UIDE

Powered by Arizona State University®

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz

Autor: Reyes Morán Kevin Xavier

Tutor: Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán, MsC.

Repotenciación del Banco de Pruebas de un Motor Chevrolet Sail

1.4

Guayaquil-Ecuador |2024

Certificado de Autoría

Yo, Reyes Moran Kevin Xavier, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

_____

Reyes Morán Kevin Xavier

C.I.: 0953219581

Aprobación del Tutor

Yo, Marco Vinicio Noroña Merchán certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

_____

Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán. MsC.

C.I: 1714872072

Director de Proyecto

Dedicatoria

Querido mamá y papá, este logro es tanto suyo como mío debido a su gran amor y apoyo total por todo lo que hago. Su dedicación y arduo trabajo han sido mi mayor inspiración.

Gracias por enseñarme que ningún sueño es demasiado grande.

A mis profesores, por enseñarme con sabiduría y paciencia, por inculcarme el amor por el aprendizaje y por desafiarme a ser mi mejor persona en todo momento.

Y, por último, para mí mismo, por no haber renunciado, por haber creído en mí y haber superado todo lo que se interpuso en tu camino. Este es el fruto de todo ese trabajo.

Kevin Reyes

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán y su apoyo en cada paso del camino. A mis padres, Mario Reyes y María Morán, por su amor incondicional y por ser mi mayor fuente de inspiración. A mis amigos y colegas, gracias por estar a mi lado en todo momento y por su continuo apoyo. A través de este estudio, estoy en deuda y agradecido con muchas personas que han trabajado incansablemente para que este trabajo sea factible.

Kevin Reyes

Índice General

Certificado de Autoría iii

Aprobación del Tutor iv

Dedicatoria v

Agradecimiento vi

Índice General vii

Índice de Figuras x

Índice de Tablas xiv

Resumen xv

Abstract. xvi

Capítulo I Antecedentes 1

1.1 Tema de Investigación 1

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema 1

1.2.1 Planteamiento del Problema 1

1.2.2 Formulación del Problema *2*

1.2.3 Sistematización del Problema *2*

1.3 Objetivos de la Investigación 2

1.3.1 Objetivo General *2*

1.3.2 Objetivos Específicos *2*

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación 3

1.4.1 Justificación Teórica *3*

1.4.2 Justificación Metodológica *3*

1.4.3 Justificación Práctica *3*

1.4.4 Delimitación Temporal *3*

1.4.5 Delimitación Geográfica *4*

1.4.6 Delimitación del Contenido *4*

Capítulo II Introducción 5

2.1 Banco de Pruebas de Motores de Combustión 5

2.2 Funcionamiento de un Motor de Combustión Interna Ciclo Otto 6

2.3 Sistema de Inyección Electrónica de un Vehículo 8

2.3.1 Sensores del Motor del Vehículo Sail *9*

2.3.2 Actuadores del Motor del Vehículo Sail *18*

Capítulo III Optimización del Banco de Pruebas 25

3.1 Estado Inicial del Banco de Pruebas 25

3.1.1 Dimensiones del Banco de Pruebas Original *25*

3.1.2 Condiciones de la Estructura del Banco de Pruebas Original *25*

3.1.3 Condiciones del Sistema Eléctrico del Banco de Pruebas Original *27*

3.1.4 Condiciones del Sistema Mecánico del Banco de Pruebas Original *30*

3.2 Repotenciación del Banco de Pruebas 33

3.2.1 Rediseño del Banco de Pruebas del Motor *33*

3.2.2 Fabricación de la Estructura del Banco de Pruebas *38*

3.2.3 Acople del Motor al Banco de Pruebas *41*

3.2.4 Fabricación del Tablero de Control *44*

3.2.5 Diseño del Circuito Eléctrico del Tablero de Control *45*

3.2.6 Banco de Pruebas Final *45*

Capítulo IV Funcionamiento y Simulación de Fallas en el Banco de Pruebas 47

4.1 Verificación de Señales de Actuadores en el Banco 47

4.1.1 Oscilograma de los Inyectores.....*47*

4.1.2 Oscilograma de las Bobinas.....*49*

4.1.3 Oscilograma Válvula EVAP.....*51*

4.1.4 Oscilograma Válvula VPM.....*52*

4.1.5 Oscilograma Válvula AVVMA.....*54*

4.1.6 Oscilograma Válvula EGR.....*55*

4.2 Verificación de Señales de Sensores en el Banco.....57

4.2.1 Oscilograma de CMP.....*57*

4.2.2 Oscilograma del Sensor APP 1 – APP 2.....*58*

4.2.3 Oscilograma del Sensor MAP.....*60*

4.2.4 Oscilograma de IAT.....*61*

4.2.5 Oscilograma del Sensor de Oxigeno 1.....*62*

4.2.6 Oscilograma del Sensor de Oxigeno O2-2.....*63*

4.2.7 Oscilograma del Sensor ECT.....*64*

4.2.8 Oscilograma del Sensor KS.....*65*

4.2.9 Oscilograma del Sensor CKP.....*66*

4.2.10 Oscilograma de Sensor TPS – 1 y TPS - 2.....*67*

4.3 Análisis de Funcionamiento Final de Sensores y Actuadores en el Banco Repotenciado 68

Conclusiones.....71

Recomendaciones.....73

Bibliografía.....75

Anexos.....83

Índice de Figuras

Figura 1 *Ejemplo de Banco de Pruebas*.....6

Figura 2 *Ciclos de Trabajo de un Motor de Combustión Interna*.....7

Figura 3 *Sistema de Inyección Electrónica Indirecta*.....8

Figura 4 *Sensor CKP Sail*.....9

Figura 5 *Circuito Electrónico del Sensor CKP en el Sail*.....10

Figura 6 *Sensor CMP Sail*.....10

Figura 7 *Circuito Electrónico CMP Sail*.....11

Figura 8 *Sensor ECT Sail*.....12

Figura 9 *Circuito Electrónico Sensor ECT Sail*.....12

Figura 10 *Sensor Temperatura de Aire - IAT Sail*.....13

Figura 11 *Circuito Electrónico Sensor IAT Sail*.....13

Figura 12 *Sensor de Presión Absoluta del Múltiple MAP Sail*.....14

Figura 15 *Circuito del Sensor MAP Sail*.....15

Figura 14 *Sensor de Posición del Acelerador – APP del Sail*.....15

Figura 15 *Circuito Sensor APP del Sail*.....16

Figura 16 *Sensor de Golpeteo KS Sail*.....16

Figura 17 *Circuito Electrónico del Sensor KS Sail*.....17

Figura 18 *Sensor de Oxigeno Sail*.....18

Figura 19 *Circuito Electrónico del Sensor de Oxigeno Sail*.....18

Figura 20 *Cuerpo de Aceleración Electrónico Sail*.....19

Figura 21 *Circuito del Cuerpo de Aceleración Electrónica Sail*.....19

Figura 22 *Válvula de Recirculación de Gases de Escape Sail*.....20

Figura 23 *Circuito de Válvula EGR Sail*.....21

Figura 24 *Bobina de Encendido Sail*.....21

Figura 25 *Circuito Electrónico de Bobinas del Sail* 22

Figura 26 *Partes Internas de un Inyector* 23

Figura 27 *Circuito Electrónico de los Inyectores del Sail* 23

Figura 28 *Banco de Pruebas a Original del Sail* 25

Figura 29 *Condiciones de la Estructura Banco a Reestructurar* 26

Figura 30 *Porta Base Banco de Pruebas Original* 26

Figura 31 *Ruedas Defectuosas Banco de Pruebas Original* 27

Figura 32 *Cableado Eléctrico con Fallas del Banco de Pruebas Original* 28

Figura 33 *Circuito Eléctrico del Tablero de Control con Fallas del Banco Original* 28

Figura 34 *Bujías con Desgaste Motor Sail* 31

Figura 35 *Inyectores Dañados Motor Sail* 31

Figura 36 *Manguera Radiador con Fuga Motor Sail* 32

Figura 37 *Empaque de Menor Diámetro del Escape Motor Sail* 32

Figura 38 *Dimensiones de Diseño del Banco de Pruebas a Repotenciar* 35

Figura 39 *Selección de Materiales del Banco a Repotenciar* 36

Figura 40 *Cálculo del Normal Stress S Max* 37

Figura 41 *Dimensiones Calculadas del Banco de Pruebas* 38

Figura 42 *Unión de Tubos Cuadrados para el Banco de Pruebas* 39

Figura 43 *Proceso de Soldadura del Banco de Pruebas* 39

Figura 44 *Proceso de Unión de Tubo Rectangular Banco de Pruebas* 40

Figura 45 *Estructura del Banco de Pruebas Construida Fondeada* 40

Figura 46 *Estructura del Banco de Pruebas Pintada* 41

Figura 47 *Motor del Sail Acoplado al Banco de Pruebas* 42

Figura 48 *Cableado Original a Instalar en el Banco de Pruebas* 43

Figura 49 *Acople de Otros Sistemas al Motor en el Banco de Pruebas* 43

Figura 50 *Fabricación del Tablero de Control* 44

Figura 51 *Tablero de Control Banco de Pruebas* 45

Figura 52 *Vista Frontal del Banco de Pruebas Repotenciado* 46

Figura 53 *Conexión del Inyector 1 en el Tablero de Control* 48

Figura 54 *Oscilograma Inyector 1* 49

Figura 55 *Conexión de la Bobina 1 en el Tablero de Control* 49

Figura 56 *Oscilograma de la Bobina 1* 50

Figura 57 *Conexión de la Válvula EVAP en el Tablero de Control* 51

Figura 58 *Oscilograma de la Válvula EVAP* 52

Figura 59 *Conexión de la Válvula VPM en el Tablero de Control* 53

Figura 60 *Oscilograma de la Válvula VPM* 54

Figura 61 *Conexión de la Válvula AVVMA en el Tablero de Control* 54

Figura 62 *Oscilograma de la Válvula AVVMA* 55

Figura 63 *Conexión de la Válvula EGR en el Tablero de Control* 56

Figura 64 *Oscilograma de la Válvula EGR* 57

Figura 65 *Conexión del Sensor CMP el Tablero de Control* 57

Figura 66 *Oscilograma del Sensor CMP* 58

Figura 67 *Conexión del Sensor APP1 y APP2 el Tablero de Control* 59

Figura 68 *Oscilograma del Sensor APP1 y APP2* 59

Figura 69 *Conexión del Sensor MAP al Tablero de Control* 60

Figura 70 *Oscilograma del Sensor MAP* 60

Figura 71 *Conexión del Sensor IAT al Tablero de Control* 61

Figura 72 *Oscilograma del Sensor IAT* 62

Figura 73 *Conexión del Sensor de Oxígeno O2-1 al Tablero de Control* 62

Figura 74 *Oscilograma del Sensor de Oxigeno* 63

Figura 75 *Conexión del Sensor de Oxígeno O2-2 al Tablero de Control* 63

Figura 76 *Oscilograma del Sensor de Oxigeno O2-2* 64

Figura 77 *Conexión del Sensor ECT al Tablero de Control* 64

Figura 78 *Oscilograma del Sensor ECT* 65

Figura 79 *Conexión del Sensor KS al Tablero de Control* 65

Figura 80 *Oscilograma del Sensor KS* 66

Figura 81 *Conexión del Sensor CKP al Tablero de Control* 66

Figura 82 *Oscilograma del Sensor CKP* 67

Figura 83 *Conexión del Sensor TPS 1 y TPS 2 al Tablero de Control* 67

Figura 84 *Oscilograma de los Sensores TPS1 y TPS2* 68

Índice de Tablas

Tabla 1 *Conexiones en el Tablero de Control con Fallas en el Banco Original*.....29

Tabla 2 *Ubicación de Bornes en el Cuadro de Control*.....44

Tabla 3 *Valores Máximos y Mínimos de Voltaje de Inyectores*.....48

Tabla 4 *Tabla de Valores de Voltaje de las Bobinas de Encendido*.....50

Tabla 5 *Valores de Voltaje de Válvula EVAP*.....51

Tabla 6 *Valores de Voltaje de la Válvula EVAP*.....53

Tabla 7 *Valores de Voltaje Válvula AVVMA*.....55

Tabla 8 *Valores de Voltaje EGR*.....56

Tabla 9 *Análisis Final de Funcionamiento en Base a Voltajes*.....69

Resumen

El banco de pruebas del motor Chevrolet Sail 1.4 presentaba deficiencias estructurales y operativas, comprometiendo su funcionalidad y fiabilidad. El propósito de este estudio fue mejorar la estructura y optimizar su rendimiento, asegurando la precisión en la simulación de fallas y el diagnóstico de componentes del motor. La metodología incluyó el rediseño del banco utilizando acero ASTM A36, A242 y A283, con simulaciones estructurales para garantizar su estabilidad bajo una carga de 2686,37 N. La repotenciación abordó problemas de diseño, eléctricos y mecánicos, incluyendo la sustitución de bujías, inyectores, y la instalación de un tablero de control para la simulación de fallas. En la fase de verificación, se utilizaron osciloscopios para evaluar el funcionamiento de sensores y actuadores clave. Los resultados mostraron que todos los componentes evaluados operaban dentro de los rangos de voltaje esperados: los inyectores con voltajes mínimos entre 1.09V y 1.29V y picos de inducción entre 60V y 68V, las bobinas con voltajes mínimos entre 0.970V y 1.26V y picos de chispa de 40V, y las válvulas EVAP, VPM, AVVMA y EGR con voltajes mínimos de -0.058V y picos de 55V. Los sensores de posición del cigüeñal, acelerador, presión, temperatura y oxígeno también funcionaron correctamente. En conclusión, la repotenciación mejoró significativamente la funcionalidad y seguridad del banco de pruebas, garantizando mediciones precisas y un entorno controlado para la simulación de fallas del motor.

Palabras Clave: Banco de pruebas, Motor Chevrolet Sail, Voltaje de operación, Simulación de fallas, Rediseño estructura

Abstract

The test bench for the Chevrolet Sail 1.4 engine initially exhibited significant structural and operational deficiencies, compromising its functionality and reliability. The purpose of this study was to improve the test bench design and optimize its performance to ensure precision in fault simulation and component diagnostics. The methodology involved redesigning the bench using ASTM A36, A242, and A283 steel, with structural simulations to ensure stability under a load of 2686.37 N. The overhaul addressed design, electrical, and mechanical issues, including the replacement of spark plugs, injectors, and the installation of a control panel for system fault simulation. During the verification phase, oscilloscopes were employed to assess the performance of key sensors and actuators. The results indicated that all evaluated components operated within expected voltage ranges: injectors showed minimum voltages between 1.09V and 1.29V, with induction peaks ranging from 60V to 68V, coils exhibited minimum voltages between 0.970V and 1.26V with spark peaks of 40V, and the EVAP, VPM, AVVMA, and EGR valves recorded minimum voltages of -0.058V and peaks of 55V. Sensors for crankshaft position, throttle, pressure, temperature, and oxygen also performed within the expected ranges. In conclusion, the redesign and upgrading significantly enhanced the functionality and safety of the test bench, ensuring accurate measurements and a controlled environment for fault simulation in the engine.

Keywords: Test bench, Chevrolet Sail engine, Operating voltage, Fault simulation, Structural redesign.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Repotenciación del banco de pruebas de un motor Chevrolet Sail 1.4

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1 Planteamiento del Problema

Las tecnologías siguen avanzando, elevando continuamente el rendimiento de componentes mecánicos, electrónicos y eléctricos, y la ciencia de la mecánica automotriz no es una excepción a esta tendencia. Analizar el comportamiento de los motores se ha convertido en un aspecto crucial para lograr un mejor rendimiento en los vehículos. Optimizar la chispa que activa los mecanismos internos y entender cómo responden a los estímulos generados por los investigadores es vital para maximizar el rendimiento disponible para los usuarios. Para alcanzar este objetivo, es esencial contar con un banco de pruebas que pueda evaluar y medir detalladamente todos los parámetros relacionados con el rendimiento del motor (Ballesteros et al., 2022).

En el mercado automotor del Ecuador debido a la demanda de vehículos marca Chevrolet en este caso Sail 1.4L se ha visto la oportunidad de tener este motor LCU en un banco de prueba, la Universidad Internacional del Ecuador tiene varios bancos de pruebas o simuladores de motor que sirven no solo para practicas sino para simulación de fallas, los cuales necesitan una reestructuración y readecuación de estructura, esto debido a que con el paso del tiempo algunas de sus piezas han cumplido con su vida útil, por lo tanto se necesita darle mantenimiento. Con esta readecuación se puede realizar prácticas más cómodas para los estudiantes.

1.2.2 Formulación del Problema

¿La reestructuración y repotenciación de un banco de pruebas ayudará a la Universidad Internacional del Ecuador a tener una práctica de manera adecuada y familiarizándose más a estar cerca de un motor con los alumnos?

1.2.3 Sistematización del Problema

- Cuál es el estado actual en el que se encuentra el banco de pruebas del motor Chevrolet Sail 1.4 litros?
- ¿Qué tipo de estructura será el adecuado para el banco de pruebas del motor Chevrolet Sail 1.4 litros?
- ¿Qué pruebas se deben realizar para comprobar el funcionamiento del banco de pruebas y simulación de fallas del motor Chevrolet Sail 1.4 litros?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Repotenciar el banco de pruebas de un motor Chevrolet Sail 1.4 del taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE – Guayaquil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Comprobar el estado en que se encuentra el banco de pruebas del motor Chevrolet Sail 1.4.
- Desarrollar una nueva estructura para el banco de pruebas del motor Chevrolet Sail 1.4.
- Verificar el funcionamiento del banco de pruebas y simulación de fallas del motor Chevrolet Sail 1.4.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

1.4.1 Justificación Teórica

Esta investigación se fundamenta en la recopilación de información a partir de fuentes bibliográficas especializadas relacionadas con el tema propuesto, con el fin de abordar las necesidades presentes en la Escuela de Ingeniería Automotriz. Este enfoque contribuye a una preparación teórica y técnica más robusta para los involucrados en el campo. El estudio utilizará literatura teórica, revistas especializadas, artículos científicos, proyectos de titulación y tesis, lo cual representa una valiosa contribución para la optimización de motores y la comprensión de procesos, normativas y propiedades de materiales relevantes para el desarrollo de dicho proyecto.

