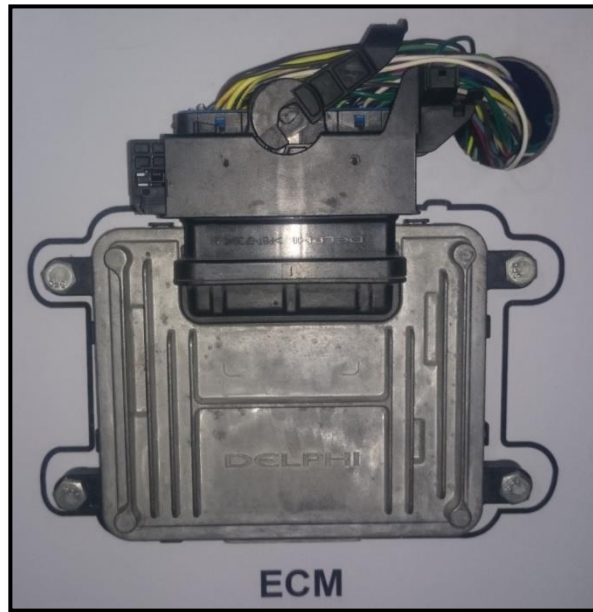


**Figura 33.** Instalación del tablero de control  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.9. Instalación de la ECM

Para la fijación del modulo de control del motor (Figura 34), en su lugar establecido por el diseño, se usaron 4 pernos con tuercas y las conexiones del

mismo se realizaron de acuerdo al manual de servicio, conexiones que corresponden a señales de entrada de los sensores, salidas a los actuadores y al tablero.



**Figura 34.** Instalación de la ECM  
**Autor:** Jonathan Olivo

### **3.3.10. Instalación del sensor de temperatura**

Para el sensor de temperatura (Figura 35), no fue necesario sujetarla directamente a la lamina de acrílico, se uso un recipiente hermético al cual se le realizaron 4 perforaciones que son 2 para la fijación del recipiente a la lamina de acrílico, 1 para la inserción del sensor al recipiente y 1 para el cableado de la resistencia que ira sumergido en el liquido refrigerante.

Como componentes adicionales, se usara una termocupla para el calentamiento controlado del líquido refrigerante, el cual se programara por medio de un control digital instalado a presión en la lámina acrílica.

El sensor de temperatura en su conector usa 2 cables de los cuales una es señal a la ECM y la otra es tierra, además posee 2 switch, el superior controla el encendido y apagado de la termocupla y el inferior para la simulación de fallo del sensor.



**Figura 35.** Instalación del sensor de temperatura  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.11. Instalación de sensor de detonación

Para su fijación con la lamina de acrílico se usó un perno con tuerca, colocado en su respectivo lugar designado, el sensor de detonación (Figura 36) posee dos cables que se encuentran dentro de un tubo flexible de protección, adicional al sensor también se instalaron dos plugs que corresponden a la alimentación y señal y un switch para simulación de fallo del sensor.



**Figura 36.** Instalación del sensor de detonación  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.12. Instalación del puerto OBDII

Se usaron dos pernos de diámetro pequeño con sus respectivas tuercas para la sujeción del puerto a la lámina de acrílico, además fue necesario usar el manual del taller para realizar las conexiones en la parte posterior del OBDII (Figura 38).



**Figura 37.** Instalación del Puerto OBDII  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.13. Instalación del switch de encendido

Se utilizó un switch de encendido universal (Figura 39), con su respectiva llave, el cual es instalado a presión sobre la lámina de acrílico en lugar designado por el diseño.



**Figura 38.** Instalación del switch de encendido  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.14. Instalación de la caja de fusibles

Se sujetó la caja de fusibles (Figura 40), por medio de 4 ángulos y 8 pernos que ayudaron a la fijación, también se realizó una perforación de aproximadamente 6 cm de diámetro para el paso del cableado hacia la parte posterior, para luego así realizar las conexiones correspondientes según el manual del taller del vehículo.



**Figura 39.** Instalación de la caja de fusibles  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.15. Instalación de la válvula EGR

Se procedió a sujetarlo a la lámina de acrílico por medio de dos pernos y tuercas en el lugar ya indicado por el diseño, este actuador posee un conector con 5 cables de los cuales 3 son positivos y 2 son señales, van conectados a través de sus respectivos plugs que servirán para realizar diagnósticos a la válvula EGR (Figura (41)). Posee un switch que corta la alimentación directa simulando así el fallo de la válvula.



**Figura 40.** Instalación de la válvula EGR  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.16. Instalación del catalizador

Antes de proceder a la instalación del catalizador (Figura 42), se realizó varios cortes al mismo, removiéndole el protector y parte de la carcasa superior

para así exponer el interior del catalizador. Se uso dos pernos para la fijación sobre la lámina de acrílico.



**Figura 41.** Instalación del catalizador  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.17. Instalación de los inyectores

En conjunto con los inyectores (Figura 43), se montaron también sobre 4 probetas plásticas de 100 ml cada uno recortados a 80 ml, se uso el propio riel de inyectores para el montaje de los mismos, una tubo cuadrado de aluminio de aproximadamente 25 cm de largo como base y una cañería para los retornos ubicados en las bases de las probetas, además se uso una llave de paso en la línea de retorno de combustible.



**Figura 42.** Instalación de los inyectores de combustibles  
**Autor:** Jonathan Olivo



### 3.3.18. Instalación del sensor de posición del cigüeñal

Se elaboro una rueda dentada en material de hierro dulce para lograr la captación por parte del sensor de posición del cigüeñal (Figura 44), dicho sensor va sujeto por medio de un ángulo y dos pernos con sus tuercas a la lámina de acrílico.

Como elementos adicionales se coloco 3 plugs que corresponden a los 3 cables del conector del sensor que son: señal, positivo y tierra. Lleva un switch que simula el fallo del sensor, un motor de máquina de coser y también un regulador de revoluciones para la rueda dentada que gira solidario al motor.

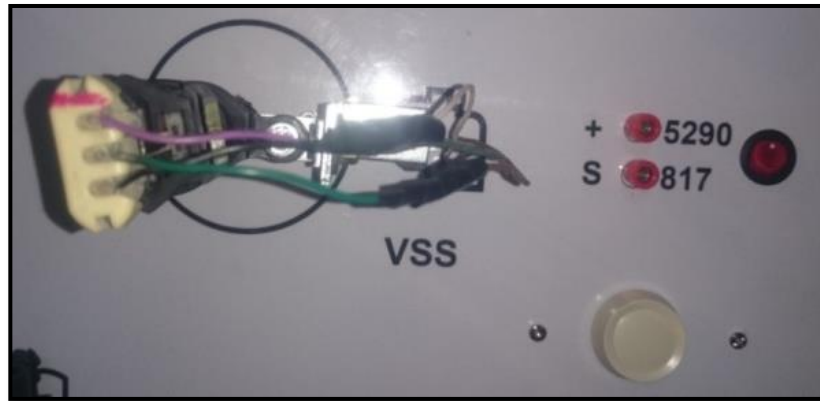


**Figura 43.** Instalación del sensor de posición del cigüeñal  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.19. Instalación del sensor de velocidad

Se realizo dos perforaciones en la lamina de acrílico, una para la entrada del eje del sensor y la otra para la fijación cuerpo del sensor de velocidad (Figura 45) mediante ángulos al acrílico, como elementos auxiliares colocamos: 2 plugs tipo banana que corresponden a los cables del conector del sensor (positivo y señal), 1 switch tipo on/off, un motor eléctrico que va situado en la parte posterior del banco de pruebas y un regulador de revoluciones para controlar las RPM.





**Figura 44.** Instalación del sensor de velocidad  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.20. Instalación del manómetro de combustible

Para la instalación del manómetro (Figura 46), se realizó una perforación de la misma medida del diámetro del cuerpo del elemento que es de 5.5 cm, para luego ser colocado a presión en la lámina de acrílico.

Va conectado en la parte posterior con la manguera de combustible que pertenece a la línea de alimentación, sujetos con amarras metálicas.



**Figura 45.** Instalación del manómetro  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.21. Instalación de la válvula EVAP

Se realizó dos perforaciones que servirían para la sujeción de la válvula EVAP (Figura 47), por medio de un perno tipo U con sus respectivas tuercas.



**Figura 46.** Instalación de la válvula EVAP  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.22. Instalación del EVAP

Se realizó 3 perforaciones al acrílico: 2 para el paso de la amarra plástica que sujetara desde la parte superior al EVAP (Figura 48) y uno para fijación de la base por medio de un perno y un ángulo con forma de L.



**Figura 47.** Instalación del EVAP  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 3.3.23. Instalación del tanque y bomba de combustible

La bomba de combustible va situada en el interior del recipiente de plástico que reemplazara la función del tanque de combustible ambos irán situados en la parte inferior izquierda de la estructura metálica del banco de pruebas, el conjunto del tanque y bomba de combustible (Figura49), ira fijo a la estructura por medio de 4 ángulos con forma de L, sujetos en la base.



**Figura 48.** Instalación del tanque y bomba de combustible  
**Autor:** Jonathan Olivo

## 3.4. INSTALACIÓN DE ELEMENTOS AUXILIARES DEL BANCO DE PRUEBAS

### 3.4.1. Instalación de la fuente de poder modelo AS-350-12

La fuente de poder (Figura 50), de 12 voltios a 30 amperios fue situada dentro de la estructura, lado derecho con vista de frente del banco de pruebas. Fueron necesarios 4 perforaciones en la estructura metálica para colocar los 4 pernos pequeños con sus respectivas tuercas para fijar la fuente en su lugar.