1.4.2 Justificación Metodológica

La justificación metodológica se centra en la aplicación de métodos y técnicas específicos para alcanzar los objetivos establecidos. En este caso, se emplean investigaciones descriptivas, exploratoria, de campo y aplicada. Este enfoque permite diagnosticar el estado actual del banco de pruebas del motor, diseñar una nueva estructura y llevar a cabo pruebas de funcionamiento.

1.4.3 Justificación Práctica

Los resultados de la investigación se emplean para definir el proceso de repotenciación que se lleva a cabo en el banco de pruebas del motor Chevrolet Sail 1.4L. Esto permite establecer las bases para el diseño del nuevo banco de pruebas de motores, optimizando así la accesibilidad para actividades específicas de formación y mantenimiento en dicho banco.

1.4.4 Delimitación Temporal

Este proyecto se desarrolla desde mayo del 2024 hasta septiembre 2024, tiempo que se procede con repotenciación del banco de pruebas del motor Chevrolet Sail 1.4.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El trabajo se desarrollará en la ciudad de Guayaquil y se lo implementará en la Universidad Internacional del Ecuador.

1.4.6 Delimitación del Contenido

En la primera fase se encuentra la información referente al marco conceptual del banco de prueba de un motor de combustión con inyección electrónica a gasolina. En la segunda fase se puede resumir los procesos de diseño del banco de pruebas y todos los estados de construcción de este. En la tercera fase se tiene la metodología apropiada para llevar a cabo el proceso de construcción en base a las condiciones de funcionamiento del banco de pruebas. Y en la cuarta fase se realiza las diferentes pruebas de funcionamiento de cada componente del sistema de inyección electrónica.

Capítulo II

Introducción

2.1 Banco de Pruebas de Motores de Combustión

Los bancos de prueba son herramientas que se emplean para analizar el rendimiento, la eficiencia y otros factores esenciales de los motores antes de su instalación en vehículos o equipos. Estos sistemas permiten a los fabricantes y diseñadores realizar pruebas en ambientes controlados y simulados, ofreciendo importantes beneficios. Por lo tanto, son fundamentales en la fabricación y mantenimiento de componentes críticos en sectores como el automotriz, el aeroespacial, el energético, la maquinaria y los equipos eléctricos (Tecnobus, 2021).

A continuación, se muestra algunas de las ventajas de utilizar bancos de pruebas como se muestra en la figura 1:

- Evaluación precisa del rendimiento: Permiten medir y analizar el rendimiento de motores y otros componentes en condiciones controladas, lo que ayuda a identificar y corregir problemas antes de su uso real.
- Mejora de la eficiencia: Al simular diversas condiciones de operación, los bancos de pruebas ayudan a optimizar la eficiencia de los motores y sistemas, lo que puede traducirse en ahorro de combustible y reducción de emisiones.
- Detección temprana de fallos: Facilitan la identificación de defectos o fallas en los componentes, permitiendo su corrección antes de que se produzcan fallos en situaciones reales, lo que aumenta la confiabilidad.
- Desarrollo e innovación: Los diseñadores y fabricantes pueden probar nuevas tecnologías y soluciones en un entorno seguro, acelerando el proceso de desarrollo y mejorando la calidad del producto final.
- Reducción de costos: Al identificar y solucionar problemas en la fase de pruebas, se evitan costosos errores en la producción y mantenimiento, lo que reduce los costos

generales del proyecto.

- Formación técnica: Los bancos de pruebas son valiosos para la capacitación de técnicos e ingenieros, brindándoles experiencia práctica en la operación y diagnóstico de sistemas complejos (Ballesteros et al., 2022).

Figura 1

Ejemplo de Banco de Pruebas

Fuente: (Ocaña & López, 2018).

La repotenciación es un término en ingeniería mecánica que se refiere a la actualización o mejora de un sistema o equipo ya existente. Hoy en día, se aplican herramientas tecnológicas y métodos avanzados para realizar estas mejoras. Este proceso involucra la modificación y ajuste del diseño original mediante la sustitución o alteración de componentes, con el fin de aumentar la eficiencia y competitividad en el sector industrial (Ocaña & López, 2018).

2.2 Funcionamiento de un Motor de Combustión Interna Ciclo Otto

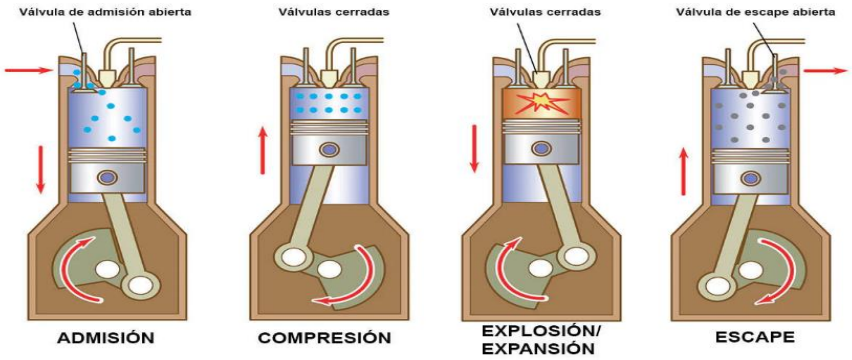
El diagrama del ciclo Otto que se muestra en la figura 2, se basa en cuatro etapas fundamentales que corresponden a los procesos necesarios para generar potencia. Estas etapas

son:

- Admisión: En esta primera fase, el pistón se desplaza hacia abajo dentro del cilindro, lo que permite la entrada de una mezcla de combustible y aire. Durante este proceso, la válvula de admisión está abierta mientras que la válvula de escape permanece cerrada. Es importante destacar que el combustible entra al cilindro en estado gaseoso, lo que mejora significativamente sus propiedades de combustión (Bosch, 2008).
- Compresión: Cuando el pistón alcanza el punto más bajo de su recorrido, ambas válvulas se cierran y el pistón comienza a moverse hacia arriba en el cilindro. La potencia generada por el motor aumenta con una mayor relación de compresión.

Figura 2

Ciclos de Trabajo de un Motor de Combustión Interna



Fuente: (Llanes, 2018).

- Explosión: Al llegar a la parte superior del cilindro, se alcanza la máxima presión. En esta etapa, ambas válvulas permanecen cerradas, y es la única fase en la que se genera trabajo. En los motores de Ciclo Otto, la bujía produce la chispa que enciende la mezcla; en cambio, en los motores diésel, la mezcla se inflama debido a la alta presión y temperatura alcanzada durante la compresión. Tras la combustión, el pistón desciende rápidamente.
- Escape: En la última etapa del ciclo Otto, el pistón se mueve nuevamente hacia arriba

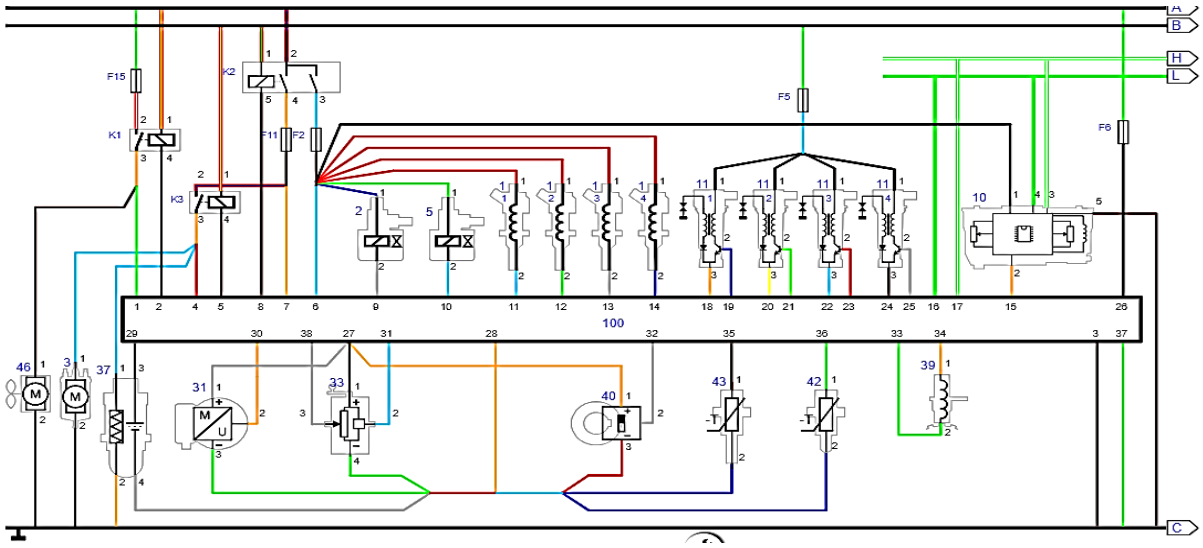
mientras la válvula de escape se abre para expulsar los gases de combustión. Una vez el pistón alcanza la parte superior del cilindro, la válvula de escape se cierra, reiniciando el ciclo con una nueva fase de admisión (Llanes, 2018).

2.3 Sistema de Inyección Electrónica de un Vehículo

El avance en la industria automotriz ha logrado que los motores consuman menos combustible y generen más potencia, aunque la contaminación ambiental sigue siendo alta debido al gran número de vehículos en ciudades con pocas áreas verdes y tráfico intenso, lo que provoca la acumulación de gases en las zonas urbanas (Noroña & Gómez, 2019). Una ventaja clave de los automóviles con sistemas de inyección electrónica es que estos regulan la cantidad exacta de combustible que el motor requiere, lo que ofrece varios beneficios: a) Reducción de emisiones contaminantes; b) Mayor eficiencia en el consumo de combustible; c) Mejora del rendimiento del motor en términos de kilómetros por galón; d) Arranques más rápidos y seguros; e) Optimización del uso del combustible disponible. Todo sistema de inyección electrónica está formado por sensores, computadora y actuadores. En la siguiente figura 3 se puede ver el sistema eléctrico / electrónico de un vehículo en forma general.

Figura 3

Sistema de Inyección Electrónica Indirecta



Fuente: (Fiallos, 2020)

2.3.1 Sensores del Motor del Vehículo Sail

2.3.1.1 Sensor de Posición del Cigüeñal – CKP: Es un sensor basado en el principio de inducción, diseñado para detectar superficies metálicas que se aproximan a su extremo o área de captación.

En este caso, el sensor capta los giros o revoluciones de una rueda dentada de 60 dientes menos dos, es decir 58 dientes activos.

Figura 4

Sensor CKP Sail

.

Fuente: (Bosch, 2013)

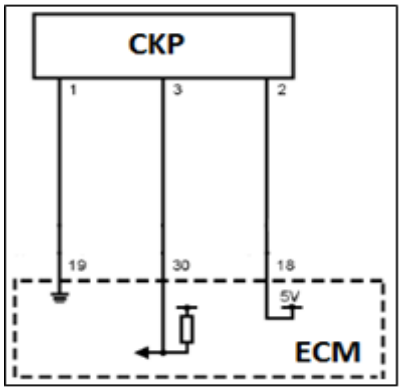
Como se muestra en la figura 4, estos sensores se utilizan para medir las revoluciones del motor y determinar la posición del cigüeñal. Se trata de un dispositivo con tecnología de efecto Hall, donde una rueda dentada ferromagnética, que posee una marca de referencia, envía información a la unidad de control, la cual a su vez comunica los datos al sistema de encendido.

Este ciclo se repite de manera continua y precisa, gracias a un sincronismo mecánico que está regulado por una combinación de componentes electrónicos y mecánicos (Sánchez, 2009).

En la figura 5 se muestra el diagrama de conexión del sensor CKP, destacando los pines de conexión entre el sensor y la ECM. El circuito cuenta con tres cables: uno para la referencia de 5V, otro para la tierra y un tercero para la señal del sensor.

Figura 5

Circuito Electrónico del Sensor CKP en el Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.1.2 Sensor de Posición del Árbol de Levas - CMP: El Camshaft Position Sensor, traducido como sensor de posición del árbol de levas visto en la figura 6, es un componente automotriz de alta precisión . Su función es identificar la ubicación del pistón en el cilindro, y trabaja de manera complementaria al Sensor CKP o sensor de posición del cigüeñal. Juntos, estos sensores sincronizan los tiempos de encendido y la inyección de combustible, asegurando el funcionamiento óptimo del motor (Emprento, 2020)

Figura 6

Sensor CMP Sail

Fuente: (Bosch, 2013)

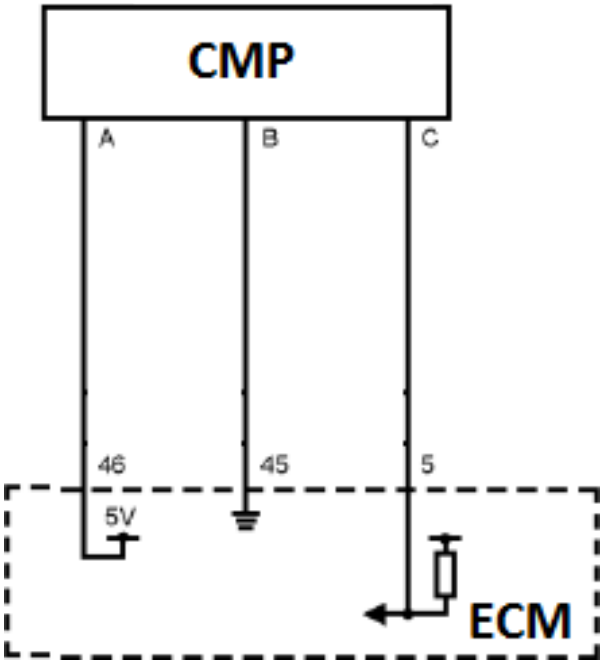
En uno de los extremos del árbol de levas se encuentra un engranaje, y el sensor, situado cerca de este, lee cada ranura o diente del engranaje. La señal generada por el sensor, en forma de voltaje, trabaja en conjunto con la señal del sensor del cigüeñal. Esta

combinación de señales permite que la computadora del motor determine con precisión el momento exacto para el encendido de cada bujía y ajuste el caudal de inyección para cada cilindro durante el arranque. Esta sincronización establece una secuencia que inicia el ciclo de combustión del motor.

El circuito de conexión del sensor CMP, mostrado en la figura 7, presenta los pines de conexión entre el sensor y la ECM. Este circuito consta de tres cables: uno para la referencia de 5V, otro para tierra y el tercero para la señal del sensor.

Figura 7

Circuito Electrónico CMP Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.1.3 Sensor de Temperatura del Refrigerante - ECT: El sensor ECT de la figura 8, tiene como función principal medir la temperatura del refrigerante del motor y enviar esta información a la computadora.

Con estos datos, la computadora ajusta y regula el sistema de inyección, además de modificar la mezcla de aire/combustible para optimizar el rendimiento del motor (De Castro, 2008).

Figura 8

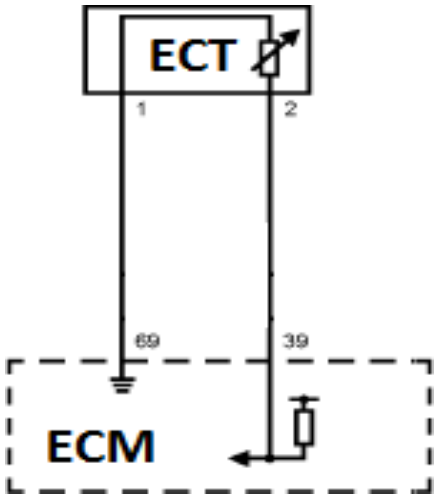
Sensor ECT Sail

Fuente: (De Castro, 2008)

El circuito de conexión del sensor ECT se muestra en la figura 9, donde se pueden ver los dos pines de conexión entre el sensor y la ECM. Este sensor recibe una alimentación de 5V, y mediante una resistencia interna, genera la señal del sensor actuando como un divisor de voltaje con relación a tierra.

Figura 9

Circuito Electrónico Sensor ECT Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.1.4 Sensor de Temperatura de Aire - IAT: El Sensor IAT de la figura 10, está ubicado en el conjunto posterior del filtro de aire, enroscado para asegurar su posición. Su función es retrasar la liberación de la válvula de recirculación de gases de escape, lo que ayuda a reducir el tiempo de calentamiento del motor (Padilla, 2012).

Figura 10

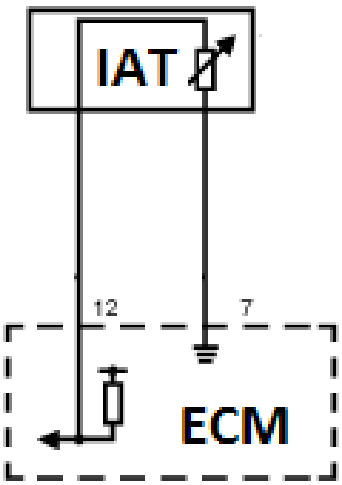
Sensor Temperatura de Aire - IAT Sail

Fuente: (De Castro, 2008)

El diagrama del circuito del sensor IAT se muestra en la figura 11, donde se aprecian los dos pines que conectan el sensor con la ECM. El sensor opera con una alimentación de 5V y, utilizando una resistencia interna, produce una señal que funciona como un divisor de voltaje en relación con la tierra.

Figura 11

Circuito Electrónico Sensor IAT Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.1.5 Sensor de Presión Absoluta del Múltiple - MAP: El sensor de presión absoluta del múltiple de aire (MAP) de la figura se ubica en el tubo de aspiración, específicamente en el cuerpo de admisión. Su función es permitir que la unidad de control del motor realice los ajustes necesarios en la mezcla de combustible y en el sistema de encendido, optimizando así el rendimiento del motor. El Sensor MAP (Sensor de Presión Absoluta del

Múltiple) se encarga de comparar la presión atmosférica con la del múltiple de admisión del motor.

A partir de esta comparación, genera una señal de voltaje que es enviada a la computadora del vehículo.

Figura 12

Sensor de Presión Absoluta del Múltiple MAP Sail

Fuente: (Bosch, 2013)

Esta, a su vez, analiza otros parámetros internos y determina si es necesario ajustar la cantidad de combustible inyectado.

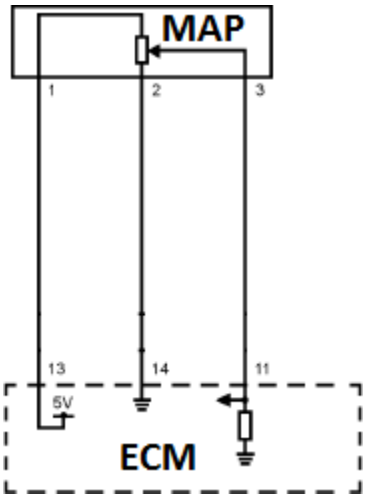
En condiciones de marcha mínima o baja presión de aire, la centralita reduce la inyección de combustible, mientras que, en situaciones de mayor demanda, incrementa la inyección para optimizar el rendimiento del motor.

Este proceso es crucial para asegurar un funcionamiento eficiente y efectivo del motor (Sanchez, 2009).

El circuito de conexión del sensor MAP, como se muestra en la figura 15, incluye 3 pines que conectan el sensor con la ECM. Estos pines están destinados para la alimentación de 5V, la señal del sensor y la conexión a tierra.

Figura 13

Circuito del Sensor MAP Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.1.6 Sensor de Posición del Acelerador - APP: El sensor del pedal del acelerador de la figura 14 envía una señal de referencia al módulo de aceleración para controlar el movimiento del motor de dicho módulo. Su principio de funcionamiento se basa en una resistencia variable que cambia según la presión ejercida sobre el pedal (De Castro, 2008)

Figura 14

Sensor de Posición del Acelerador – APP del Sail

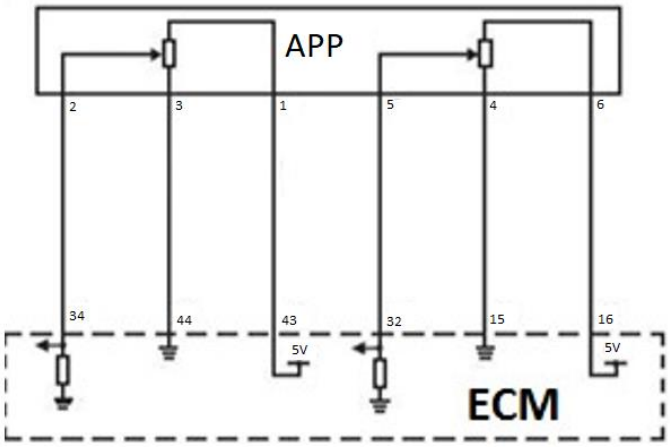
Fuente: (De Castro, 2008)

El circuito de conexión del sensor APP se muestra en la figura 15, donde se pueden

observar los 6 pines que conectan el sensor a la ECM. Este sensor está compuesto internamente por dos potenciómetros que funcionan de manera inversamente proporcional, es decir, cuando uno incrementa su señal de voltaje, el otro la reduce. Cada potenciómetro recibe una alimentación de 5V, tierra y emite una señal de salida.

Figura 15

Circuito Sensor APP del Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.1.7 Sensor de Golpe – KS: El funcionamiento adecuado del sensor de detonación de la figura 16, es crucial para maximizar la potencia del motor y optimizar la presión en la cámara de combustión, lo que contribuye a un mejor ahorro de combustible.

Figura 16

Sensor de Golpeteo KS Sail

Este sensor asegura que la chispa se produzca justo antes del punto muerto superior (PMS) del pistón, que es la posición en la que el volumen de la cámara de combustión es

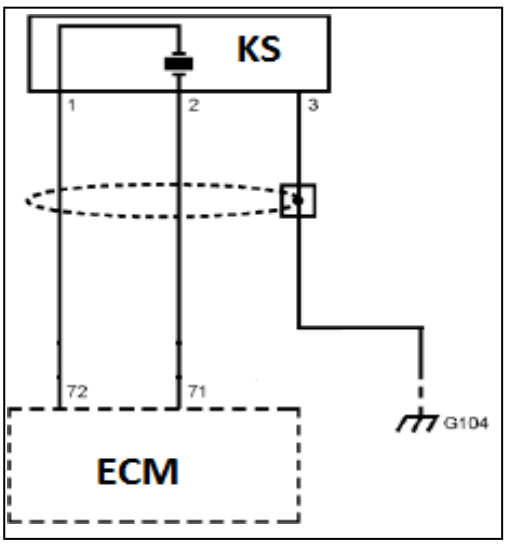
mínimo. Este ajuste preciso mejora la eficiencia de la mezcla de aire y combustible, resultando en un rendimiento más eficaz del motor (Emprento, 2020)

El circuito de conexión del sensor de detonación (KS) se muestra en la figura 17, donde se observan los tres pines de conexión entre el sensor y la unidad de control del motor (ECM). Este sensor incluye un calentador que recibe una alimentación de 12V.

Además, el sensor se alimenta con 5V, y sus conexiones incluyen la señal del sensor y la tierra.

Figura 17

Circuito Electrónico del Sensor KS Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.1.8 Sensor de Oxígeno - O2*:* El sensor de oxígeno de la figura 18 tiene el propósito de verificar si la mezcla de combustible y aire es la adecuada o si hay un exceso de oxígeno en la mezcla. Ubicado en la salida del escape, mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape.

La reacción química que ocurre dentro del sensor se convierte en una señal de voltaje, la cual es supervisada por la ECM. Si detecta un exceso de oxígeno, la ECM ajusta el tiempo de inyección para corregir la mezcla, buscando alcanzar la relación estequiométrica óptima de 14.7 partes de aire por cada parte de combustible (Sensormotriz.com, 2019).

Figura 18

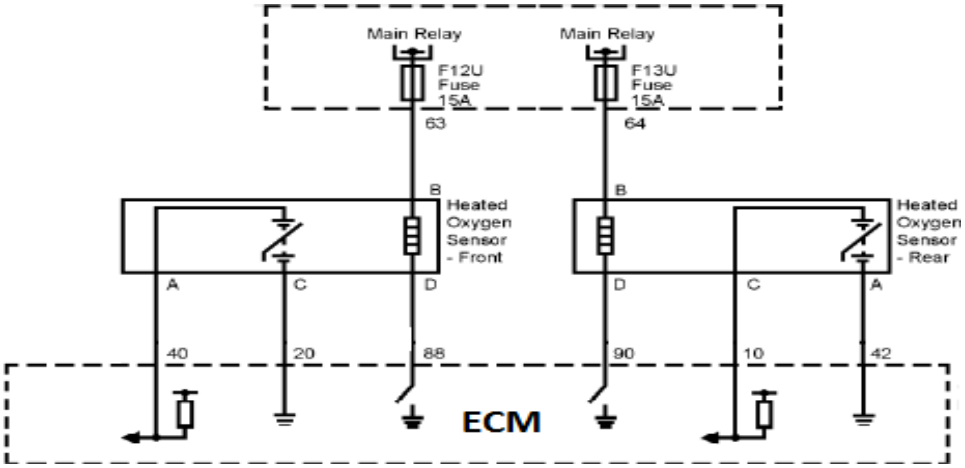
Sensor de Oxigeno Sail

Fuente: (De Castro, 2008)

El circuito de conexión del sensor de oxígeno se ilustra en la figura 19. En este diagrama, se observa que el sensor cuenta con un calentador alimentado por 12V. Además, el sensor tiene tres pines de conexión hacia la ECM, los cuales corresponden a la alimentación de 5V, la señal del sensor y la tierra.

Figura 19

Circuito Electrónico del Sensor de Oxigeno Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.2 Actuadores del Motor del Vehículo Sail

2.3.2.1 Control Electrónico de la Mariposa (ETC): Por sus siglas en inglés Electronic Throttle Control como se ve en la figura 20, regula electrónicamente la apertura del acelerador en un vehículo, controlando la cantidad de aire que entra en el motor para ajustar la potencia y la velocidad. Este sistema mejora la precisión en la respuesta del pedal

del acelerador, optimiza el rendimiento del motor, reduce las emisiones y se integra con otros sistemas electrónicos del vehículo, como el control de tracción y el control de estabilidad, facilitando una conducción más eficiente y segura (Spectrapremium, 2020).

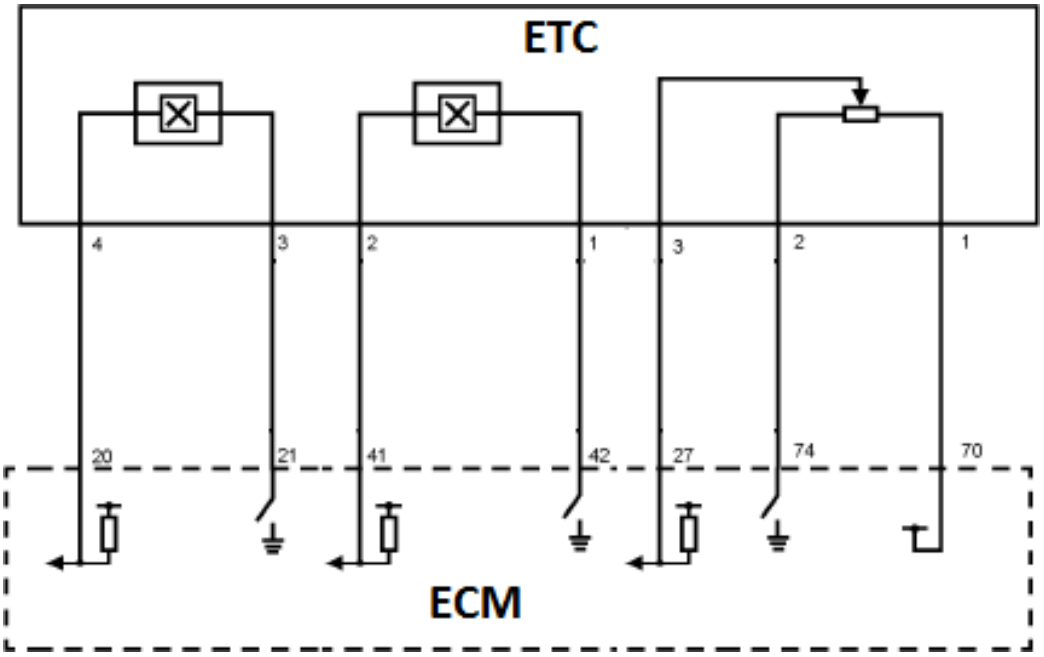
Figura 20

Cuerpo de Aceleración Electrónico Sail

Fuente: (Autosensores, 2019)

Figura 21

Circuito del Cuerpo de Aceleración Electrónica Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

El circuito de conexión del sensor ETC (Electronic Throttle Control) se detalla en la

figura 21. En esta figura se pueden observar las conexiones para los motores responsables del movimiento de la válvula de mariposa, así como la alimentación de los potenciómetros que determinan la posición de la mariposa. Las señales provenientes de estos potenciómetros son inversamente proporcionales entre sí (Autosensores, 2019).

2.3.2.2 Válvula de Recirculación de Gases de Escape EGR: La válvula EGR de la figura 22, se encarga de reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) en los motores de combustión interna al recircular una porción de los gases de escape de vuelta a la admisión.

Esto disminuye la temperatura de combustión, reduciendo así la formación de NOx y mejorando la eficiencia del motor. Controlada electrónicamente o por vacío, la válvula EGR ayuda a cumplir con las normativas ambientales y optimiza el rendimiento del motor.

Sin embargo, puede acumular depósitos de carbono con el tiempo, lo que puede afectar su funcionamiento (Petrolheadgarage, 2018).

Figura 22

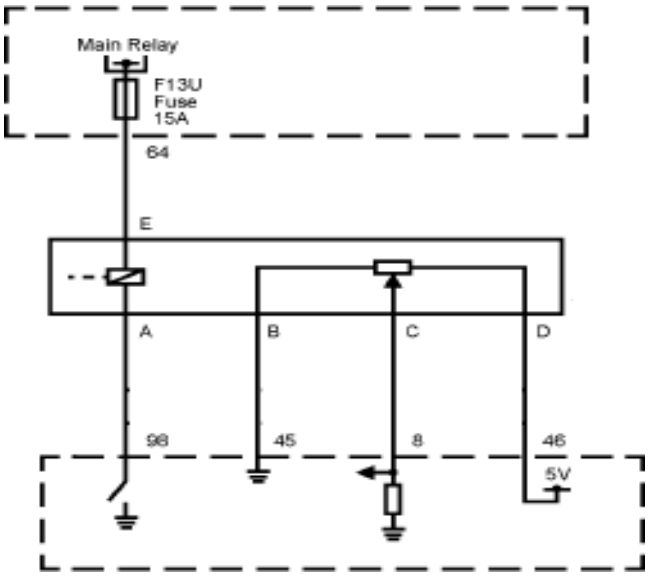
Válvula de Recirculación de Gases de Escape Sail

Fuente: (Spectrapremium, 2020)

El circuito de conexión del EGR se encuentra en la figura 23, donde se puede observar la conexión del motor para el movimiento de la válvula de mariposa, la alimentación del potenciómetro de posición de la mariposa y su señal.

Figura 23

Circuito de Válvula EGR Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.2.3 Bobinas de Encendido: Una bobina de encendido como se muestra en la figura 24, proporciona energía eléctrica a las bujías, alcanzando un voltaje elevado de aproximadamente 40,000 voltios en corriente continua. Esta alta tensión es necesaria para generar una chispa en la bujía, la cual, al entrar en contacto con la mezcla de combustible, provoca la explosión en la cámara de combustión (De Castro, 2008).

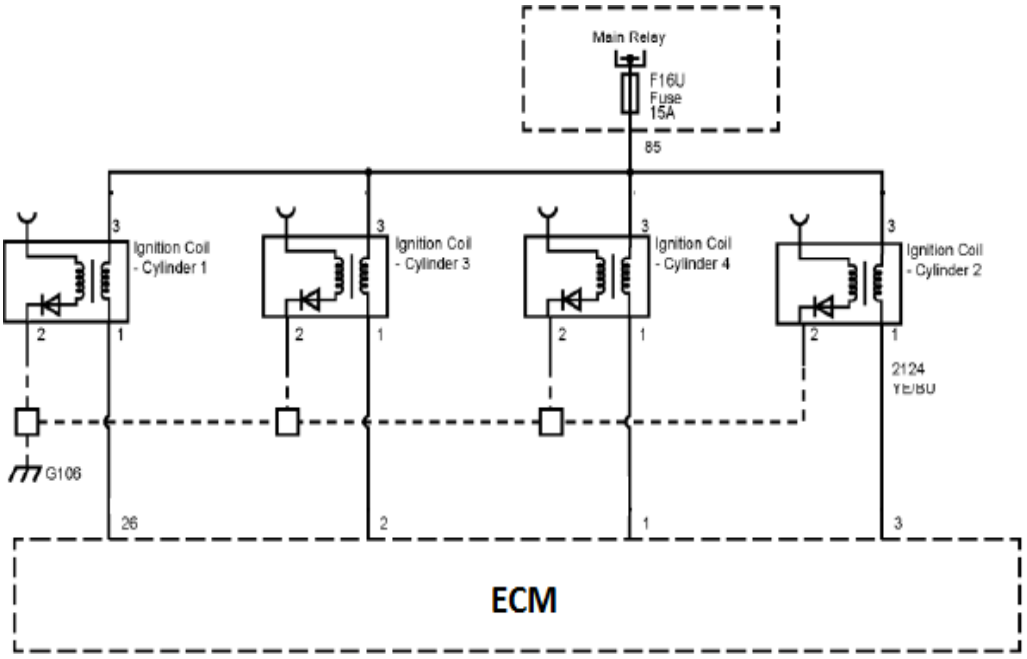
Figura 24

Bobina de Encendido Sail

El circuito de conexión de las bobinas se muestra en la figura 25, donde se puede observar cómo la bobina primaria está conectada a una alimentación de 12V y a una referencia controlada directamente por la ECM. Esta configuración permite que la ECM regule el funcionamiento de la bobina, asegurando un encendido eficiente en el motor.

Figura 25

Circuito Electrónico de Bobinas del Sail

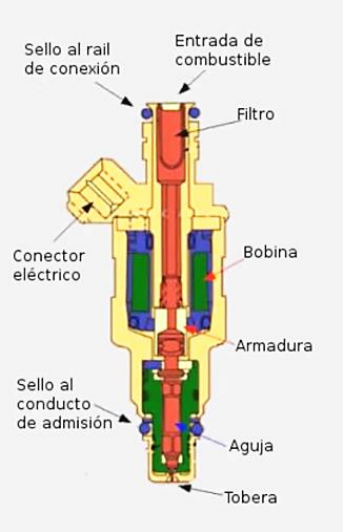


Fuente: (General Motors, 2014)

2.3.2.4 Inyectores: Un inyector de combustible como se ve en la figura 26, es un componente del sistema de inyección de un motor que pulveriza el combustible en la cámara de combustión o en el colector de admisión. Su función principal es asegurar que la cantidad correcta de combustible se mezcle con el aire para lograr una combustión eficiente y optimizar el rendimiento del motor, reduciendo las emisiones y mejorando la economía de combustible. Los inyectores están controlados electrónicamente y funcionan de manera precisa para ajustar la cantidad y el momento de la inyección según las necesidades del motor (Petrolheadgarage, 2018).