**Figura 49.** Fuente de poder del banco de pruebas  
**Autor:** Jonathan Olivo

### **3.4.2. Instalación del conector de alimentación**

El conector de alimentación como se muestran en la figura 51 y 52 (macho y hembra) a instalarse será uno 110 voltios a 30 amperios, auto enclavado y color azul. El lugar donde se situara será en la pared de la estructura metálica del lado derecho con vista de frente al banco de pruebas a aproximadamente 20 cm del borde superior, para ello fue necesario la perforación de la estructura con una broca con cierra circular del mismo diámetro del cuerpo del conector para luego insertarse a presión y ser sujeto con 4 pernos a su base para dejarlo fijo en la estructura.



**Figura 50.** Conector de alimentación (vista posterior)  
**Autor:** Jonathan Olivo



**Figura 51.** Conector de alimentación (vista anterior)  
**Autor:** Jonathan Olivo

### **3.4.3. Instalación de botón de parado de emergencia**

El botón de parado de emergencia (Figura 53) tipo hongo color rojo, será instalado a aproximadamente 30 cm por debajo del conector de alimentación, para ello se usara una broca con cierra circular del diámetro similar al del cuerpo del botón de parado, será insertado a presión sobre la estructura metálica.



**Figura 52.** Botón de parado de emergencia  
**Autor:** Jonathan Olivo

## **CAPITULO IV**

# **ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO SOBRE LA INYECCIÓN**

### **4.1. LÍNEA DE DATOS KEYWORD 2000**

Los protocolos de palabra clave utilizan una línea de datos bidireccional de un solo cable entre el módulo y la herramienta de exploración para comunicarse. La estructura del mensaje es un sistema de tipo solicitud y respuesta. Los datos en serie de la palabra clave se utilizan únicamente para el diagnóstico de la herramienta de exploración. Los módulos no intercambian datos en estos sistemas. (General Motors Shanghai, 2012)

#### **4.1.1. Línea de datos en serie del KEYWORD 2000**

- La línea de datos en serie del Keyword permite realizar la comunicación entre la herramienta de diagnóstico y la ECM
- La línea de datos en serie del Keyword 2000 realiza la comunicación en términos de diagnóstico y prueba para el sistema de inyección mediante la conexión al módulo de control electrónico del motor.

#### **4.1.2. Descripción del módulo de control del motor (ECM)**

El módulo de control del motor o ECM es el control central del sistema de inyección de combustible. La ECM constantemente monitorea la información de varios sensores y otras entradas, controla el sistema de inyección que afecta al rendimiento y emisiones de gases contaminantes del vehículo

La ECM suministra 5 o 12 voltios a varios de los sensores o conmutadores. El ECM controla los circuitos de salida (por ejemplo, el inyector de combustible, Válvula EGR, relé de embrague del A / C, etc.) mediante el control del circuito de tierra a través de los transistores.

## 4.2. SEÑALES DE VOLTAJE RECIBIDAS POR EL ECM

A continuación se detallan las señales de voltajes provenientes de los sensores al modulo de control del motor

### 4.2.1. Sensor de presión de aire en el múltiple de admisión

La estructura del sensor MAP se compone de un chip de silicio con dos partes, un transductor de presión (membrana) y cuerpo electrónico. La membrana del sensor tiene cuatro piezo-resistores (resistencias cuyo valor varían cuando se los someten a esfuerzos), que forman un puente de Wheatstone.

La señal de salida del sensor es del tipo analógica y del orden de los 100 mV, se filtra a través de un amplificador de ganancia elevada, con lo cual llega a rangos de entre 0,5 a 4,5 V. En la tabla 3 se especifica la relación entre la presión absoluta y el vacio durante las variaciones del voltaje, demostrando que son inversamente proporcionales.

**Tabla 3.** Tabla comparativa entre presión absoluta y vacio

<b>TABLA COMPARATIVA DE PRESIÓN</b>		
<b>Voltaje</b>	<b>Presión Absoluta (Kpa)</b>	<b>Vacio (Kpa)</b>
<b>4.9</b>	100	0
<b>4.4</b>	90	10
<b>3.8</b>	80	20
<b>3.3</b>	70	30
<b>2.7</b>	60	40
<b>2.2</b>	50	50
<b>1.7</b>	40	60
<b>1.1</b>	30	70
<b>0.6</b>	20	80
<b>0.3</b>	10	90
<b>0.3</b>	0	100

**Autor:** Jonathan Olivo

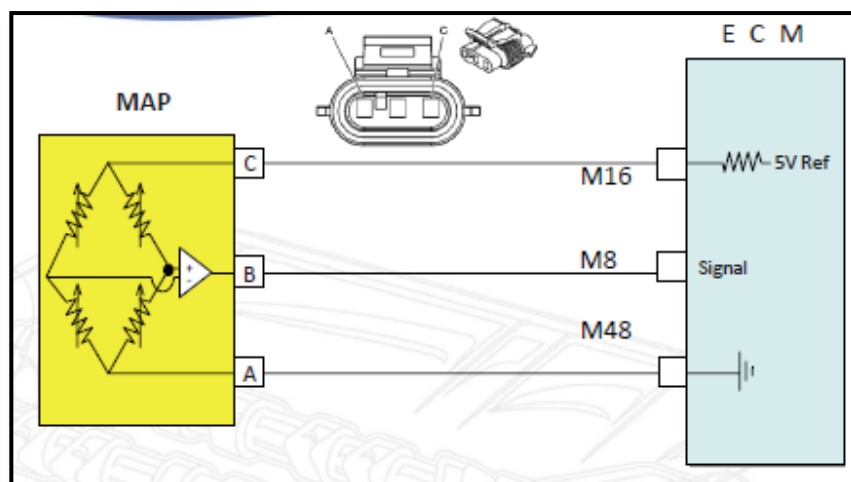
El sensor MAP (Figura 53), posee tres cables que van conectadas a la ECM de los cuales a continuación se detallan sus valores y designaciones:

- **Pin 5047 (Blanco):** Referencia 5V
- **Pin 432 (Negro):** Señal (0,5 – 4,5v)
- **Pin 2753 (Verde oscuro):** Baja referencia (107 mV)



**Figura 53.** Sensor MAP  
**Autor:** Jonathan Olivo

El esquema eléctrico (Figura 54) nos muestra la configuración de las conexiones del sensor MAP con la ECM.



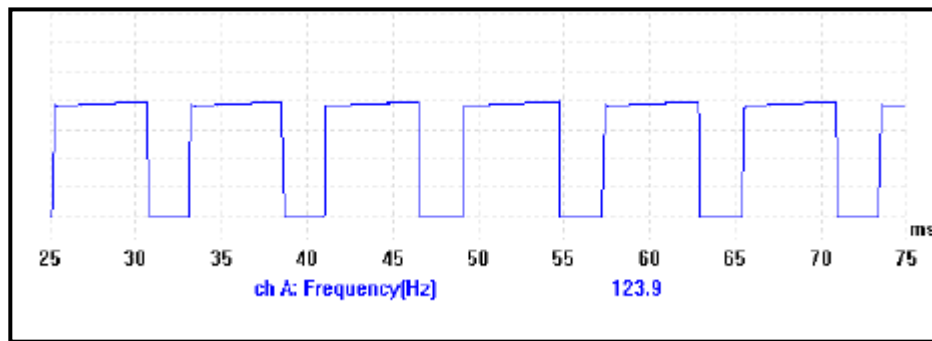
**Figura 54.** Esquema de conexión del sensor MAP  
**Fuente:** Curso técnico Chevrolet Sail Documento PDF (2011)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

#### 4.2.2. Sensor de posición del cigüeñal

El sensor de posición de cigüeñal es un sensor de efecto hall que trabaja que tiene una forma de onda cuadrada que oscilan entre 0 a 5 voltios con

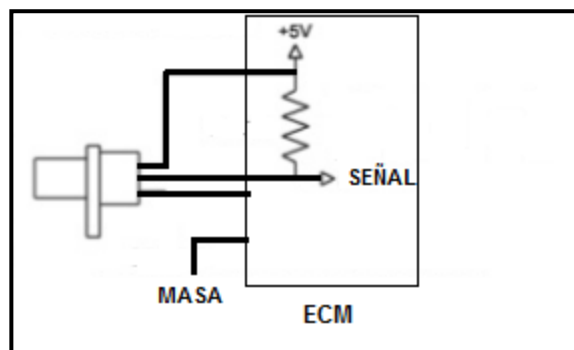


frecuencia que varía dependiendo de la velocidad de giro de la rueda dentada como se observa en la figura 55.



**Figura 55.** Onda cuadrada del sensor CKP  
**Fuente:** Curso Técnico Chevrolet Sail Documento PDF (2014)  
**Autor:** Jonathan Olivo

Como se observa en la figura 56, en la configuración electrónica del sensor CKP posee tres cables los cuales son: referencia de 5v, señal y masa.