Figura 26

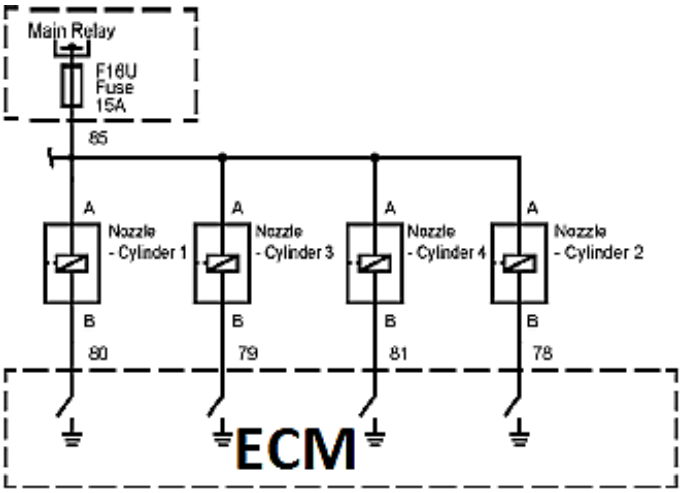
Partes Internas de un Inyector



Fuente: (Bosch, 2013)

Figura 27

Circuito Electrónico de los Inyectores del Sail



Fuente: (General Motors, 2014)

El circuito de conexión del inyector se detalla en la figura 27, donde se muestra cómo los inyectores de combustible están conectados. Estos inyectores reciben señales de control directamente desde la Unidad de Control del Motor (ECM), que regula su funcionamiento. La referencia proporcionada por la ECM asegura que los inyectores operen de manera

sincronizada y precisa, dosificando el combustible de acuerdo con las condiciones de operación del motor para optimizar su rendimiento y eficiencia.

Capítulo III

Optimización del Banco de Pruebas

3.1 Estado Inicial del Banco de Pruebas

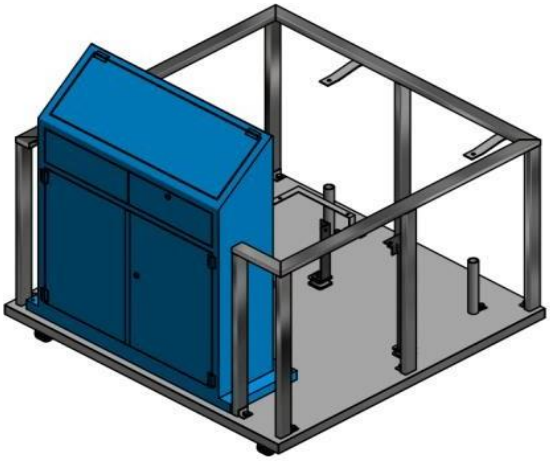
El estado inicial de cómo se encontraba el banco se lo divide en base a sus dimensiones originales, la condición de la estructura, las condiciones del sistema eléctrico y las condiciones del sistema mecánico.

3.1.1 Dimensiones del Banco de Pruebas Original

El banco de pruebas original como se muestra en la figura 28, presentaba serios problemas de diseño que afectan significativamente su funcionalidad y durabilidad. En primer lugar, las dimensiones del banco no están adecuadamente ajustadas para facilitar el mantenimiento preventivo, como el cambio de aceite, lo que dificulta el acceso y la manipulación del motor.

Figura 28

Banco de Pruebas Original del Sail



Fuente: (Burgos & Pacheco, 2018)

3.1.2 Condiciones de la Estructura del Banco de Pruebas Original

La estructura del banco fue construida utilizando ángulos, en lugar de tubos cuadrados, lo que resulta en una capacidad de carga insuficiente. Los ángulos, por su forma, no soportan tan bien el peso como los tubos cuadrados, lo que provoca una deformación estructural bajo

cargas pesadas y afecta la estabilidad general del banco.

Figura 29

Condiciones de la Estructura Banco de Pruebas Original

Otro problema crítico es el diseño de la porta base (figura 30), que también está hecho con ángulos y utiliza un caucho como base de apoyo. Cuando el motor se asienta en el porta base, el caucho cede bajo el peso, lo que causa desalineación y afecta la precisión de las pruebas.

Figura 30

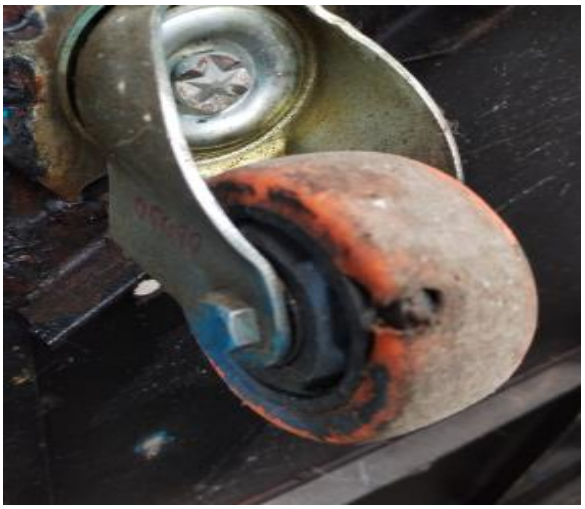
Porta Base Banco de Pruebas Original

Las ruedas del banco de pruebas original estaban quebradas como se muestra la figura 31, evidenciando un diseño inadecuado para soportar el peso del motor del vehículo Sail. Para evitar estos problemas, las ruedas deben ser diseñadas y fabricadas con características específicas que garanticen su resistencia y durabilidad. Deben soportar el peso del motor y

resistir condiciones adversas, como el clima cálido, para evitar que el poliuretano se degrade o se fracture. Utilizar materiales robustos y un diseño eficiente asegurará que las ruedas mantengan su integridad y rendimiento, evitando fallos y prolongando la vida útil del banco de pruebas.

Figura 31

Ruedas Defectuosas Banco de Pruebas Original



La combinación de estas deficiencias de diseño compromete la eficacia del banco de pruebas, subrayando la necesidad urgente de una reestructuración completa para mejorar tanto su capacidad de carga como su funcionalidad general.

3.1.3 Condiciones del Sistema Eléctrico del Banco de Pruebas Original

El cableado eléctrico del sistema de inyección electrónica en el banco de pruebas del vehículo Sail original (figura 32) presentaba serios problemas. Los cables estaban desordenados, colgando sin una organización adecuada y sin sujeción. Esta disposición desordenada no solo afectaba la apariencia general del banco, sino que también comprometía su funcionalidad y seguridad. La falta de sujeción y protección hacía que los cables estuvieran expuestos a daños físicos, como fricciones o cortes, y aumentaba el riesgo de cortocircuitos o fallos eléctricos. La ausencia de protecciones adicionales significaba que los cables no estaban resguardados de posibles interferencias o elementos externos que podrían causar daños. Este

desorden en el cableado podría haber llevado a un funcionamiento ineficiente del sistema de inyección electrónica, impactando negativamente en la precisión de las pruebas y en la seguridad del banco. Para mejorar la fiabilidad y seguridad del banco de pruebas, es esencial reorganizar el cableado de manera ordenada, sujetarlo adecuadamente y utilizar protecciones para evitar daños.

Figura 32

Arnés Eléctrico del Motor con Fallas del Banco de Pruebas Original

Figura 33

Circuito Eléctrico del Tablero de Control con Fallas del Banco Original

El sistema eléctrico de la consola de simulación del banco de pruebas original como se muestra en la figura 33, presentaba deficiencias significativas que afectaban su desempeño. Los conectores tipo hembra utilizados en el sistema estaban creando una alta resistencia eléctrica, lo que impactaba negativamente en la precisión de los sensores críticos, como el sensor CKP (Cigüeñal) y el sensor CMP (Fase de levas). Esta resistencia adicional podía provocar lecturas erráticas o imprecisas, afectando la efectividad de las pruebas realizadas en el banco.

Tabla 1

Conexiones en el Tablero de Control con Fallas en el Banco Original

Parte	Continuidad	Resistencia
CMP	OK	MALA
IAT	OK	MALA
O2 2	OK	MALA
MAP	NO	NA
BN1	OK	MALA
CKP	OK	MALA
ECT	OK	MALA
O2 1	OK	MALA
TPS 2	NO	NA
KS	OK	MALA
VPM	OK	MALA
MAIN RELAY	NO	NA
EVAP	NO	NA
EGR	OK	MALA

Además, las conexiones eléctricas no estaban soldadas correctamente tal como se explica en la figura 1; en su lugar, se utilizaron empalmes improvisados y cinta aislante para unir los cables.

Esta práctica no solo comprometía la integridad de las conexiones, sino que también aumentaba el riesgo de fallos eléctricos, ya que las uniones no soldadas eran propensas a aflojarse o desconectarse. La falta de una soldadura adecuada y la utilización de cinta aislante en lugar de métodos de conexión más fiables afectaban la estabilidad y fiabilidad del sistema eléctrico.

Al revisar cada cable comprobando la continuidad con un multímetro se verificó que los cables dañados fueron de las siguientes partes del sistema de inyección electrónica:

Para mejorar el funcionamiento del banco de pruebas, es crucial sustituir los conectores defectuosos, asegurar una soldadura adecuada en todas las uniones y utilizar métodos de conexión que minimicen la resistencia eléctrica y aseguren una conexión robusta. Esto garantizará un rendimiento más preciso y confiable del sistema de simulación.

3.1.4 Condiciones del Sistema Mecánico del Banco de Pruebas Original

En el banco de pruebas del vehículo Sail se identificaron varias partes mecánicas que necesitaban reemplazo para asegurar un funcionamiento óptimo.

Entre las componentes que se detectó necesitar cambio están las bujías, inyectores, sistema EVAP, mangueras de refrigeración, el empaque de unión del sistema de escape y cambio de aceite.

a) *Bujías*: Las bujías estaban desgastadas y acumulaban depósitos significativos (figura 34), afectando la eficiencia de la combustión. Reemplazarlas es esencial para restaurar la chispa adecuada y garantizar una combustión completa y eficiente del motor.

Figura 34

Bujías con Desgaste Motor Sail

b) *Inyectores:* Los inyectores mostraban signos de obstrucción y fallos en la pulverización del combustible (figura 35), resultando en una distribución desigual y una mala mezcla aire-combustible. El reemplazo asegura una atomización correcta del combustible y una mejor eficiencia del motor.

Figura 35

Inyectores Dañados Motor Sail

c) *Mangueras de Refrigeración:* Las mangueras estaban agrietadas y presentaban fugas (figura 36), lo que podía causar sobrecalentamientos. Cambiarlas es crucial para asegurar un flujo adecuado del refrigerante y proteger el motor de daños por temperatura elevada.

Figura 36

Manguera Radiador con Fuga Motor Sail

d) *Empaque de Unión del Sistema de Escape:* El empaque de unión (figura 37) estaba causando una obstrucción en la salida de los gases de escape (cuadrado rojo), lo que disminuía la eficacia del motor. Reemplazar el empaque con uno adecuado (circulo verde) es necesario para asegurar un flujo libre de gases, mejorar la eficiencia del motor y reducir el riesgo de daños a largo plazo.

Figura 37

Empaque de Menor Diámetro del Escape Motor Sail

Estos reemplazos garantizan el funcionamiento eficiente y confiable del banco de pruebas, mejorando su capacidad para realizar evaluaciones precisas del motor.

e) *Sistema EVAP (Control de Emisiones Evaporativas):* El sistema EVAP no estaba adaptado al motor, por lo que podría provocar emisiones excesivas y una reducción en la eficiencia del combustible. Incorporar la EVAP es necesario para cumplir con las normativas de emisiones y mejorar el rendimiento.

3.2 Repotenciación del Banco de Pruebas

Desde los inicios de los motores de combustión, tanto la industria automotriz como los ingenieros de pruebas han enfrentado el desafío de informar sobre el rendimiento y las regulaciones de los motores, además de probar nuevas innovaciones en sus mecanismos y sistemas. Hoy en día, las universidades también necesitan sistemas avanzados de medición y sensores para evaluar no solo las características tradicionales como par, potencia, emisiones y consumo, sino también para estudiar fenómenos en los sistemas de admisión, cilindro y escape. Este progreso es posible gracias al acceso mejorado a tecnologías de medición y bancos de pruebas adaptados a las necesidades educativas. Para realizar pruebas efectivas, es fundamental disponer de espacios diseñados para absorber vibraciones, bancadas robustas, soportes para montar y ajustar motores, y dispositivos para medir y registrar datos. También se requieren sistemas para alimentar combustible, refrigerar, admitir, evacuar gases, poner en marcha y controlar el motor para garantizar una evaluación precisa.

3.2.1 Rediseño del Banco de Pruebas del Motor

Basado en las especificaciones del motor Sail, que incluye un diseño de 4 cilindros en línea, una potencia de 109 HP, un orden de encendido 1-3-4-2, una relación de compresión de 10.8:1, un peso de 260.8 kg, un cilindraje de 1400 cc y el número de motor LCU120410633, se ha desarrollado el diseño del banco de pruebas (figura 38), con especial atención a su estructura base. Se ha seleccionado el acero ASTM A36, 242 y 28 para los perfiles

estructurales del armazón principal, garantizando su disponibilidad comercial, coste adecuado, resistencia y rigidez. Se han colocado puntos de anclaje en ubicaciones estratégicas para asegurar el correcto posicionamiento de las diferentes partes, siguiendo el diseño original de los soportes y utilizando torretas con tornillos de potencia.

Para reducir las vibraciones transmitidas al suelo durante el funcionamiento del motor, se ha incluido un sistema de aislamiento en la bancada y se han utilizado ruedas diseñadas para soportar las cargas durante el arranque del motor. El diseño considera la resistencia y rigidez necesarias para manejar tanto las cargas estáticas como dinámicas, la flexibilidad para el montaje de componentes, la facilidad de acceso y la seguridad del personal.

Para ello se realiza el diseño del banco en el programa Inventor Autodesk el cual debe cumplir cada una de las etapas a fin de realizar un proceso adecuado de diseño. Las etapas son: a) Definición de las dimensiones; b) Selección de los materiales, c) Cálculo de la carga a soportar; d) Simulación de Cargas

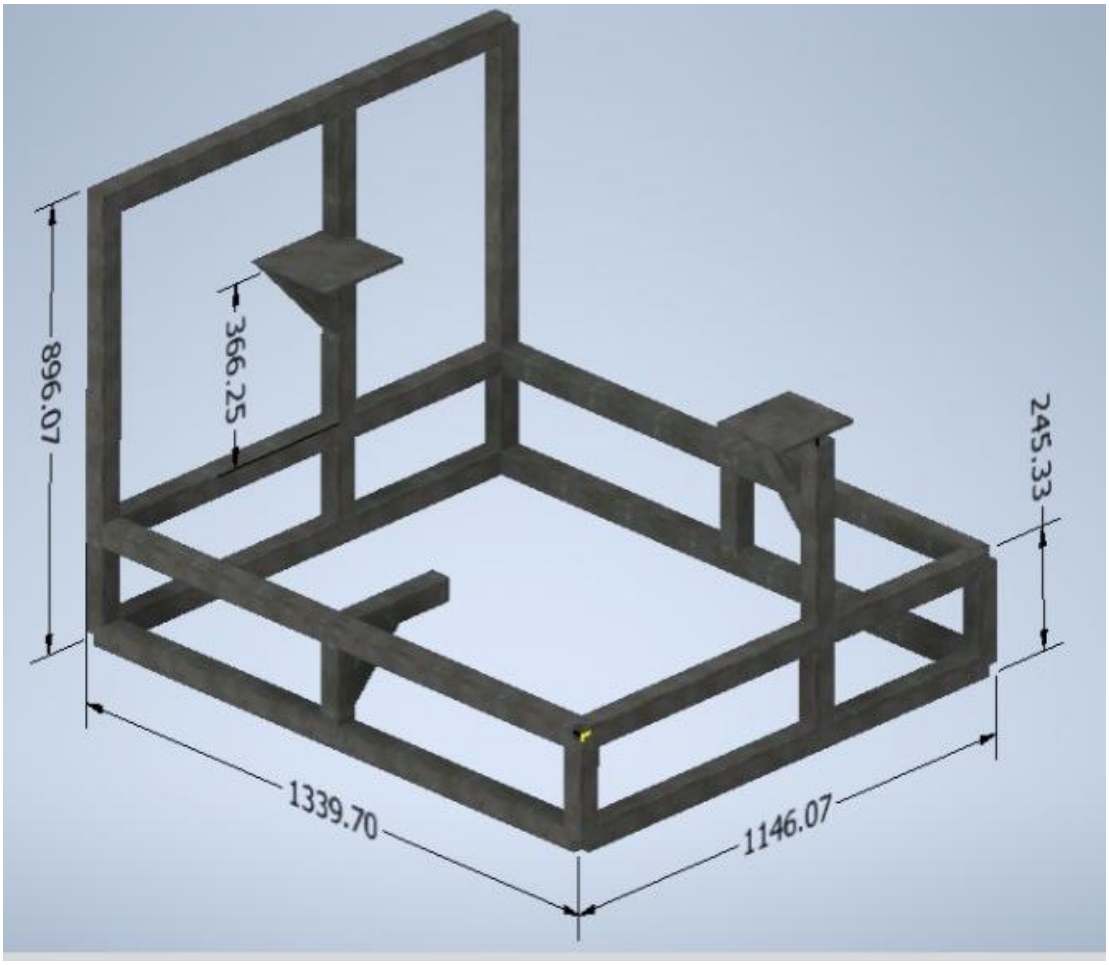
f) Definición de las Dimensiones: La definición de las dimensiones (figura 38) en el diseño del banco de pruebas es una fase crítica que asegura que todos los componentes encajen correctamente y que la estructura soporte adecuadamente el motor y otros elementos. Este proceso implica determinar con precisión las longitudes, alturas, anchos y grosores de cada pieza. Las longitudes definen el espacio necesario para cada componente, mientras que las alturas influyen en la accesibilidad y ergonomía del banco, asegurando un uso seguro y eficiente. Los anchos garantizan la estabilidad y espacio para equipos adicionales, como sensores y sistemas de control.

El grosor de los materiales es esencial para proporcionar la resistencia estructural adecuada, evitando deformaciones o fracturas bajo carga, pero sin hacer la estructura innecesariamente pesada y costosa. Además, es crucial considerar las tolerancias y ajustes para prever variaciones debidas a cambios de carga y temperatura, lo que permite que los materiales se

expandan o contraigan sin comprometer la integridad del banco. Estas tolerancias también aseguran un buen ensamblaje en los puntos de unión, evitando holguras o dificultades de montaje.

Figura 38

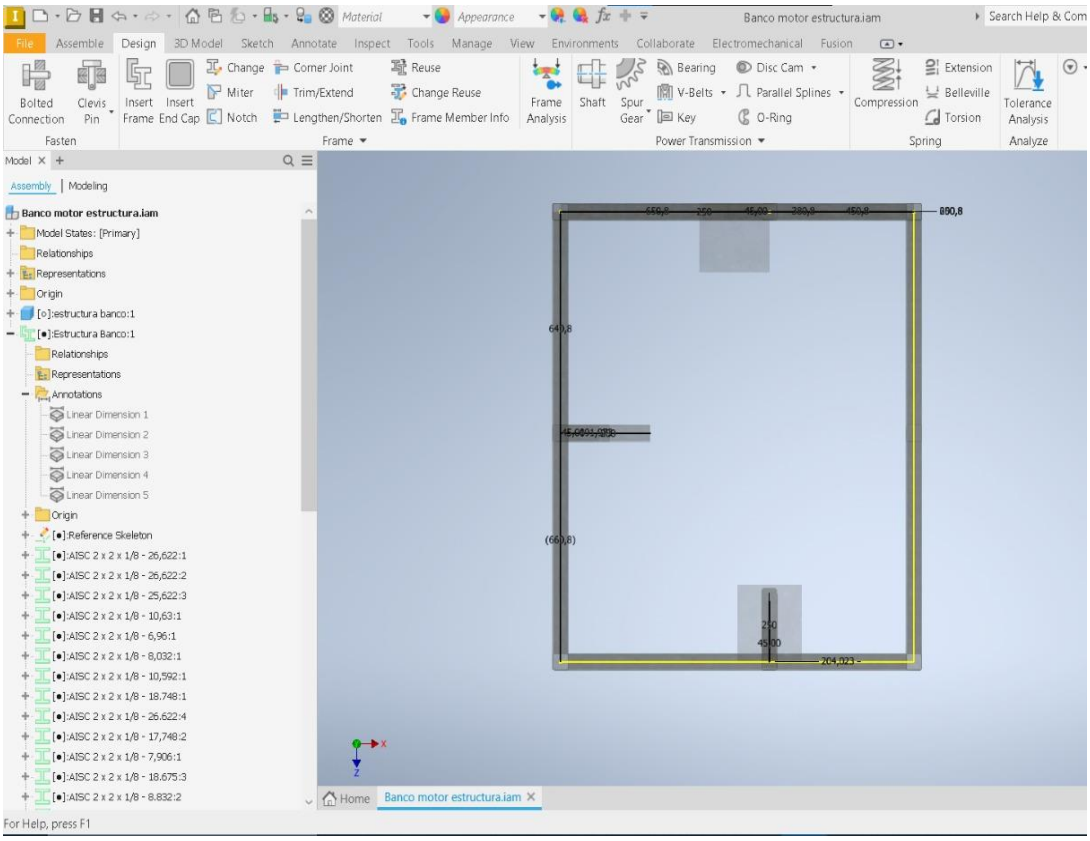
Dimensiones de Diseño del Banco de Pruebas a Repotenciar



g) *Selección de Materiales:* Durante el rediseño del banco de pruebas en Inventor Autodesk como se muestra en la figura 39, se seleccionaron tres aceros estructurales para optimizar el rendimiento: ASTM A36 para la estructura principal debido a su resistencia y ductilidad; ASTM A242 por su alta resistencia a la corrosión, utilizado en áreas de mayor exigencia; y ASTM A283 para componentes secundarios que requieren estabilidad a bajo costo. Estos materiales garantizan un diseño robusto y duradero, validado mediante simulaciones en Inventor.

Figura 39

Selección de Materiales del Banco a Repotenciar



h) *Cálculo de la Carga a Soportar:* La estructura debe estar montada sobre una base equipada con garruchas o llantas, para soportar el peso total del sistema y facilitar su movilidad. Es crucial calcular adecuadamente el material del banco didáctico para evitar deformaciones, por lo que se utilizará acero estructural.

Primero, se determina el peso que la estructura metálica debe soportar mediante la fórmula siguiente: ($w = m \ x \ g$**)**, donde: w es el peso, m es la masa (260,8 kg), g es la gravedad (9,81 m/s²). Sustituyendo estos valores, se obtiene: w = (260,8 kg) x (9,81 m/s²) = 2588,44 N.

A continuación, se calcula el factor de seguridad añadiendo un 5% de peso adicional: ($F = w \ x \ f$), donde: F es el factor de seguridad, f es el porcentaje de seguridad (0,05) y w es el peso.

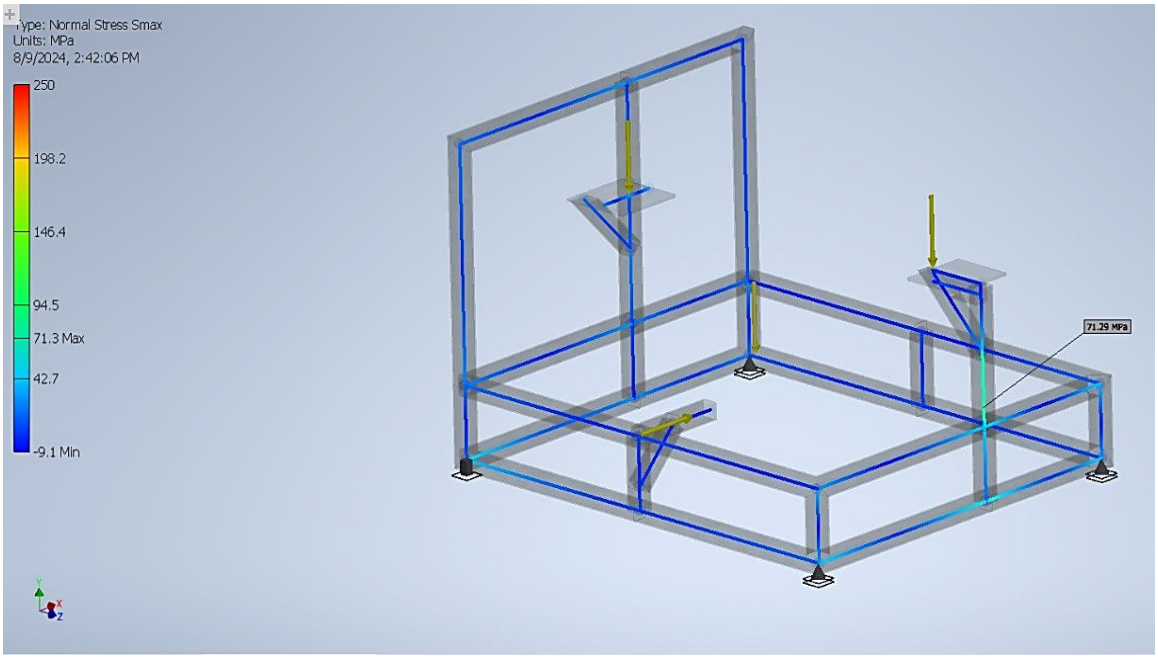
Sustituyendo los valores en la ecuación 2, se tiene: F = (2588,44 N) x 0,05 = 129,42N.

Finalmente, el peso total que la estructura debe soportar es la suma del peso del motor y el peso adicional de seguridad: WT = 2588,44 N + 129,42 N = 2686,37 N.

Con el cálculo del peso total del motor obtenido, se procede a la fase de simulación en Inventor para analizar los esfuerzos y deformaciones que el banco de pruebas puede soportar.

Figura 40

Cálculo del Normal Stress S Max



El cálculo del Normal Stress S Max en el banco de pruebas como se ve en la figura 40, realizado mediante simulaciones en Inventor y considerando el peso total del motor previamente determinado (2686,37 N), resultó en un valor de 71,29 MPa.

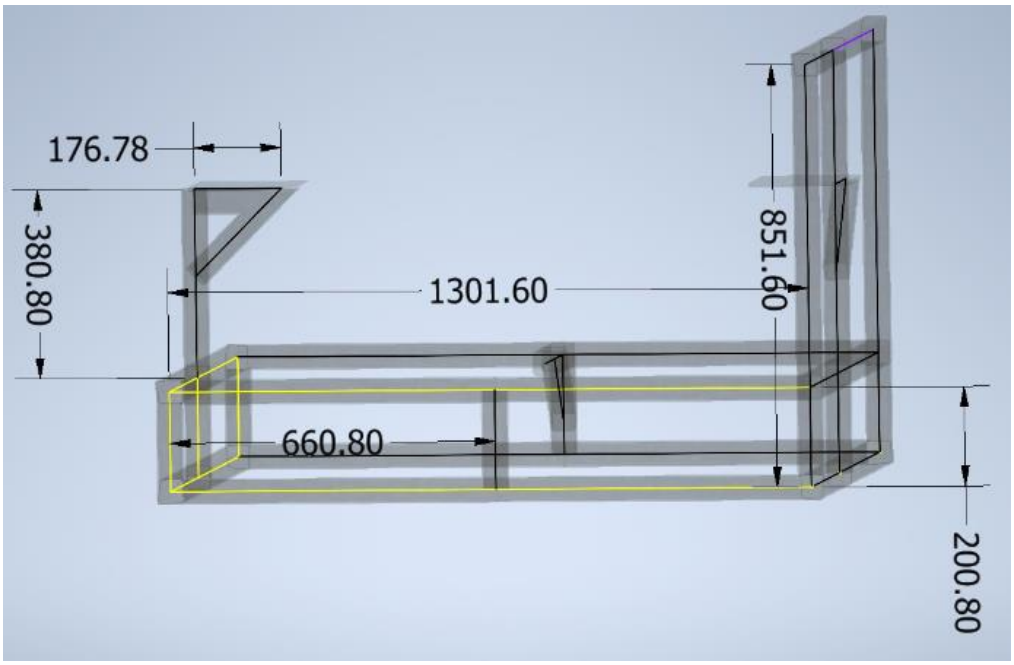
Este valor representa la tensión normal máxima que la estructura del banco experimenta bajo las cargas aplicadas. Este análisis es crucial para garantizar que el material seleccionado, en este caso acero estructural, pueda soportar las tensiones sin riesgo de deformación o falla estructural, asegurando así la integridad y funcionalidad del banco de pruebas durante su operación.

3.2.2 Fabricación de la Estructura del Banco de Pruebas

En el proceso de fabricación del banco de pruebas, tras el rediseño y análisis de materiales y cargas en base a las dimensiones calculadas como se muestra en la figura 41, se seleccionaron los siguientes componentes estructurales que se muestran a continuación.

Figura 41

Dimensiones Calculadas del Banco de Pruebas



i) *Componentes Estructurales*: Dentro de los componentes se seleccionaron los siguientes materiales:

a) 3 tubos cuadrados de 2 pulgadas x 2 pulgadas con un espesor de 2 mm, que conforman la base principal de la estructura, proporcionando la rigidez y resistencia necesarias para soportar el peso calculado del motor y demás elementos del banco.

b) Una plancha de 30x30 cm con un espesor de 1/4 de pulgada, que se utilizará como base de apoyo para la estructura, garantizando una distribución uniforme de las cargas.

c) Una plancha de 20x20 cm con un espesor de 1/4 de pulgada, destinada a soportar puntos críticos de carga y anclaje, aportando estabilidad adicional.

d) Una plancha de 35x20 cm con un espesor de 4 mm, que servirá para la fabricación de refuerzos y otros componentes estructurales, asegurando la integridad del banco durante las pruebas (figura 42).

Figura 42

Unión de Tubos Cuadrados para el Banco de Pruebas

e) Soldadura 6011 (5 kg), seleccionada por su capacidad de penetración profunda y alta resistencia, ideal para unir los componentes de acero estructural como se ve en la figura 43.

Figura 43

Proceso de Soldadura del Banco de Pruebas

j) 3 metros de tubo rectangular de 2 pulgadas x 1 pulgada con un espesor de 2 mm, utilizados para reforzar la estructura y asegurar la correcta alineación y ensamblaje de las piezas (figura 44).

Figura 44

Proceso de Unión de Tubo Rectangular Banco de Pruebas

Estos materiales y componentes se combinaron para garantizar una estructura robusta, capaz de soportar las cargas dinámicas y estáticas durante el funcionamiento del banco de pruebas.

En la figura 45 se muestra la estructura ya construida, lista para ser pintada y para la instalación de los componentes del banco de pruebas.

Figura 45

Estructura del Banco de Pruebas Construida y Fondeada

En la figura 46 se presenta la estructura terminada, pintada y preparada para la instalación de los componentes del banco de pruebas.

Figura 46

Estructura del Banco de Pruebas Pintada

3.2.3 Acople del Motor al Banco de Pruebas

Con la estructura principal completada e instalados los soportes para la base del motor y la caja de cambios, se procede al ensamblaje del motor. Antes de realizar este paso crucial, se llevó a cabo una exhaustiva revisión de sus componentes mecánicos. Esta revisión incluyó un análisis detallado de los puntos de referencia del sistema de distribución del motor, lo que permitió verificar y asegurar el estado óptimo de la cadena de distribución, así como de las poleas. Estas inspecciones fueron esenciales para garantizar que todos los elementos mecánicos del motor estuvieran en perfectas condiciones antes de su montaje definitivo.

El proceso de revisión no solo se enfoca en la cadena de distribución, sino que también incluye la evaluación de otros componentes críticos, como los tensores y rodamientos,

asegurándose de que estuvieran libres de desgaste y funcionando correctamente. Esto fue especialmente importante para prevenir posibles fallos durante la puesta en marcha del motor en el banco de pruebas.

Una vez concluida la revisión y asegurado el buen estado de todos los componentes, el motor fue cuidadosamente ensamblado en la estructura del banco (figura 47).

Este enfoque garantiza que el motor estuviera listo para ser sometido a pruebas de funcionamiento bajo condiciones controladas, minimizando el riesgo de problemas mecánicos durante las pruebas.

Figura 47

Motor del Sail Acoplado al Banco de Pruebas

Tras el ensamblaje del motor, se llevó a cabo la instalación de los sistemas principales necesarios para su correcto funcionamiento.

Durante este proceso, se sustituyó bujías, conjunto de bomba de combustible, inyectores, cañerías de combustible, la banda múltiple de accesorios, mangueras de refrigerante, sensor de oxígeno secundario, todos los empaques del escape y principalmente el arnés completo del cableado eléctrico (incluido la fusiblera) como se muestra en la figura 48 ya que el original que estaba colocado en el motor no servía, como se mencionó en las condiciones de estado inicial.

Figura 48

Cableado Original a Instalar en el Banco de Pruebas

Luego de esto se coloca el radiador y otras modificaciones a algunos de estos sistemas en comparación con su configuración original (figura 49). Estas adaptaciones fueron fundamentales para ajustar el proyecto a los requerimientos específicos, sin comprometer los principios básicos de operación de cada sistema.

Figura 49

Acople de Otros Sistemas al Motor en el Banco de Pruebas

3.2.4 Fabricación del Tablero de Control

Se construyó un tablero de control con dimensiones de 70 cm de largo, 40 cm de alto y 25 cm de ancho, diseñado para alojar el cuadro de instrumentos, el medidor de temperatura, el indicador de presión de aceite, el horómetro, el swicht de encendido y otros componentes necesarios para simular fallas en el sistema de inyección electrónica del motor. Este tablero está fabricado con plancha galvanizada de 0.5 mm de espesor (figura 50).

Figura 50

Fabricación del Tablero de Control

Durante su diseño, se tuvieron en cuenta parámetros como la cantidad de interruptores de control y conectores banana hembra tanto negros como rojos para asegurar su funcionalidad en la simulación de fallos del sistema, ver tabla 2.

Tabla 2

Ubicación de Bornes en el Cuadro de Control

1-Inyector 1	2-Inyector 2	3-Inyector 3	4-Inyector 4	5-Bobina 1	6-Bobina 2	7-Bobina 3	8-Bobina 4	9-EVAP	10-VPM
11-AVVMA	12-EGR	13-Señal CMP	14-Señal APP-1	15-Señal APP-2	16-Señal MAP	17-Señal IAT	18-Señal O_2-1	19-Señal O_2-2	20-Señal ECT
21-Señal KS	22-Señal KS	23-MASA	24-Señal CKP	25-Señal TPS-1	26-Señal TPS-2				27-Señal K-LINE

3.2.5 Diseño del Circuito Eléctrico del Tablero de Control

El diseño del circuito eléctrico del tablero de control es un proceso fundamental en la creación de un sistema de pruebas y diagnóstico para motores, en este caso, aplicado al motor Sail. Este diseño tiene como objetivo principal integrar y organizar los distintos componentes eléctricos necesarios para la monitorización y control del motor, así como para la simulación de fallas en el sistema de inyección electrónica.