**Figura 56.** Esquema eléctrico sensor CKP  
**Autor:** Jonathan Olivo

La designación de los pines para comprobación del sensor montado en el banco de pruebas (Figura 57) correspondería de la siguiente manera:

- **Pin 5047 (Verde claro):** Referencia 5v
- **Pin 2832 (Azul claro):** Señal (0 a 5v)
- **Pin 2753 (Azul oscuro):** Masa (107 mV)



**Figura 57.** Sensor CKP  
**Autor:** Jonathan Olivo

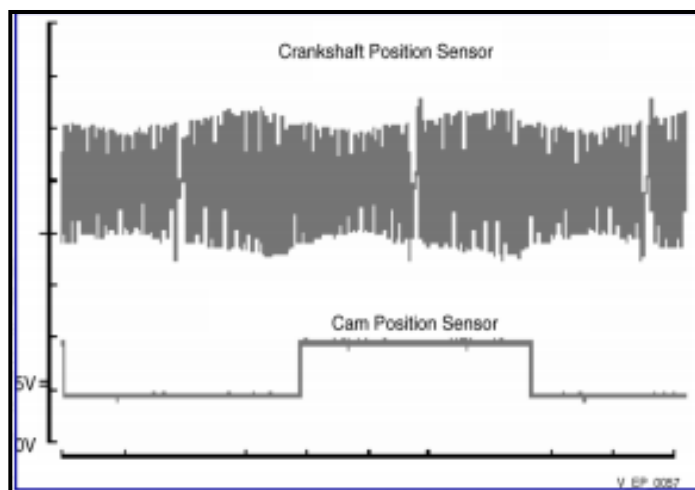
La ECM o modulo de control del motor, emplea la información dada por este sensor para generar pulsos que sincronizan el encendido y la inyección de combustible

Este sensor va situado en la corona dentada del volante de inercia del motor que gira solidario con el cigüeñal, cuenta con 58 dientes y un espacio que corresponde a 2 dientes más, ausentes.

#### **4.2.3. Sensor de posición del árbol de levas**

La señal enviada por el sensor de posición del árbol de levas es recibida por la ECM como un pulso sincrónico que activa el inyector de acuerdo con una secuencia apropiada, distinguiendo cuando el cilindro numero uno está en tiempo de ignición.

Al igual que el sensor de posición del cigüeñal (CKP), el sensor CMP es de efecto Hall con valores que oscilan entre 0 a 5V y de frecuencia variable dependiendo de las revoluciones de la rueda dentada (Figura 58).



**Figura 58.** Señal del CMP

**Fuente:** Curso Técnico Chevrolet Sail Documento PDF (2011)

**Editado por:** Jonathan Olivo

En caso de una pérdida en la señal del sensor de posición del árbol levas y el motor está en marcha, el sistema de inyección electrónica de combustible cambiara al modo de secuencia de inyección calculado por el pulso de señal pasado proveniente del sensor, para que el motor siga en funcionamiento.

La designación de los pines para comprobación del sensor montado en el banco de pruebas (Figura 59) correspondería de la siguiente manera:

- **Pin 914 (Blanco):** Referencia 5v
- **Pin 630 (Azul claro):** Señal (0 a 5v)
- **Pin 915 (Amarillo):** Masa (107 mV)



**Figura 59.** Sensor CMP

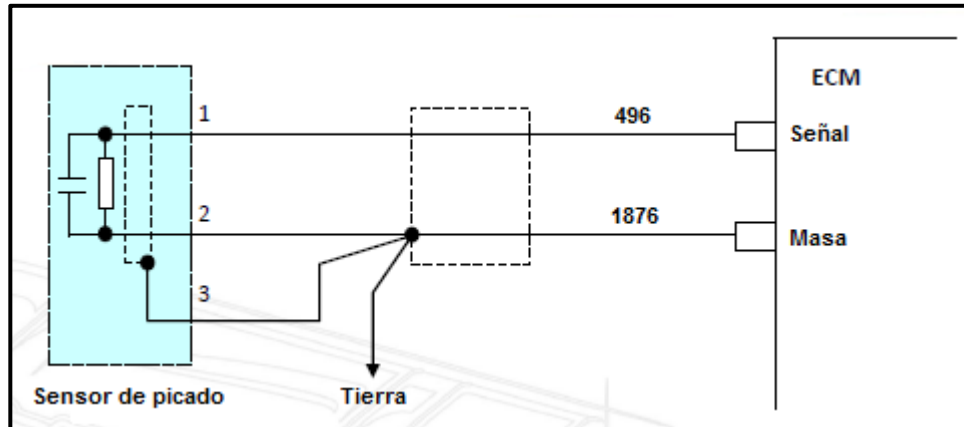
**Autor:** Jonathan Olivo

#### 4.2.4. Sensor de detonación del motor

Las detonaciones producidas dentro del motor debido a explosiones que se producen de manera incorrecta dentro del cilindro, se traducen en una vibración que son captadas por el sensor de picado y que se pueden solucionar reduciendo el avance de encendido, por tanto este parámetro utilizado en lazo cerrado sirve para regular el avance de encendido.

Los elementos que integran este sensor son dos, un diafragma y un elemento piezoeléctrico. Debido a que el motor tiene una frecuencia de detonación propia, una alteración a un valor más alto de esta llega a ser captada por el sensor, este envía una señal analógica a la ECM que expresa el nivel de detonación.

El esquema eléctrico del sensor de picado nos indica que posee dos cables uno de señal dirigida a la ECM y otra de masa, ambos envueltos en un cable coaxial con conexión a tierra como lo demuestra la figura 60.



**Figura 60.** Esquema eléctrico del sensor de detonación  
**Fuente:** Curso técnico Chevrolet Sail Documento PDF (2011)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

Las asignaciones de los pines montados en el banco de pruebas (Figura 61), corresponden a los siguientes valores de voltaje:

- **Pin 496 (Violeta):** Señal (-2,5v a 4,5v) con frecuencia de detonación de aproximadamente 15 KHz.
- **Pin 1876 (Blanco):** Masa (107 mV)



**Figura 61.** Sensor de Picado  
**Autor:** Jonathan Olivo

#### 4.2.5. Sensor de temperatura del motor y múltiple de admisión

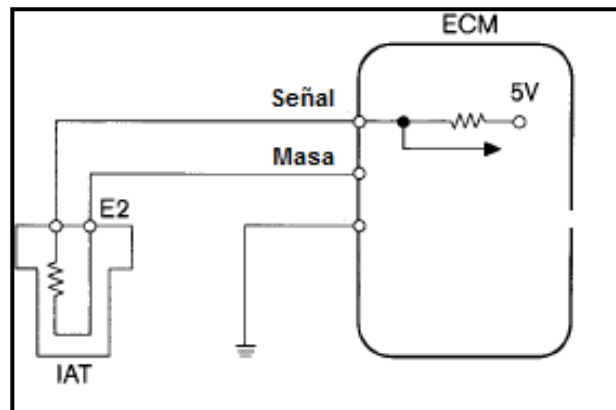
El sensor de temperatura del motor y de admisión pertenecen al tipo NTC (negative temperature coefficient) que se encuentran situados en el bloque de cilindros del motor en contacto con el refrigerante y en el conducto de admisión respectivamente. Suministran a la ECM una señal de voltaje, mediante una resistencia cuyo valor varía inversamente proporcional a la temperatura (Tabla 4).

**Tabla 4.** Temperatura vs valores de resistencia

<b>SENSOR DE TEMPERATURA</b>		
<b>TEMPERATURA VS VALORES DE RESISTENCIA (APROXIMADO)</b>		
°C	°F	OHMS
100	212	177
90	194	241
80	176	332
70	158	467
60	140	667
50	122	973
45	113	1188
40	104	1459
35	95	1802
30	86	2238
25	77	2796
20	68	3520
15	59	4450
10	50	5670
5	41	7280
0	32	9420

**Autor:** Jonathan Olivo

El esquema eléctrico del sensor de temperatura (Figura 62), nos indica que posee dos cables de conexión a la ECM, uno de alimentación de 5 voltios y una conexión a masa. Al poseer solo una resistencia variable, regulara unicamente la intensidad, para ello la ECM usa una resistencia interna de valor fijo (Pull Up) que lo usara como un divisor de tensión y así medir la diferencia de voltaje como señal correspondiente al cambio de temperatura.



**Figura 62.** Esquema eléctrico sensor de temperatura  
**Fuente:** Curso técnico Chevrolet Sail Documento PDF (2011)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

El sensor de temperatura de resistencia NTC, varía de -3 a -5% por °C y las señales de voltaje que recibe la ECM son de 5 a 0v que corresponden a los pines de comprobación de las figura 63 y 64 del banco de pruebas, siguientes:

- **Pin 919 (Blanco):** Señal (4,5 a 0,3V)
- **Pin 2753 (Verde Claro):** Masa (110 mV)



**Figura 63.** Sensor de temperatura de admisión  
**Autor:** Jonathan Olivo

- **Pin 2761 (Negro):** Señal (4,5 a 0,3V)
- **Pin 2753 (Verde Oscuro):** Masa (110 mV)



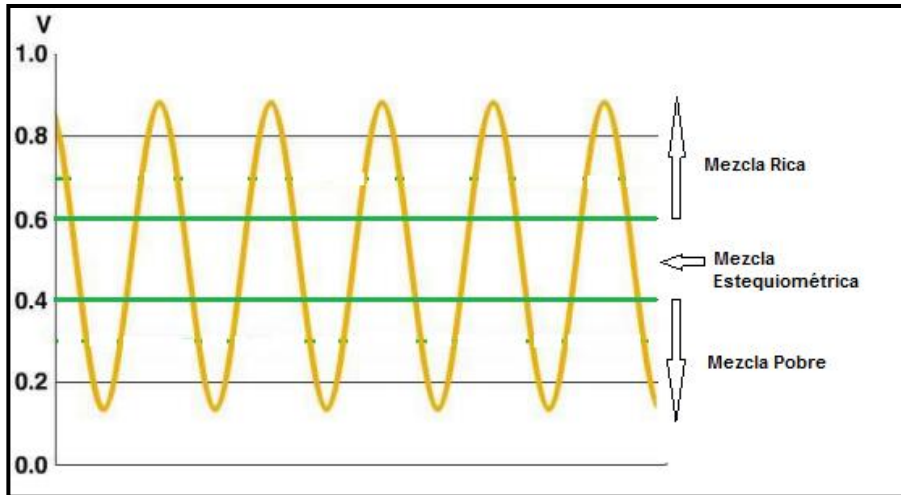
**Figura 64.** Sensor de temperatura del motor  
**Autor:** Jonathan Olivo

#### 4.2.6. Sensor de oxígeno

El sensor de oxígeno es el elemento encargado de suministrar a la ECM información con respecto a la cantidad de oxígeno en el colector de escape. Basa su funcionamiento en la conductividad de una cerámica semiconductor de dióxido de titanio que varía en presencia del oxígeno a una temperatura ideal de 300 °C, la señal se genera con un divisor de voltaje a través de una resistencia de valor fijo en la línea de alimentación del semiconductor. Existen dos sensores de oxígeno uno antes del catalizador y el otro después del catalizador, la función del segundo sensor es de monitorear constantemente el estado del catalizador

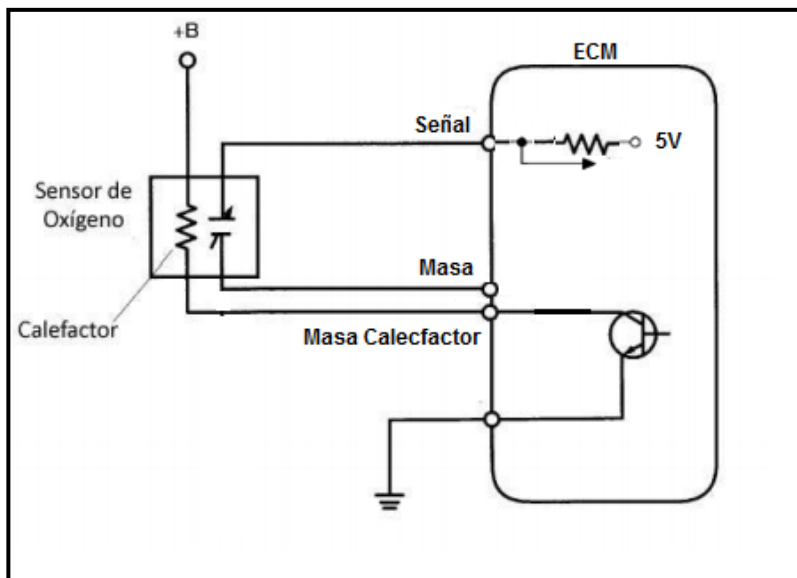
El tipo de señales que entrega este sensor son del tipo análogas con formas de onda sinusoidal (Figura 65) y valores que oscilan en un rango de 0 a 1 voltios. Entre menos oxígeno se encuentren en los gases de escape, la señal de voltaje crecerá proporcionalmente por lo tanto una mezcla rica que consume casi todo el oxígeno la señal de voltaje será del rango de 0,6 a 1,0 V y una mezcla pobre tendrá más oxígeno por lo que su señal de voltaje será del rango de 0,1 a 0,4 V.

Para una relación de mezcla aire/combustible ideal o estequiométrica (14,7 partes de aire por 1 de combustible), se reflejara una señal de voltaje de alrededor de 0,45 V (Figura 65).



**Figura 65.** Forma de onda sensor de oxígeno  
**Fuente:** Curso sensores de oxígeno Documento PDF (2014)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

Posee una resistencia eléctrica de 2 amperios en el interior del sensor que lo calienta a medida que la corriente de alimentación circula a través de ella, dicha alimentación es controlada por la ECM gracias a un transistor en la línea a masa que interrumpe o cierra el circuito basado en la señal del sensor MAP y el sensor ECT. El esquema eléctrico de conexión (Figura 66) nos muestra que posee cuatro cables de los cuales dos son de masa del sensor y calefactor, una señal y un positivo de ignición.



**Figura 66.** Esquema eléctrico del sensor de oxígeno  
**Fuente:** Curso sensores de oxígeno Documento PDF (2014)  
**Editado por:** Jonathan Olivo



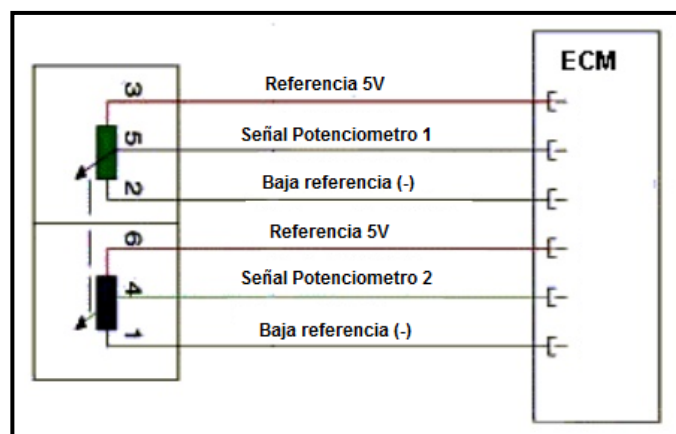
Las asignaciones de los pines montados en el banco de pruebas corresponden a los siguientes valores de voltaje:

- **Pin 5290 (Violeta):** Alimentación (12V).
- **Pin 7349 (Negro, gris):** Señal de masa del calefactor (207 mV).
- **Pin 907 (Café):** Masa del sensor (107 mV).
- **Pin 7352 (Verde, Rojo):** Referencia (5V)

#### 4.2.7. Sensor de posición del pedal del acelerador

La medición correcta de la posición del pedal del acelerador es de suma importancia para la correcta respuesta del motor a la aceleración, puestos que los datos que se reciban en la ECM desde el pedal serán procesados para enviar la señal al actuador de la mariposa de aceleración.

Posee dos potenciómetros de diferentes valores que provee de dos señales de magnitud variable, que indicaran con mayor precisión y fiabilidad el ángulo de giro del pedal. Los voltajes medidos en el pedal del acelerador en posición de reposo son alrededor de los 0,6V mientras que completamente presionado es de 4,6V (Figura 67).



**Figura 67.** Pedal del acelerador

**Fuente:** Curso acelerador electrónico Bosch Documento PDF (2011)  
Editado por: Jonathan Olivo

En caso de haber un desperfecto de uno de los potenciómetros el sistema entrara en modo de ralentí si en un lapso de tiempo que se lleve a cabo la verificación se detecta al segundo transmisor en posición de ralentí, el sistema

reanuda la posibilidad de circulación del vehículo. Se registrara el incidente y almacenara como código de diagnostico de fallos.

Los pines de comprobación del pedal de aceleración (Figura 68) montado en el banco de pruebas corresponden a las asignaciones y valores de voltaje siguientes:

- **Pin 1274 (Café):** Alimentación Potenciómetro 2 (5V).
- **Pin 1662 (Verde Oscuro):** Alimentación Potenciómetro 1 (5V).
- **Pin 1272 (Negro, Blanco):** Señal de posición del acelerador 1 (0.5 – 2,04V)
- **Pin 1271 (Negro):** Referencia baja de posición del pedal del acelerador 1 (104 mV)
- **Pin 1661 (Amarillo):** Referencia baja de posición del pedal del acelerador 2 (108 mV)
- **Pin 1664 (Blanco):** Señal de posición del pedal del acelerador 2 (3,6 – 4,6V)

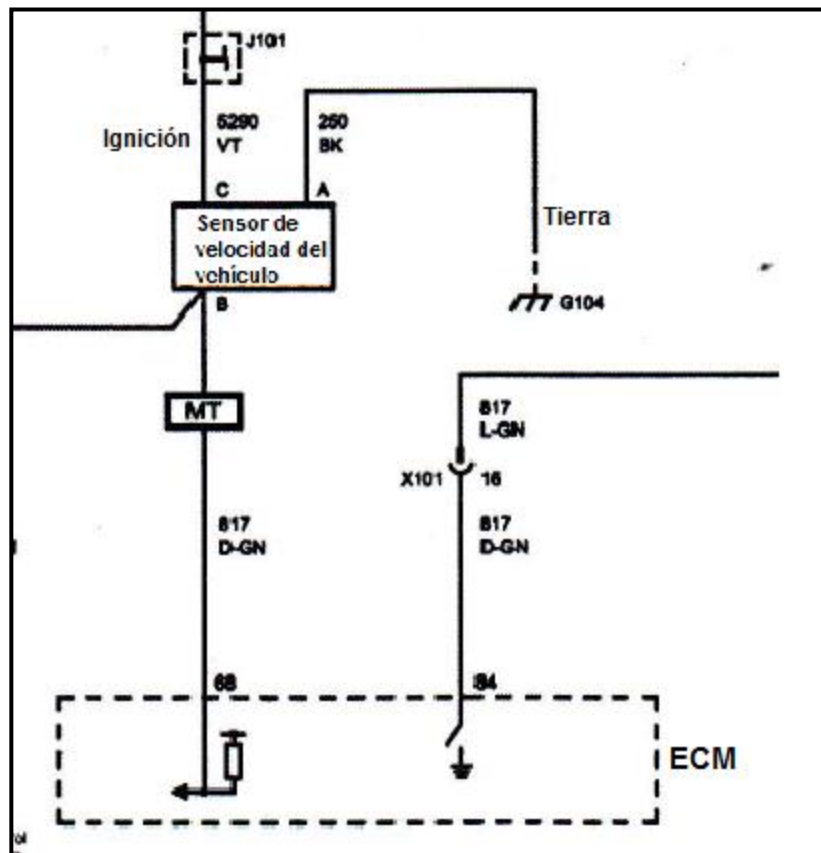


**Figura 68.** Pedal del acelerador  
**Autor:** Jonathan Olivo

#### 4.2.8. Sensor de velocidad

Conocido por sus siglas en inglés VSS (Vehicle speed sensor), este sensor envía en forma de corriente alterna la señal a la ECM. Se localiza a la salida del eje de la caja de cambios y es del tipo imán permanente.