El tablero de control es capaz de albergar y conectar de manera eficiente dispositivos como el cuadro de instrumentos, medidores de temperatura y presión de aceite, el horómetro, y los switches de control para los sensores y actuadores, todos ellos esenciales para operar y evaluar el rendimiento del motor bajo distintas condiciones, como se muestra en la figura 51. Además, el diseño del circuito garantiza la correcta distribución de la energía eléctrica y la señalización, asegurando que cada componente funcione de manera óptima y segura.

Figura 51

Tablero de Control Banco de Pruebas

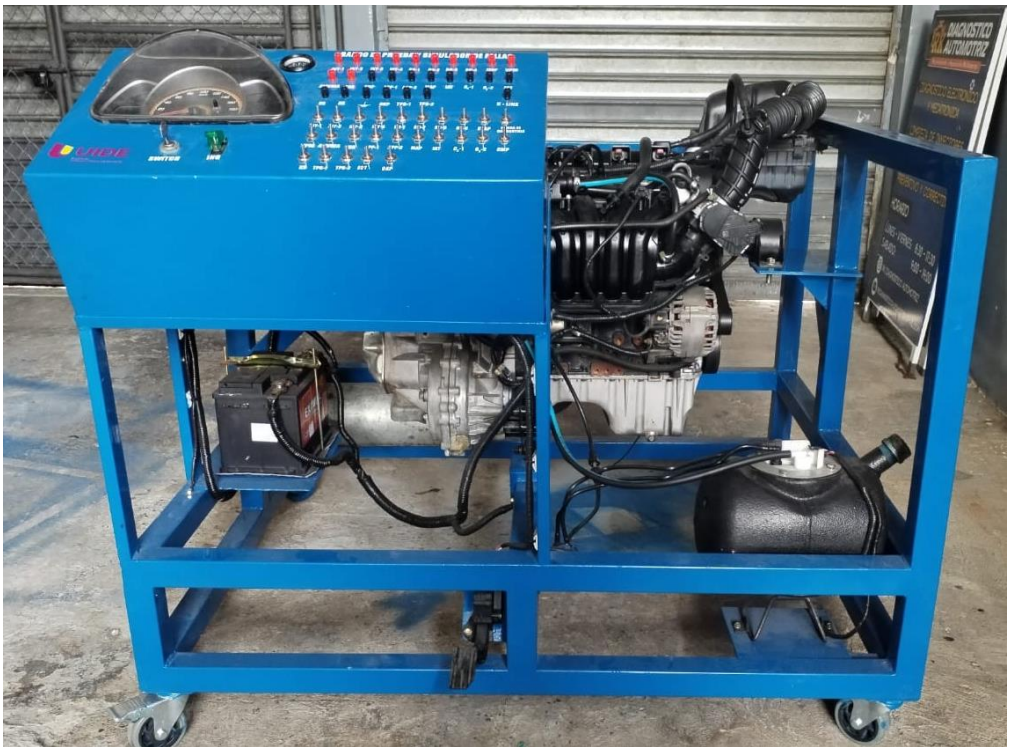
3.2.6 Banco de Pruebas Final

Una vez montados todos los elementos, el banco de pruebas quedó completamente funcional, como se ilustra en la figura 52 que muestra la ubicación del tablero de control y la disposición final del banco.

El banco de pruebas para el motor del vehículo Sail ha sido diseñado en conformidad con las normas de seguridad establecidas por los talleres de la Universidad Internacional del Ecuador. Este enfoque tiene como finalidad minimizar o prevenir posibles deterioros y daños en la estructura del banco.

Figura 52

Vista Frontal del Banco de Pruebas Repotenciado



Capítulo IV

Funcionamiento y Simulación de Fallas en el Banco de Pruebas

Las pruebas operativas del banco de pruebas para el motor Sail 1.4 son cruciales para evaluar su desempeño y garantizar que cumpla con los estándares requeridos. Asimismo, la simulación de fallas ofrece información valiosa sobre la respuesta del motor en condiciones adversas. La verificación de la señal y la simulación de los sensores como actuadores se realizarán desde el tablero de control, para ello se usa un Osciloscopio FNIRSI, con el cual obtendremos los oscilogramas de cada sensor y actuador.

4.1 Verificación de Señales de Actuadores en el Banco

4.1.1 Oscilograma de los Inyectores

El procedimiento de conexión (figura 53) para la evaluación de los inyectores mediante el osciloscopio FNIRSI sigue un patrón uniforme y consiste en los siguientes pasos:

- *Referencia a Tierra:*

En todos los casos, se conecta el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control, lo que establece una referencia de tierra para las mediciones.

- *Conexión a los Inyectores:*

Inyector 1: Se conecta el cable plomo del osciloscopio a la bornera del inyector 1, lo que permite monitorear la señal de control.

Inyector 2: El cable plomo del osciloscopio se conecta a la bornera del inyector 2, para medir la señal de control correspondiente a este inyector.

Inyector 3: Similarmente, el cable plomo se conecta a la bornera del inyector 3, permitiendo capturar su señal de control.

Inyector 4: Finalmente, el cable plomo se conecta a la bornera del inyector 4, para evaluar su señal de control.

Figura 53

Conexión del Inyector 1 en el Tablero de Control

Los oscilogramas obtenidos para los inyectores de los cilindros 1, 2, 3 y 4 confirman que todos los inyectores están funcionando en perfecto estado (tabla 3). Se observan voltajes mínimos y voltajes de inducción al cerrar la aguja del inyector dentro de los rangos esperados, lo que garantiza un funcionamiento óptimo y acorde a las especificaciones.

Tabla 3

Valores Máximos y Mínimos de Voltaje de Inyectores

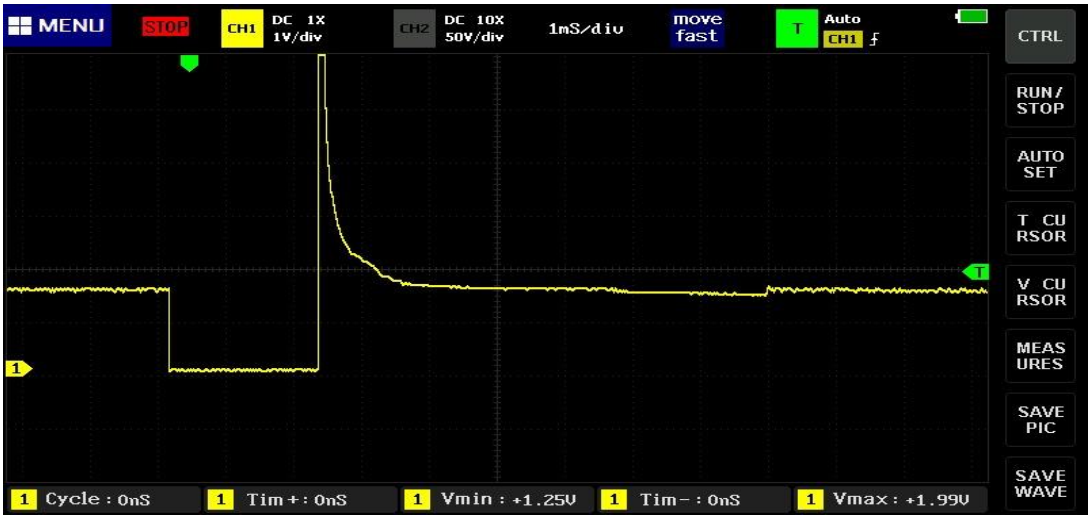
Cilindro	Voltaje Mínimo (V)	Voltaje de Inducción (V)
1	1.25	68
2	1.25	68
3	1.09	68
4	1.29	60

Como se muestra en la tabla 3, los inyectores de los cilindros 1, 2, 3 y 4 están trabajando en perfecto estado, con valores de voltaje mínimos y de inducción que cumplen con los parámetros adecuados para un funcionamiento óptimo del sistema, lo cual se evidencia en la

figura 54, que muestra el oscilograma en perfecto estado de uno de los inyectores.

Figura 54

Oscilograma Inyector 1



4.1.2 Oscilograma de las Bobinas

Para conectar las bobinas al osciloscopio, en cada caso se sigue el mismo procedimiento (figura 55): primero, se conecta el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer una referencia de tierra. Luego, se conecta el cable plomo del osciloscopio a la bornera correspondiente a la bobina específica que se va a analizar

Figura 55

Conexión de la Bobina 1 en el Tablero de Control

Este método se aplica de manera idéntica para cada bobina (1, 2, 3 y 4), permitiendo la captura y análisis de las señales respectivas de cada una para verificar su correcto funcionamiento.

Tabla 4

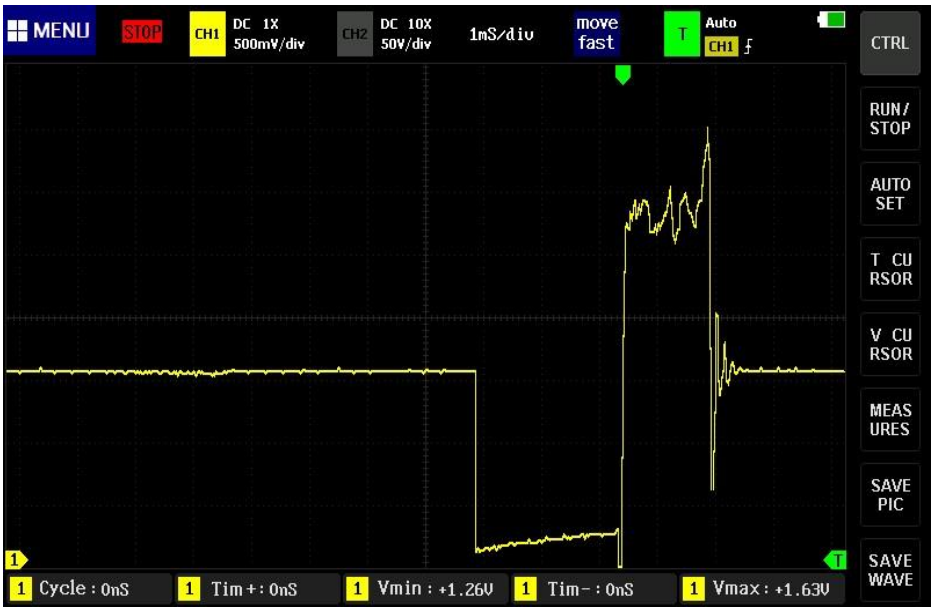
Tabla de Valores de Voltaje de las Bobinas de Encendido

Bobina	Voltaje Mínimo (V)	Voltaje de Salto de Chispa (V)
Cilindro 1	1.26V	40V
Cilindro 2	1.26V	40V
Cilindro 3	0.970V	40V
Cilindro 4	1.23V	40V

Los valores de voltaje mínimo y de salto de chispa de todas las bobinas están dentro de los rangos óptimos (tabla 4), lo que indica que las bobinas de los cilindros 1, 2, 3 y 4 del banco están funcionando en perfecto estado, tal como se muestra en la figura 56.

Figura 56

Oscilograma de la Bobina 1



4.1.3 Oscilograma Válvula EVAP

Se conecta el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer una referencia de tierra adecuada (figura 57). Luego, el cable plomo del osciloscopio se conecta a la bornera del sistema EVAP. Esta configuración permite captar y analizar la señal del sistema EVAP, evaluando su comportamiento y funcionamiento.

Figura 57

Conexión de la Válvula EVAP en el Tablero de Control

Tabla 5

Valores de Voltaje de Válvula EVAP

Parámetro	Valor de Voltaje	Explicación
Voltaje Mínimo	-0.058V	Voltaje más bajo registrado, típico de la operación de cierre de la válvula.
Voltaje de Inducción	55V	Voltaje generado al cerrar la válvula, muestra correcto funcionamiento del sistema electromagnético.

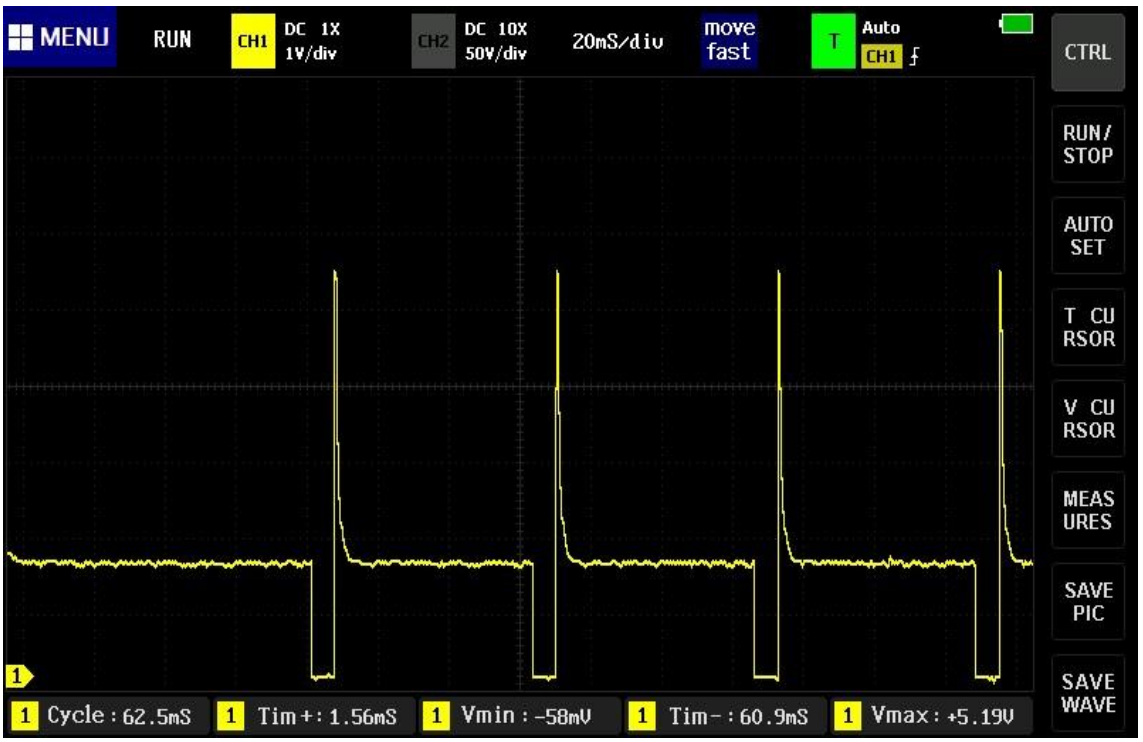
Los valores registrados se indican en la tabla 5, la cual da una explicación de cada valor registrado.

Estos datos confirman que la válvula EVAP del banco está operando en perfectas condiciones.

El oscilograma obtenido revela que la válvula EVAP está funcionando correctamente, tal como se muestra en la figura 58.

Figura 58

Oscilograma de la Válvula EVAP



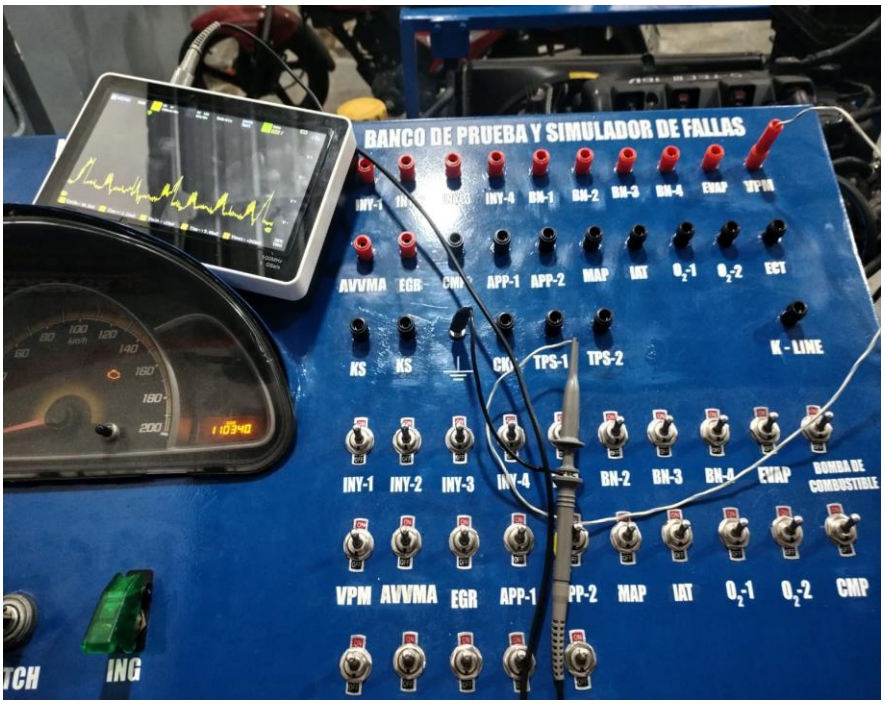
4.1.4 Oscilograma Válvula VPM

Se conecta el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer la referencia adecuada. Luego, el cable plomo del osciloscopio se conecta a la bornera del VPM, tal como se muestra en la figura 59.

Esta conexión permite monitorear y analizar la señal del VPM, asegurando el correcto funcionamiento del sistema.

Figura 59

Conexión de la Válvula VPM en el Tablero de Control



El análisis muestra los valores registrados en la tabla 6. Estos valores indican que la válvula VPM del banco está funcionando en óptimas condiciones.