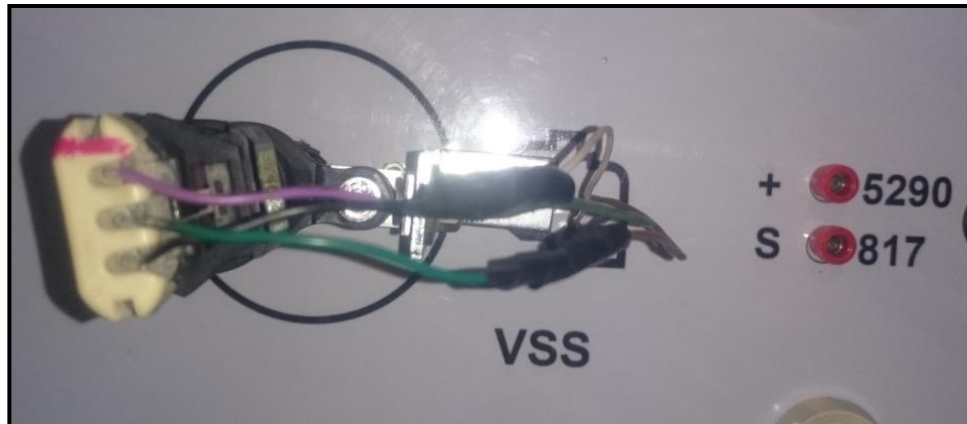
El circuito de conexión del sensor VSS (Figura 69), nos indica que posee tres cables dos de ellos conectados a la ECM y una alimentación proveniente de ignición



**Figura 69.** Circuito de conexión del VSS  
**Fuente:** Manual del taller Chevrolet Sail (2014)  
**Editado por:** Jonathan Olivo

Las asignaciones de los pines de conexión al sensor VSS (Figura 70) vienen dadas por tres cables (verde oscuro, violeta y negro) dados estos de la siguiente manera:

- **Pin 817 (Verde Oscuro):** Señal del sensor VSS (0,6 – 4,8 V)
- **Pin 5290 (Violeta):** Alimentación (12 V)
- **Pin 280 (Negro):** Tierra (127 mV)



**Figura 70.** Sensor VSS  
**Autor:** Jonathan Olivo

### **4.3. SEÑALES DE SALIDA DE LA ECM A LOS ACTUADORES**

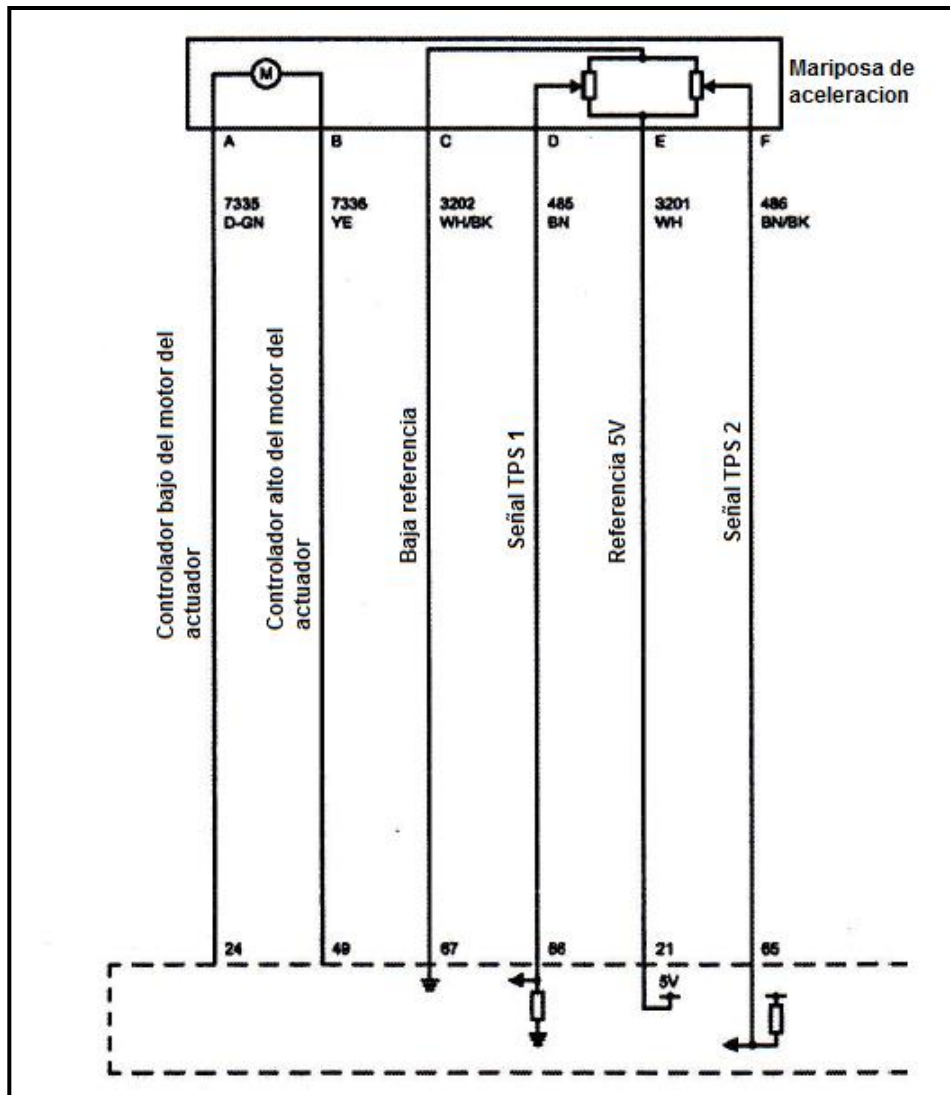
#### **4.3.1. Actuador de la mariposa de aceleración electrónica**

Posee un motor de corriente continua con un conjunto de tres engranajes que trabajan para transmitir el giro angular del motor hasta la mariposa de aceleración. Posee dos potenciómetros que indican a cada momento la posición de la mariposa de aceleración, cuando esta se encuentra en reposo mantiene una apertura de aproximadamente  $7^\circ$  de inclinación para permitir el flujo de aire en ralentí, la señal de salida del TPS es bajo y de aproximadamente 2,5V. La señal de voltaje de salida incrementa gradualmente mientras la mariposa incrementa su ángulo de giro de apertura y su voltaje alcanza valores cercanos a los 5V.

El actuador es el encargado de abrir o cerrar la mariposa de aceleración según la señal recibida por la ECM que viene dada por excitación al motor.

La ECM controla el ángulo de giro de la mariposa por medio de un motor paso a paso de corriente directa, la ECM es la encargada de enviar los pulsos de señal correctos para la apertura de la mariposa.

El esquema eléctrico de conexiones del cuerpo de aceleración electrónica (Figura 71), posee 6 cables dos de los cuales controlan el motor de apertura de la mariposa, una alimentación y masa común a los potenciómetros y dos señales de salida que corresponden a la posición de la mariposa.



**Figura 71.** Esquema de conexión del cuerpo de aceleración electrónica

**Fuente:** Manual del taller Chevrolet Sail (2014)

**Editado por:** Jonathan Olivo

Los pines de diagnóstico que pertenecen al cuerpo de aceleración electrónico (Figura 72) montado en el banco de pruebas, se asignan los siguientes valores de voltaje:

- **Pin 1032 (Negro):** Señal TPS 1 (2,06V).
- **Pin 1030 (Café, Negro):** Señal TPS 2 (2,5V).
- **Pin 5047 (Blanco):** Referencia (4,99V).
- **Pin 1033 (Blanco, Negro):** Baja referencia (109 mV).
- **Pin 411 (Verde Oscuro):** Controlador bajo del motor (1,6 – 9,5V).
- **Pin 1031 (Amarillo):** Controlador alto del motor (2,06 – 11V)



**Figura 72.** Cuerpo de aceleración electrónica  
**Autor:** Jonathan Olivo

#### 4.3.2. Inyectores de combustible

Los inyectores son del tipo inyección indirecta, es decir van ubicados en el múltiple de admisión justo antes de la cámara de combustión, el inyector es una válvula de inyección de combustible con actuación electromagnética.

Posee un solenoide que se excita cuando la ECM lo requiera dependiendo del momento de inyección, el vástago se abre 0.15 mm para que el combustible fluya a través del paso calibrado de la válvula y vuelve a su posición gracias a un muelle helicoidal que lo presiona contra su base.

La cantidad de combustible inyectado se controla a través del tiempo de inyección, variando el pulso de corriente que excita la bobina del solenoide, estos valores oscilan entre los 1,5 a 10 milisegundos.

El esquema de conexión de los inyectores (Figura 73), nos indica que en su conector poseen dos cables, uno de señal proveniente de la ECM que controla a través de transistores la masa de los y una alimentación común de 5 voltios proveniente de ignición y protegido por un fusible de 16 amperios.

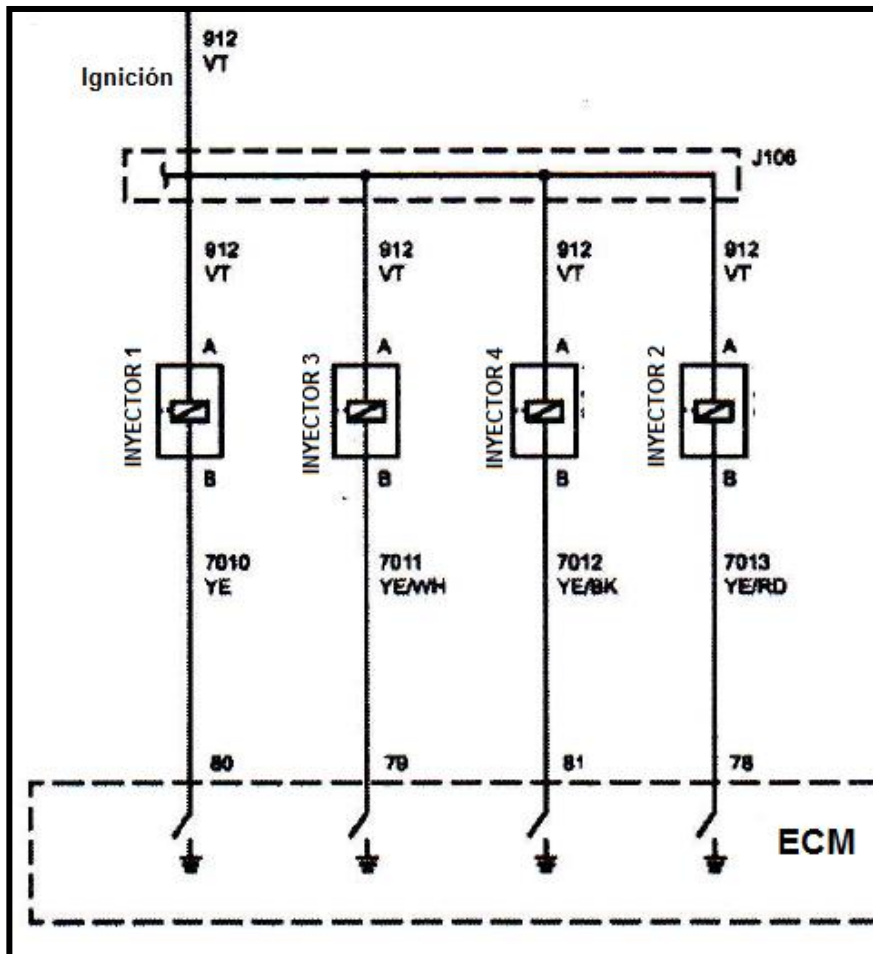


Figura 73. Esquema de conexión de los inyectores

Fuente: Manual del taller Chevrolet Sail (2014)

Editado por: Jonathan Olivo

Los pines de diagnóstico que pertenecen a los inyectores de combustible (Figura 74) montado en el banco de pruebas, se asignan los siguientes valores de voltaje:

- **Pin 912 (Violeta):** Alimentación común (4,99V)
- **Pin 7010 (Amarillo):** Señal a masa controlada por la ECM (0.1V)
- **Pin 7011 (Amarillo/Blanco):** Señal a masa controlada por la ECM (0.1V)
- **Pin 7012 (Amarillo/Negro):** Señal a masa controlada por la ECM (0.1V)
- **Pin 7013 (Amarillo/Rojo):** Señal a masa controlada por la ECM (0.1V)





**Figura 74.** Inyectores de combustible  
**Autor:** Jonathan Olivo

### 4.3.3. Bobinas de encendido

El tipo de bobina del vehículo Chevrolet Sail, es de encendido DIS (Direct ignition system) integral independiente es decir, una bobina para cada cilindro, este sistema de distribución de alta tensión se puede adaptar a todo tipo de motor independientemente del número y disposición de cilindros.

Según el esquema eléctrico del sistema de encendido (Figura 75) se componen de tres cables de conexión, dos para el bobinado del primario con alimentación de 12 voltios y uno para conexión a tierra del bobinado del secundario que en su otro extremo se encuentra acoplado directamente con la bujía.



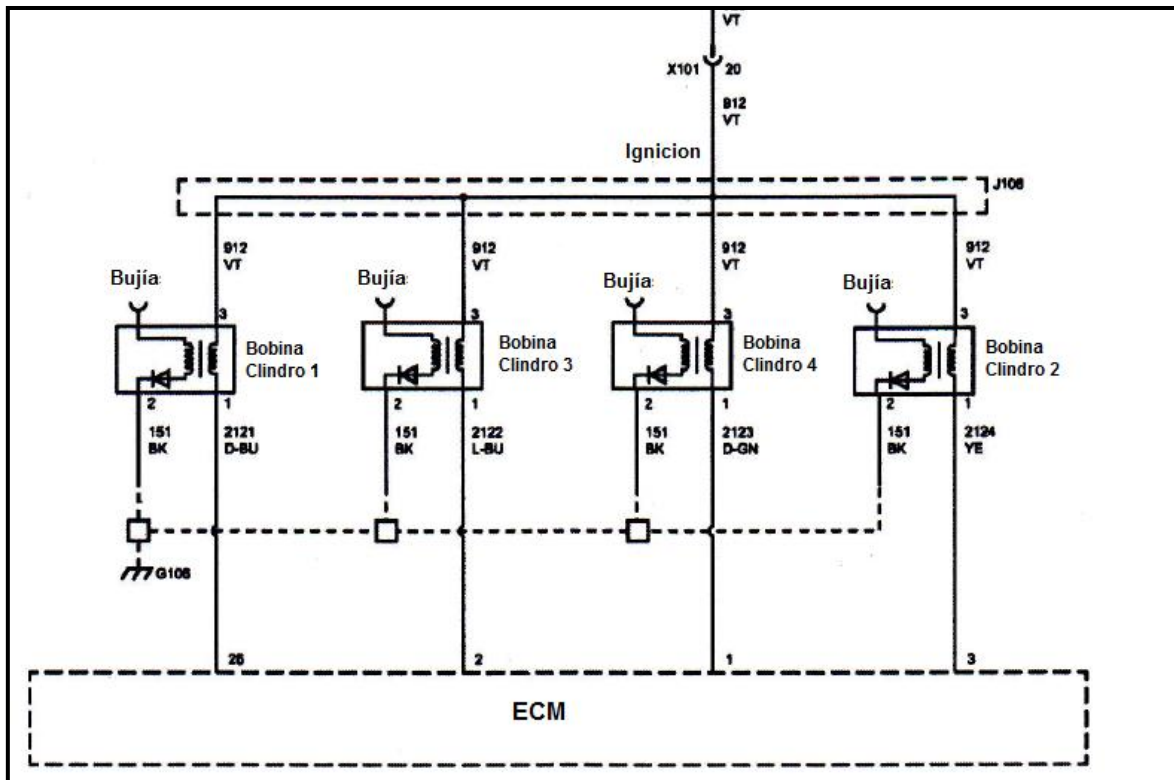


Figura 75. Circuito del sistema de control de encendido

Fuente: Manual del taller Chevrolet Sail (2014)

Editado por: Jonathan Olivo

La ventaja de este sistema es, que al no llevar cables de alta tensión en el vano motor los peligros de descarga o dispersiones hacia masa quedan reducidas al máximo ya que la tensión del bobinado secundario nace directamente sobre la bujía que se encuentra acoplada a él.

El grupo de bobinas de encendido DIS (Figura 76) montadas en el banco de pruebas, llevan 3 plugs de comprobación los cuales están asignados de la siguiente manera:

- **Pin 151:** Conexión a tierra (256 mV)
- **Pin 2121 (Azul oscuro):** Señal transistorizada a tierra proveniente de la ECM. (11,02V).
- **Pin 2122 (Azul Claro):** Señal transistorizada a tierra proveniente de la ECM. (11,02V).
- **Pin 2123 (Verde oscuro):** Señal transistorizada a tierra proveniente de la ECM. (11,02V).

- **Pin 2124 (Amarillo):** Señal transistorizada a tierra proveniente de la ECM. (11,02V).
- **Pin 912:** Alimentación común de ignición (12V)



**Figura 76.** Bobinas de encendido

**Autor:** Jonathan Olivo

#### 4.3.4. Válvula de recirculación de gases de escape

El sistema de recirculación de gases de escape (EGR) se utiliza para reducir los niveles de emisión de óxido de nitrógeno (NOX) causadas por las altas temperaturas de combustión. La válvula de EGR está controlada por el ECM. La válvula de EGR o también llamado EGR (Exhaust gases recirculation), suministra pequeñas cantidades de gases de escape en el colector de admisión para disminuir la temperatura de combustión.