Tabla 6

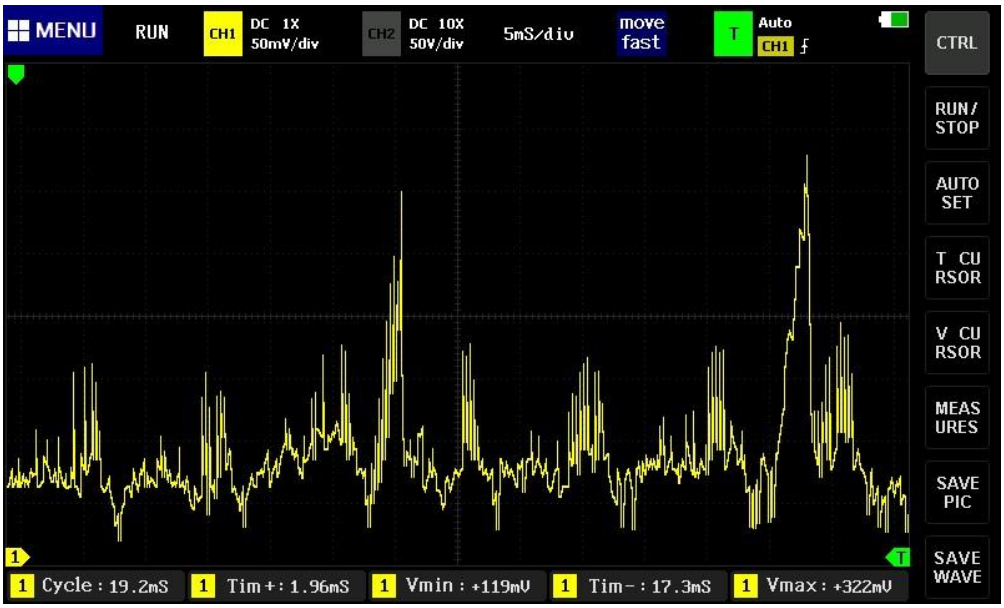
Valores de Voltaje de la Válvula VPM

Parámetro	Valor	Explicación
Voltaje Mínimo	-0.058V	Valor más bajo registrado al cerrar la válvula.
Voltaje de Inducción	0,400V	Generado al cierre, confirma buen funcionamiento.

El oscilograma obtenido revela que la válvula EVAP está operando correctamente, como se muestra en la figura 60.

Figura 60

Oscilograma de la Válvula VPM



4.1.5 Oscilograma Válvula AVVMA

Se procede a conectar el cable de color negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control y el cable plomo del osciloscopio hacia la bornera de AVVMA, tal como se muestra en la figura 61.

Figura 61

Conexión de la Válvula AVVMA en el Tablero de Control

Los valores de voltaje dados se detallan en la tabla 7 Esto nos indica que la válvula AVVMA del banco está trabajando en perfecto estado.

Tabla 7

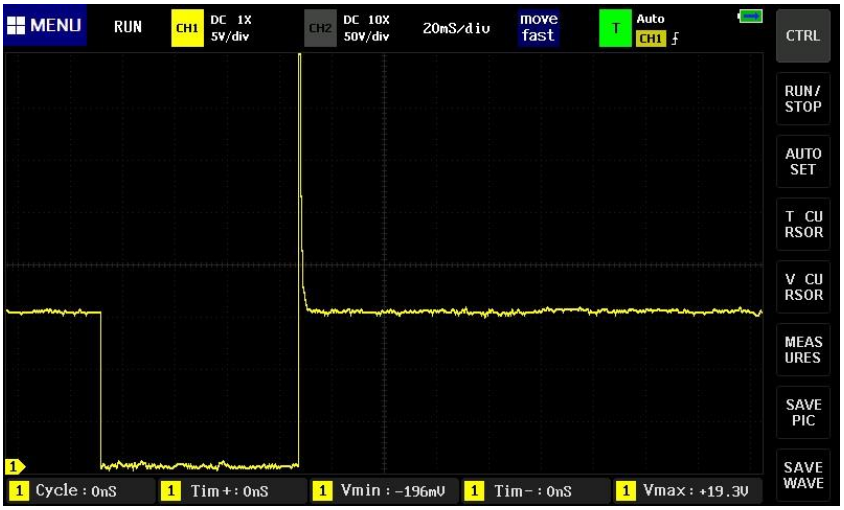
Valores de Voltaje Válvula AVVMA

Parámetro	Valor	Explicación
Voltaje Mínimo	-0.058V	Valor mínimo al cerrar la válvula.
Voltaje de Inducción	19V	Voltaje generado al cerrar la válvula.

El oscilograma que se obtiene nos muestra que la válvula AVVMA está trabajando en perfecto estado, tal como se muestra en la figura 62.

Figura 62

Oscilograma de la Válvula AVVMA



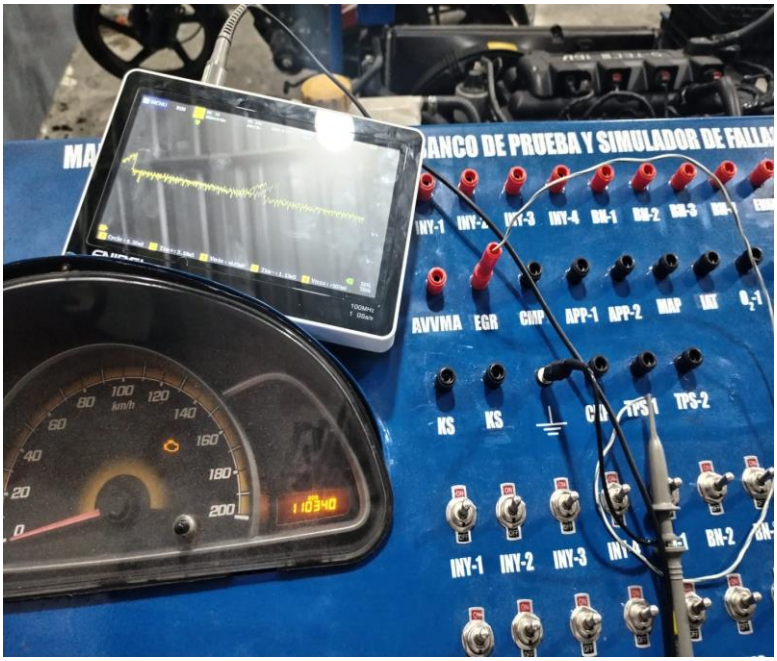
*4.1.*6 *Oscilograma Válvula EGR*

Se procede a conectar el cable de color negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control y el cable plomo del osciloscopio hacia la bornera de EGR, tal como se muestra

en la figura 63.

Figura 63

Conexión de la Válvula EGR en el Tablero de Control



El oscilograma obtenido muestra que la válvula EGR está funcionando correctamente, como se ilustra en la figura 64. Los datos indican un voltaje mínimo de 1.1V y un voltaje Máximo de 3V (tabla 8). Estos resultados confirman que la válvula EGR del banco está operando en óptimas condiciones.

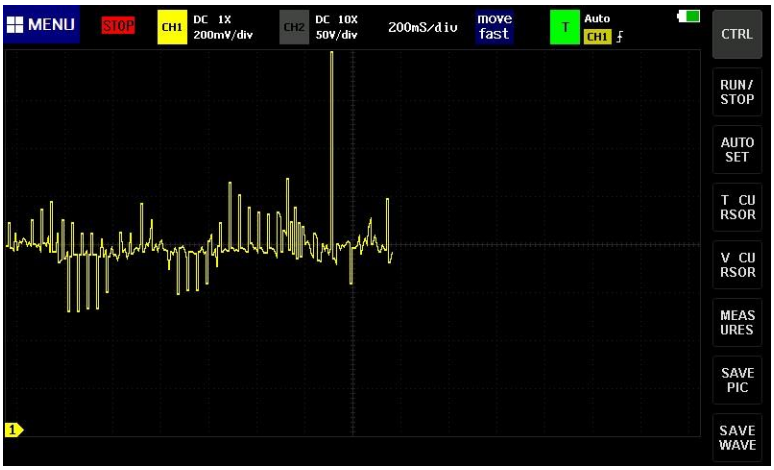
Tabla 8

Valores de Voltaje EGR

Parámetro	Valor	Explicación
Voltaje Mínimo	1.1V	Voltaje cuando el vehículo está en ralentí.
Voltaje de Inducción	3V	Voltaje al pisar el pedal del acelerador.

Figura 64

Oscilograma de la Válvula EGR



4.2 Verificación de Señales de Sensores en el Banco

4.2.1 Oscilograma de CMP

Se procede a conectar el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer la referencia adecuada. A continuación, se conecta el cable plomo del osciloscopio a la bornera del sensor CMP, como se ilustra en la figura 65. Esta configuración permite medir y analizar la señal del sensor CMP, verificando su funcionamiento y asegurando que esté operando correctamente.

Figura 65

Conexión del Sensor CMP el Tablero de Control

El oscilograma obtenido muestra que el sensor CMP está funcionando correctamente, como se observa en la figura 66.

Los datos revelan un valor de voltaje mínimo de 0.646V y un voltaje pico de 5.31V, que corresponde a la parte más alta de la onda.

Estos resultados indican que el sensor CMP del banco está operando en perfectas condiciones.

Figura 66

Oscilograma del Sensor CMP

4.2.2 Oscilograma del Sensor APP 1 – APP 2

Se conecta el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer la referencia de tierra. Luego, se conecta el cable plomo del osciloscopio a la bornera de APP-1 y se utiliza otro cable plomo para conectar a la bornera de APP-2, tal como se muestra en la figura 67.

Esta configuración permite comparar las señales de ambos puntos, APP-1 y APP-2, para analizar su funcionamiento y sincronización.

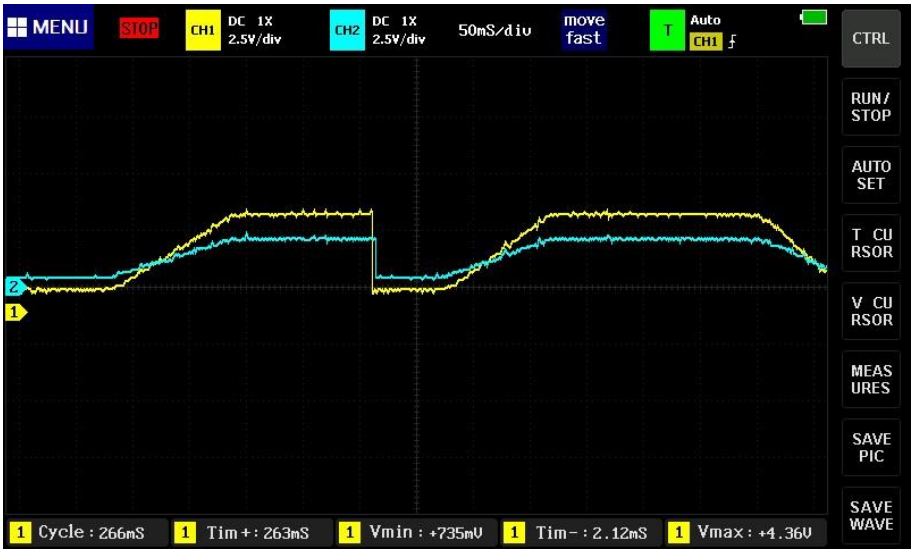
Figura 67

Conexión del Sensor APP1 y APP2 el Tablero de Control

El oscilograma obtenido muestra que los sensores APP están funcionando correctamente. En la figura 68, se observa que el sensor APP-1 tiene un voltaje mínimo de 0.735V y un voltaje pico de 4.36V, mientras que el sensor APP-2 presenta un voltaje mínimo de 0.490V y un voltaje pico de 2.17V. Estos valores indican que ambos sensores APP del banco están operando en óptimas condiciones.

Figura 68

Oscilograma del Sensor APP1 y APP2



4.2.3 Oscilograma del Sensor MAP

Se procede a conectar el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer la referencia de tierra. A continuación, el cable plomo del osciloscopio se conecta a la bornera del sensor MAP, como se muestra en la figura 69. Esta configuración permite medir y analizar la señal del sensor MAP para evaluar su correcto funcionamiento.

Figura 69

Conexión del Sensor MAP al Tablero de Control

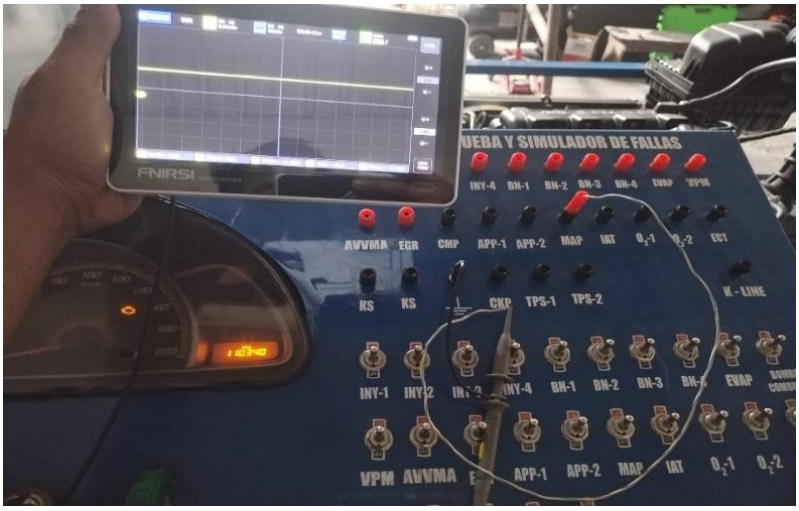
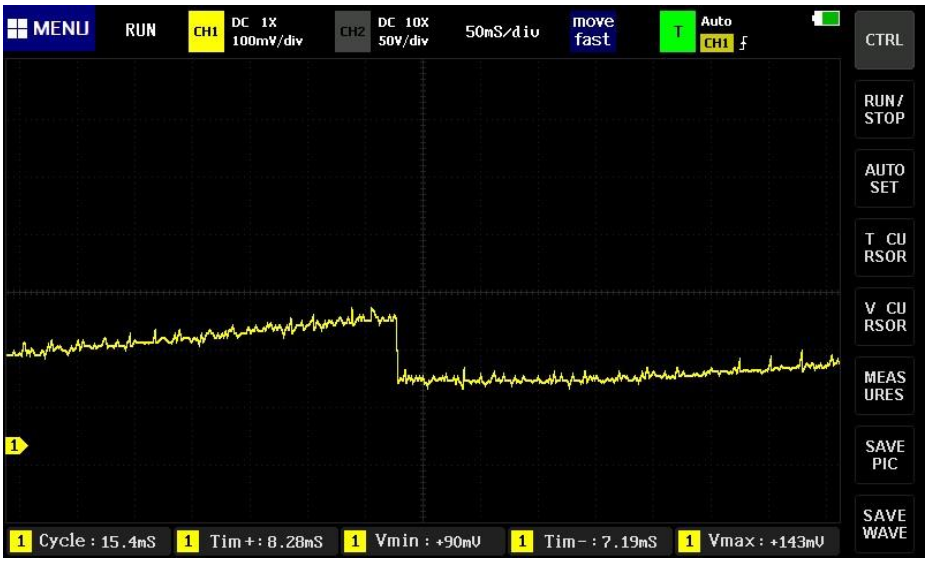


Figura 70

Oscilograma del Sensor MAP



El oscilograma obtenido indica que el sensor MAP está funcionando correctamente, como se muestra en la figura 70. El análisis revela un voltaje mínimo de 0.735V y un voltaje pico de 2,50V, que representa el valor más alto de la señal. Estos resultados confirman que el sensor MAP del banco está operando en óptimas condiciones.

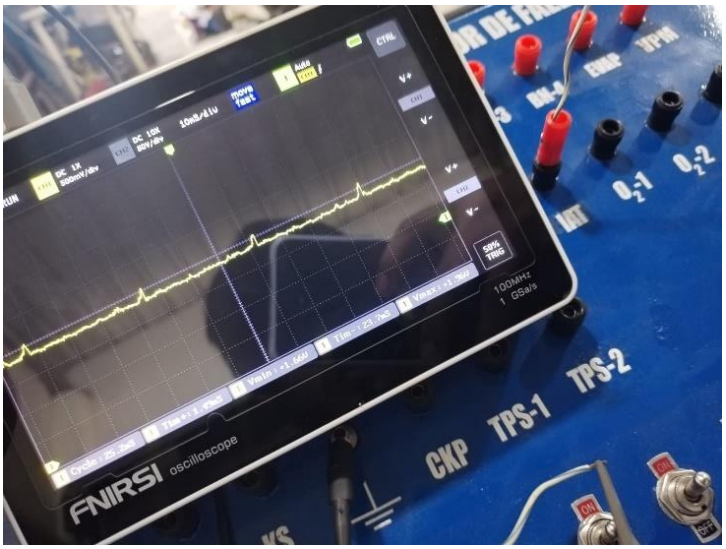
4.2.4 Oscilograma de IAT

Se procede a conectar el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer la referencia de tierra. Luego, se conecta el cable plomo del osciloscopio a la bornera del sensor IAT, tal como se muestra en la figura 71.

Esta configuración permite medir y analizar la señal del sensor IAT, asegurando su correcto funcionamiento.

Figura 71

Conexión del Sensor IAT al Tablero de Control



El oscilograma obtenido muestra que el sensor IAT está funcionando correctamente, como se ilustra en la figura 72.

Los datos revelan un voltaje mínimo de 1.40V y un voltaje pico de 2.15V, que representa el valor máximo de la onda. Estos resultados confirman que el sensor IAT del banco está operando en perfectas condiciones.

Figura 72

Oscilograma del Sensor IAT

4.2.5 Oscilograma del Sensor de Oxigeno 1

Se procede a conectar el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer una referencia adecuada. Luego, se conecta el cable plomo del osciloscopio a la bornera de O2-1, tal como se muestra en la figura 73. Esta configuración permite medir y analizar la señal del sensor de oxígeno 1, facilitando la evaluación de su funcionamiento y rendimiento.