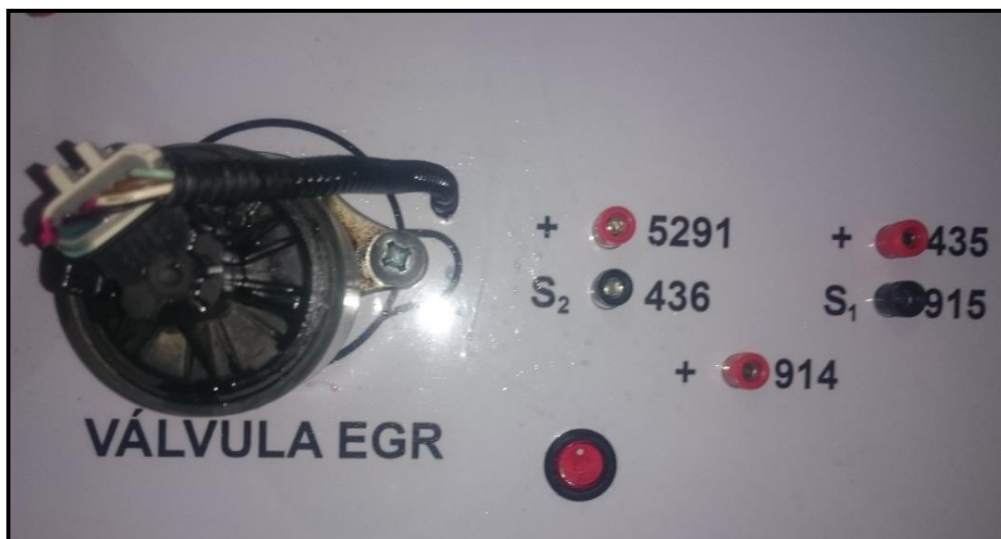
La cantidad de gas de escape recirculado es controlada por el vacío y la presión variable del retorno de escape. Si existe exceso de gas de escape en admisión, la combustión no se llevará a cabo. Por esta razón, se limita el volumen de los gases de escape a pasar a través de la válvula, especialmente en la marcha lenta.

La ECM controla la posición de la recirculación de gases de escape a través de un sensor de posición. Si el módulo de control del motor (ECM) detecta

una falla en el caudal de recirculación de gases de escape, se genera un código de diagnóstico de fallos.

Según se muestra en la figura 77, la válvula EGR montada en el banco de pruebas perteneciente al vehículo Chevrolet Sail posee 5 cables de conexión lo cuales son asignados de la siguiente manera:

- **Pin 5291 (Azul claro):** Alimentación del solenoide de la válvula EGR (4,99V).
- **Pin 435 (Café):** Señal del sensor de posición de la válvula EGR (0,6 – 4,5V)
- **Pin 436 (Verde Claro):** Control de la válvula EGR (0.5 mV)
- **Pin 915 (Café):** Baja referencia del sensor de posición de la válvula EGR (0.1 mV)
- **Pin 914 (Blanco):** Referencia del sensor de posición de la válvula (5V)





**Figura 77.** Válvula EGR  
**Autor:** Jonathan Olivo

## CAPITULO V

### ELABORACIÓN DE PRÁCTICAS

#### 5.1. GUÍA DE PRUEBA DE COMPROBACIÓN DE VOLTAJES EN EL BANCO DE PRUEBAS

	<b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ SEDE GUAYAQUIL</b>	
---	---	---

<i>ASIGNATURA</i>	<i>CÓDIGO</i>	<i>NIVEL</i>	<i>FECHA</i>	<i>TIEMPO</i>
				20 Minutos

<i>LABORATORIO O TALLER</i>	<i>PRÁCTICA N°</i>	<i>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</i>
Taller Automotriz Centro	1	Control de las señales de voltaje de funcionamiento de los sensores a la ECM del motor S4A del banco de pruebas

<b>1.</b>	<b>PROPÓSITO</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comparar los voltajes teóricos vs los reales del banco de pruebas.</li><li>• Observar los cambios de voltajes de los sensores del banco de pruebas.</li></ul>

<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS (Competencias)</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisar las señales de voltajes reales y que se encuentren dentro de los rangos de voltaje funcionamiento establecidos.</li><li>• Analizar los voltajes obtenidos dentro de su condición de trabajo.</li></ul>

<b>3.</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b>
	Los sistemas de inyección de combustible a través de la electrónica de los

sistemas, se comunican con la ECM mediante señales de pulso que usa como parámetros para el cálculo correcto del tiempo de inyección que logre mantener una mezcla estequiometrica ideal.



<b>4. RECURSOS</b>		
<b>EQUIPOS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>INSUMOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multímetro</li> <li>• Banco de entrenamiento</li> </ul>		

<b>8. CÁLCULOS Y RESULTADOS</b>		
<b>DETALLE</b>	<b>DATO OBTENIDO</b>	<b>DATO TEÓRICO</b>
SEÑAL TPS 1 Y TPS 2	0,5 – 2,07V	0,9 – 4,6V
SEÑAL SENSOR MAP	4,06V	0,3 – 4,9V
SEÑAL SENSOR OXÍGENO	31, 7 mV	0,2 -0,9V
SEÑAL SENSOR IAT	3,3V	4,9 – 0,6V
SEÑAL SENSOR ECT	3,4V	4,9 – 0,6V
SEÑAL SENSOR VSS (900 RPM)	2,54V	0,6 – 4,8V
SEÑAL SENSOR KS	1,7V	0,4 – 4,99V
SEÑAL SENSOR PEDAL (REPOSO)	2,04V	2,04V
SEÑAL SENSOR CMP	4,99V	4,99V
SEÑAL SENSOR CKP	2,4V	0,8 – 4.5V

<b>9. CONCLUSIONES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los valores obtenidos corresponden a señales de voltaje en reposo para los sensores de posición y temperatura ambiente para los sensores IAT Y ECT que comparados con las señales de voltajes teóricas podemos concluir que se encuentran dentro de los parámetros.</li> <li>• Todos lo voltajes obtenidos corresponden a la simulación de trabajo en ralentí del motor (Frío) a excepción del sensor MAP y el sensor de oxígeno que se encuentran fuera de sus condiciones normales de servicio.</li> </ul>	

<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• General Motor, “Curso Técnico Chevrolet Sail”, 2011</li> </ul>	

## 5.2. GUÍA DE PRUEBA DEL CONTROL SOBRE LOS TIEMPOS DE INYECCIÓN

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ SEDE GUAYAQUIL</p>	
---	---	---

ASIGNATURA	CÓDIGO	NIVEL	FECHA	TIEMPO
				20 Minutos

LABORATORIO O TALLER	PRÁCTICA N°	NOMBRE DE LA PRÁCTICA
Taller Automotriz Centro	1	Control de los pulsos de inyección a través de la modificación de los pulsos de voltaje de entrada a la ECM

1.	<b>PROPÓSITO</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la variación del ancho de pulso generado por la modificación de los parámetros.</li> <li>• Verificar cuales son los sensores que influyen mayoritariamente en las modificación de los tiempos de inyección.</li> </ul>

2.	<b>OBJETIVOS (Competencias)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las curvas de funcionamiento de los sensores.</li> <li>• Verificar los cambios de frecuencia generados en las señales del inyector de combustible.</li> </ul>

3.	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b>
	<p>Los sistemas de inyección de combustibles poseen una centralita de control llamada ECM que es la que se encarga de regular la mezcla aire/combustible de manera constante, basado en los parámetros de las señales de entrada gestionan el tiempo de inyección de combustible.</p>

<b>4. RECURSOS</b>		
<b>EQUIPOS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>INSUMOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multímetro</li> <li>• Osciloscopio</li> <li>• Banco de entrenamiento</li> </ul>		

<b>8. CÁLCULOS Y RESULTADOS</b>		
<b>DETALLE</b>	<b>DATO OBTENIDO</b>	<b>DATO TEÓRICO</b>
<b>SEÑAL TPS 1 Y TPS 2</b>	0,5 – 2,07V	0,9 – 4,6V
<b>SEÑAL SENSOR MAP</b>	4,06V	0,3 – 4,9V
<b>SEÑAL SENSOR OXÍGENO</b>	31, 7 mV	0,2 -0,9V
<b>SEÑAL SENSOR IAT</b>	3,3V	4,9 – 0,6V
<b>SEÑAL SENSOR ECT</b>	3,4V	4,9 – 0,6V
<b>SEÑAL SENSOR VSS (900 RPM)</b>	2,54V	0,6 – 4,8V
<b>SEÑAL SENSOR KS</b>	1,7V	0,4 – 4,99V
<b>SEÑAL SENSOR PEDAL</b>	2,04V	2,04V
<b>SEÑAL SENSOR CMP</b>	4,99V	4,99V
<b>SEÑAL SENSOR CKP</b>	2,4V	0,8 – 4.5V

<b>9. CONCLUSIONES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las curvas de funcionamiento de los sensores varían dependiendo del tipo al que corresponden, sensor de captación de temperatura presentaron curvas de crecimiento progresivo, sensores de posición presentaron curvas de crecimiento lineal, sensores de posición presentaron curvas con formas de ondas sinusoidales al igual que el sensor de oxígeno con la diferencia que varió dentro de los valores de voltaje de 0 a 1V y el sensor MAP presento una curva de decrecimiento progresivo.</li> <li>• El sensor con mayor prioridad dentro de la regulación de la mezcla aire/combustible fue el sensor de oxígeno en lazo cerrado al enviar constantemente información de la cantidad de oxígeno dentro del múltiple de escape. Además en lazo abierto, el sensor ECT e IAT ganan prioridad en la fase de calentamiento los cuales mantienen el lazo abierto enviando mezcla rica hasta alcanzar la temperatura ideal de funcionamiento.</li> </ul>	

<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chevrolet, “Manual del taller Chevrolet Sail”, 2014</li> </ul>	

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Los actuadores y sensores presentes en el sistema de inyección electrónica del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail, corresponden a 9 sensores y 4 actuadores, todos ellos trabajando en conjunto para mejorar el rendimiento del vehículo. Los sensores envían constantes señales informando de la actualidad del motor para el ajuste de los tiempos de inyección instantáneos.
- Los parámetros varían dependiendo del tipo de sensor y las funciones que cumplen dentro del sistema de inyección, cada sensor recopila información actualizada hacia la ECM para ser procesada, dentro del sistema podemos encontrar sensores con parámetros de distintos rangos a los cuales están sujetos.
- La ECM es en esencia el alma del sistema de inyección electrónica, ya que es el encargado de recibir las señales de entradas y enviar señales de salida a los actuadores que modifican el rendimiento del motor, lleva en su interior una memoria programada de fábrica llamada PROM, el cual contiene información en la cual se basa su funcionamiento general dentro del sistema.
- Se establecieron los valores de las señales de voltaje que corresponden a cada circuito de conexión de cada uno de los sensores para así facilitar su medición dentro del banco de pruebas.



## 6.2. RECOMENDACIONES

- Los sensores y actuadores del banco de pruebas deben ser manipulados con cuidado, no todos se encuentran en pleno estado de funcionamiento ya que no se recrearon los entornos de trabajo necesarios para simular un estado real. Tales son el sensor MAP, sensor de oxígeno, la válvula EGR y el sensor KS.
- Los parámetros de medición se deben realizar con el útil de diagnóstico correcto, que es un multímetro automotriz ya que viene incorporado con una resistencia interna que protege a los componentes del sistema de inyección.
- Las pruebas de diagnóstico de la ECM se realizarán mediante un scanner automotriz genérico o preferiblemente propia de la marca para realizar las lecturas de códigos de fallos.
- Todas las conexiones a masa se establecieron en un punto común en el banco de pruebas, por lo que si puede ser posible realizar lecturas de voltaje usando las masas entre componentes del sistema de inyección.

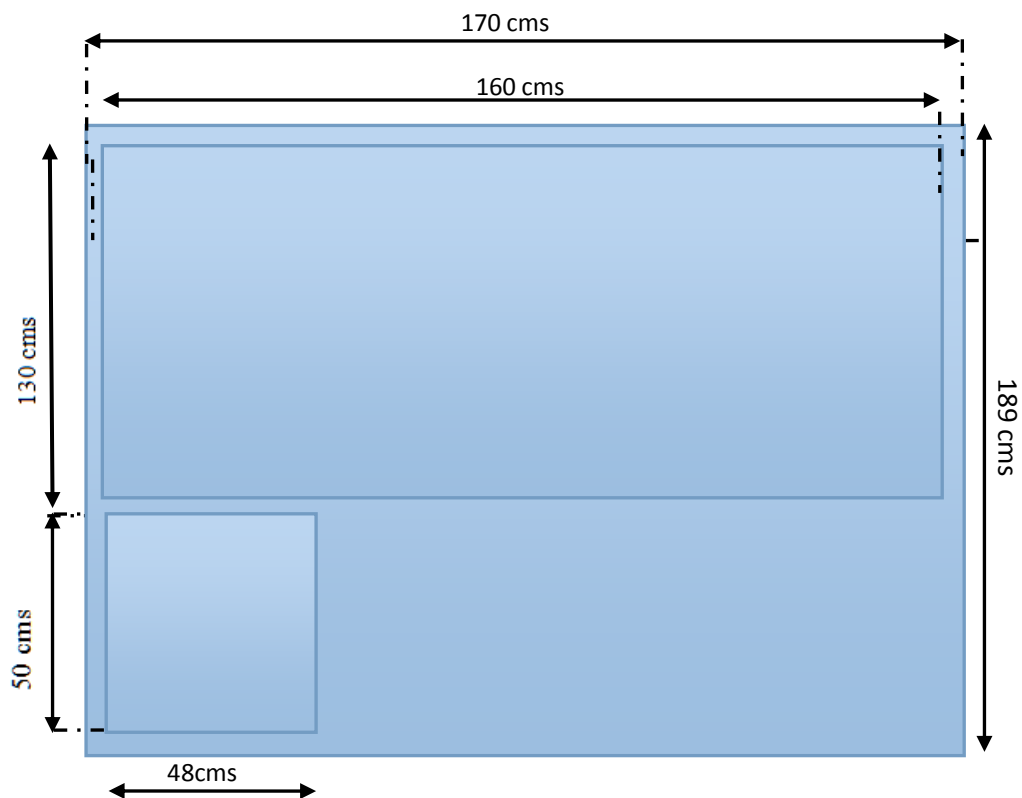
## BIBLIOGRAFÍA

- General Motor Shanghái, “Curso Técnico Chevrolet Sail”, 2011.
- Sánchez, Enrique, “Sistemas auxiliares del motor”, Macmillan Iberia, S.A., Madrid 2009.
- General Motors, “Manual de servicio Sail SGM”, America Latina 2014.
- Pérez, A. (Junio de 2007). Repositorio Escuela Técnica Superior De Ingeniería Industrial de Barcelona.
- Salinas Villamar Antonio, “Motores”. Madrid 2006.
- Grupo Volkswagen, “Acelerador electrónico”, Madrid 2012.
- Orovio, M, “Tecnología del automóvil”, Primera Edición, Paraninfo Ediciones, Madrid 2010.
- Ros, Barrera, “Sistemas eléctricos de seguridad y confortabilidad”, Primera de edición, Paraninfo Ediciones, Madrid 2011.
- Rangel, Ernesto, “Electrónica Básica”, Mexico DF 2012.
- Molina, Mengíbar, “Electricidad, electromagnetismo y electrónica aplicados al automóvil”, IC Editorial, 2013

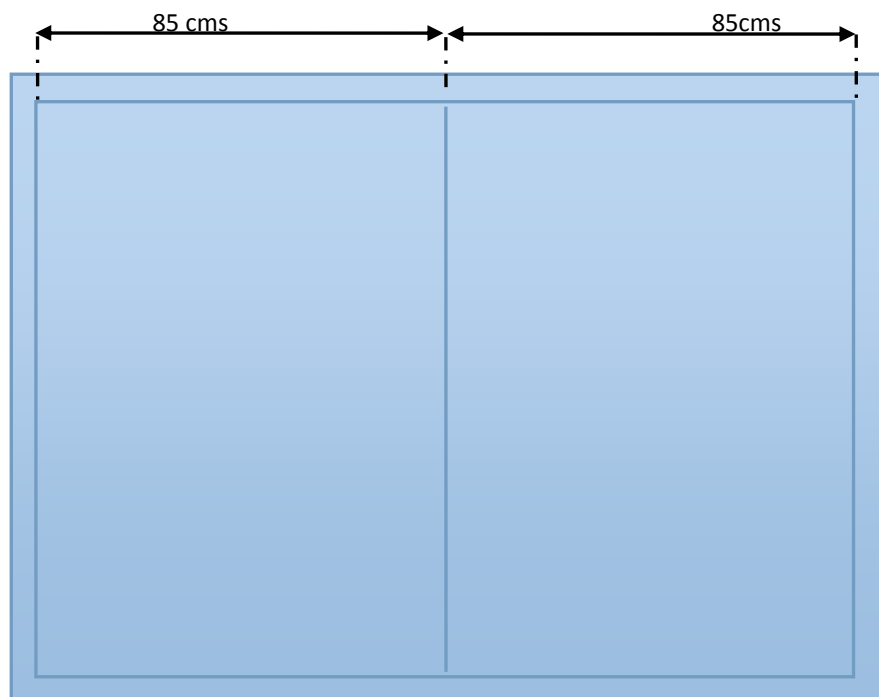
# **ANEXOS**

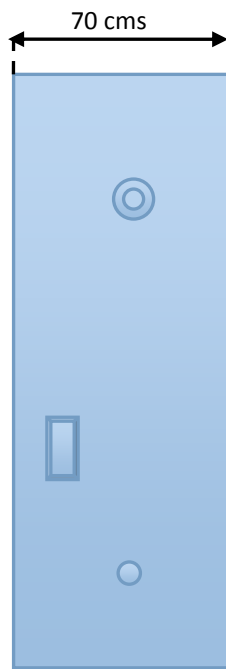
# PLANOS DEL BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DEL MOTOR S4A DEL CHEVROLET SAIL

VISTA FRONTAL

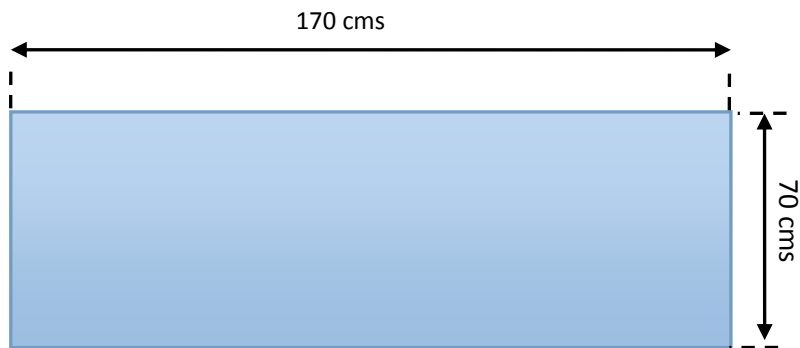


VISTA POSTERIOR





**VISTA SUPERIOR**



## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>ECM</b>	Modulo de control del motor.
<b>CMP</b>	Sensor de posición del árbol de levas
<b>ECT</b>	Sensor de temperatura del refrigerante del motor
<b>EGR</b>	Recirculación de gases de escape
<b>IAT</b>	Sensor de temperatura del aire de admisión
<b>TPS</b>	Sensor de posición del acelerador
<b>V o Volt</b>	Es la unidad derivada del Sistema Internacional para el potencial eléctrico.
<b>VSS</b>	Sensor de velocidad del vehículo
<b>DIS</b>	Sistema directo de encendido