Figura 73

Conexión del Sensor de Oxígeno O2-1 al Tablero de Control

El oscilograma obtenido muestra que el sensor O2-1 está funcionando correctamente, como se detalla en la figura 74. Los valores registrados incluyen un voltaje mínimo de 0.100V y un voltaje pico de 0.860V, lo que indica que el sensor O2-1 está operando en perfecto estado.

Figura 74

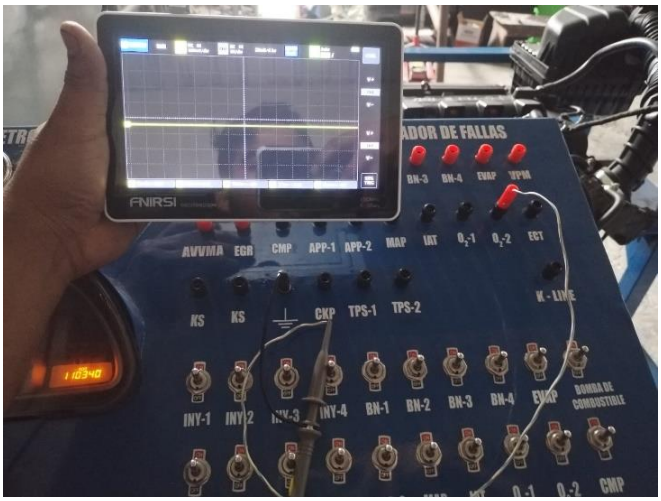
Oscilograma del Sensor de Oxigeno O2-1

4.2.6 Oscilograma del Sensor de Oxigeno O2-2

Se conecta el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer la referencia de tierra. A continuación, el cable plomo del osciloscopio se conecta a la bornera del sensor O2-2, como se muestra en la figura 75. Esta configuración permite medir y analizar la señal del sensor O2-2, facilitando la evaluación de su funcionamiento.

Figura 75

Conexión del Sensor de Oxígeno O2-2 al Tablero de Control



El oscilograma obtenido muestra que el sensor O2-2 está funcionando correctamente, como se ilustra en la figura 76. El voltaje estático registrado es de 0.400V, lo que indica que el sensor O2-2 del banco está operando en óptimas condiciones.

Figura 76

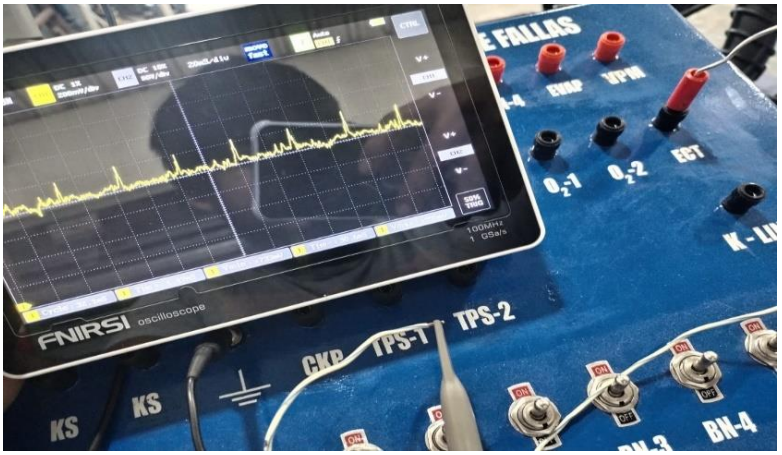
Oscilograma del Sensor de Oxigeno O2-2

4.2.7 Oscilograma del Sensor ECT

Se procede a conectar el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer una referencia adecuada. A continuación, se conecta el cable plomo del osciloscopio a la bornera del sensor ECT, tal como se muestra en la figura 77.

Figura 77

Conexión del Sensor ECT al Tablero de Control



Esta configuración permite medir y analizar la señal del sensor ECT para verificar su funcionamiento.

El oscilograma obtenido indica que el sensor ECT está funcionando correctamente, como se muestra en la figura 78. Se observa un voltaje de 0.900V cuando el motor está encendido, y un voltaje de 0.390V cuando se activa el ventilador. Estos valores confirman que el sensor ECT del banco está operando en perfecto estado.

Figura 78

Oscilograma del Sensor ECT

4.2.8 Oscilograma del Sensor KS

Se procede a conectar el cable de color negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control y el cable plomo del osciloscopio hacia la bornera de ks, tal como se muestra en la figura 79.

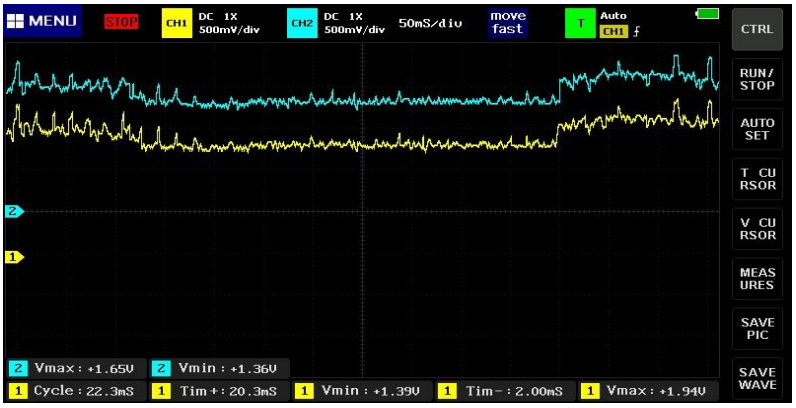
Figura 79 Conexión del Sensor KS al Tablero de Control

Conexión del Sensor KS al Tablero de Control

El oscilograma obtenido muestra que el sensor KS está funcionando correctamente, como se observa en la figura 80, con un voltaje mínimo de 1.39V y un voltaje máximo 1.94V. Esto confirma que el sensor KS del banco está operando en perfecto estado.

Figura 80

Oscilograma del Sensor KS



*4.2.*9 *Oscilograma del Sensor CKP*

Se conecta el cable negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control para establecer una referencia de tierra. Luego, el cable plomo del osciloscopio se conecta a la bornera del sensor CKP, según se ilustra en la figura 81. Esta configuración permite capturar y analizar la señal del sensor CKP, asegurando la correcta medición de su comportamiento.

Figura 81

Conexión del Sensor CKP al Tablero de Control

El oscilograma obtenido muestra que el sensor KS está funcionando correctamente, como se observa en la figura 82, con un voltaje e de 0.40V y un voltaje pico de 4.90V. Esto confirma que el sensor KS del banco está operando en perfecto estado.

Figura 82

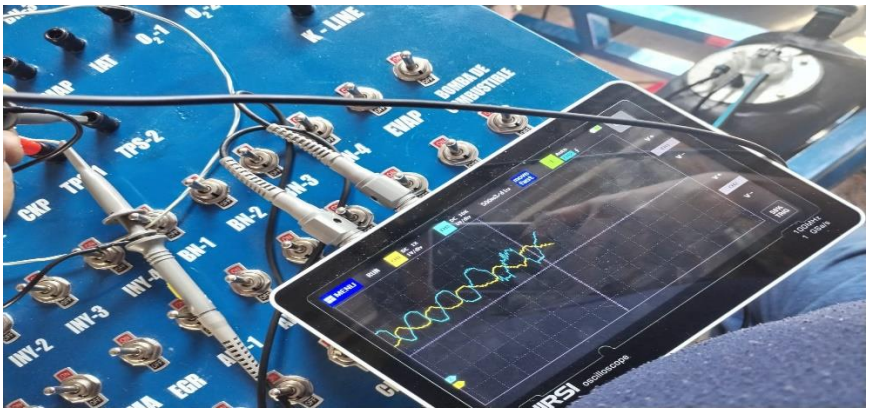
Oscilograma del Sensor CKP

4.2.10 Oscilograma de Sensor TPS – 1 y TPS - 2

Se procede a conectar el cable de color negro del osciloscopio a la señal de tierra del panel de control y el cable plomo del osciloscopio hacia la bornera de TPS – 1 y TPS - 2, tal como se muestra en la figura 83.

Figura 83

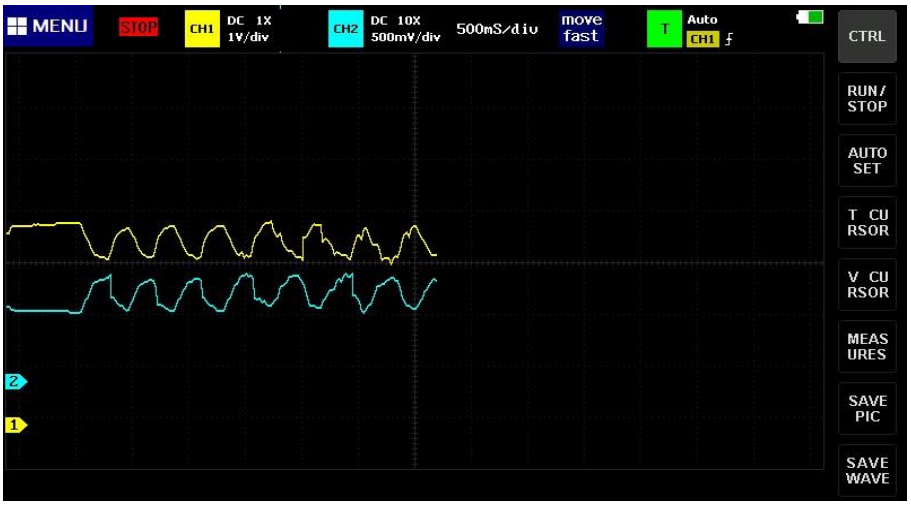
Conexión del Sensor TPS 1 y TPS 2 al Tablero de Control



El oscilograma que se obtiene nos muestra que el sensor ks está trabajando en perfecto estado, tal como se muestra en la figura 84, con un valor el sensor TPS1 incrementa su voltaje de 0.3 a 4.8 voltios de manera ascendente, mientras que el sensor TPS2 disminuye su voltaje de 4.8 a 0.3 voltios de forma descendente. Esto nos indica que el sensor TPS 1 y TPS 2 del banco están trabajando en perfecto estado.

Figura 84

Oscilograma de los Sensores TPS1 y TPS 2



4.3 Análisis de Funcionamiento Final de Sensores y Actuadores en el Banco Repotenciado

Aquí se presenta un análisis de los valores de voltaje registrados en diversos sensores y actuadores del motor, comparados con los rangos típicos de operación en la mayoría de los automóviles. Estos dispositivos, como las válvulas EVAP y EGR, los sensores CMP, APP, MAP, IAT, O2, ECT, y los inyectores y bobinas, operan normalmente dentro de un rango de voltaje que varía entre 0V y 5V para sensores de señal, mientras que los actuadores pueden experimentar picos de hasta 80V debido a la inducción al cerrarse los circuitos.

Por ejemplo, los sensores de oxígeno (O2) operan típicamente entre 0.1V y 0.9V, mientras que los sensores de posición del cigüeñal (CKP) y del árbol de levas (CMP) se encuentran en el rango de 0.5V a 5V. Las bobinas y los inyectores, por otro lado, pueden alcanzar voltajes de inducción entre 40V y 80V.

Tabla 9

Análisis Final de Funcionamiento en Base a Voltajes

Sensores/Actuadores	Voltaje Mínimo (V)	Voltaje Máximo (V)	Explicación del Buen Estado (Rangos de operación típicos de voltaje)
EVAP	-0,058	55	Operación normal entre 0V y 12V para control y hasta 70V por inducción.
EGR	1.1	3	Normalmente opera en 1.1V estando en ralentí y 3V cuando pisa el pedal del acelerador.
CMP	0,646	5,31	Rango común 0,5V a 5V, sensor funcionando correctamente.
APP-1	0,735	4,36	Operación entre 0,5V y 5V, sensor funcionando bien.
APP-2	0,49	2,17	Usualmente funciona entre 0,5V y 5V, dentro del rango esperado.
MAP	0,735	Pico: 2,15	Generalmente en el rango de 0,5V a 5V, en buen estado.
IAT	1,4	2,15	El rango típico es 0,5V a 5V, sensor en condiciones normales.
O2-1	0,1	0,86	Normalmente entre 0,1V y 0,9V, sensor en buen estado.
O2-2	0,4	Estático	Voltaje operativo entre 0,1V y 0,9V, en funcionamiento adecuado.
ECT	0,39	0,9	Funciona entre 0,5V y 5V, sensor operando bien.
KS	1.39	1.94	Funciona alrededor de 0,4V a 5V, sensor dentro de los rangos normales.
CKP	0,40	4,90	Voltaje operativo en 0,5V a 5V, sensor en buen estado.
Inyector 1	1,25	68	Normalmente operan en 0V a 12V y pueden alcanzar hasta 80V al cerrar.
Inyector 2	1,25	68	Rango común de operación entre 0V y 12V y hasta 80V por inducción.
Inyector 3	1,09	68	Operación normal entre 0V y 12V y hasta 80V en cierre.
Inyector 4	1,29	60	Rango de operación habitual entre 0V y 12V, hasta 80V.
Bobina 1	1,26	40	Rango común de operación 0V a 12V, puede alcanzar hasta 40-80V.
Bobina 2	1,26	40	Generalmente opera entre 0V y 12V, alcanza hasta 40-80V.
Bobina 3	0,97	40	Operación habitual 0V a 12V, voltajes de hasta 40-80V.
Bobina 4	1,23	40	Normalmente opera entre 0V y 12V, alcanzando 40-80V.

Los valores obtenidos en las pruebas se encuentran dentro de estos márgenes, lo que indica que los componentes están en buen estado y operando de manera óptima. Este análisis permite verificar el correcto funcionamiento del banco de pruebas del motor y asegura que los sistemas de control electrónico están operando dentro de los parámetros especificados.

Esta tabla incluye los rangos típicos de operación de voltaje para sensores y actuadores en la mayoría de los automóviles indicando que el funcionamiento del motor del Sail colocado en el banco funciona correctamente.

Conclusiones

El banco de pruebas del motor Chevrolet Sail 1.4 presentaba deficiencias significativas que afectaban su funcionalidad y fiabilidad. Las dimensiones del banco limitaban el acceso para el mantenimiento preventivo, como el cambio de aceite, y la estructura de ángulos no soportaba adecuadamente el peso del motor, causando deformaciones y comprometiendo la estabilidad. El diseño del porta base y las ruedas también necesitaban mejoras para soportar el peso y resistir condiciones adversas. El sistema eléctrico mostraba problemas serios, con cableado desordenado y sin protección, aumentando el riesgo de daños y fallos eléctricos. Los conectores presentaban alta resistencia, impactando la precisión de los sensores, y las conexiones no estaban soldadas correctamente, afectando la estabilidad del sistema. En cuanto al sistema mecánico, las bujías y los inyectores estaban desgastados, el sistema EVAP no estaba adaptado al motor, y las mangueras de refrigeración presentaban fugas. El empaque de unión del sistema de escape estaba obstruido, reduciendo la eficiencia del motor. Se hizo esencial realizar una repotenciación integral, reemplazando componentes defectuosos y corrigiendo problemas de diseño, para mejorar el rendimiento y la precisión del banco de pruebas.

La repotenciación del banco de pruebas para el motor Chevrolet Sail 1.4 se completó con éxito, abordando las deficiencias del diseño original. La nueva estructura se diseñó utilizando acero ASTM A36, ASTM A242 y ASTM A283, elegidos por su resistencia y durabilidad. El diseño consideró un peso total de 2686,37 N para la estructura, calculado a partir del peso del motor (260,8 kg) más un 5% de factor de seguridad. Para garantizar la integridad estructural, se realizaron simulaciones en Inventor Autodesk. El cálculo del Normal Stress S Max, con el peso total del motor, resultó en una tensión normal máxima de 71,29 MPa. Este valor asegura que el acero estructural puede soportar las cargas aplicadas sin riesgo de deformación o falla. La fabricación incluyó tubos cuadrados de 2x2 pulgadas y planchas de acero para la estructura, junto con soldadura de alta calidad. Se instalaron sistemas de

aislamiento para minimizar vibraciones y ruedas diseñadas para soportar el peso. El montaje del motor incluyó la revisión y sustitución de componentes críticos, como bujías e inyectores. Se construyó un tablero de control con medidas de 70x40x25 cm en plancha galvanizada de 0.5 mm para la simulación de fallas del sistema de inyección. Finalmente, el banco fue ensamblado y puesto en funcionamiento, cumpliendo con los estándares de seguridad y eficiencia.

En la verificación del funcionamiento del banco de pruebas para el motor Chevrolet Sail 1.4, se lograron resultados satisfactorios en todas las evaluaciones. La simulación de fallas y la verificación de señales se realizaron utilizando un Osciloscopio FNIRSI para obtener oscilogramas de sensores y actuadores. Los inyectores mostraron voltajes mínimos entre 1.09V y 1.29V y voltajes de inducción entre 60V y 68V, confirmando su óptimo funcionamiento. Las bobinas de encendido también operaron correctamente, con voltajes mínimos entre 0.970V y 1.26V y voltajes de salto de chispa de 40V. Las válvulas EVAP, AVVMA presentaron voltajes mínimos de -0.058V y voltajes de inducción de 55V, indicando un funcionamiento adecuado. La válvula VPM mostro voltajes mínimos de -0.058V y voltajes máximos de 0.500. La válvula EGR presento un voltaje de 1.1V en ralentí y 3V pisando a fondo el pedal del acelerador. Los sensores CMP, APP-1, APP-2, MAP, IAT, O2-1 y O2-2 mostraron valores de voltaje en los rangos esperados, con lecturas que confirmaron su correcto desempeño. El sensor ECT tuvo voltajes de 0.900V con el motor encendido y 0.390V al activar el ventilador. El sensor KS también mostró un voltaje 1.39V a 1.94V. Estos resultados garantizan que el banco de pruebas y la simulación de fallas operaron con éxito, cumpliendo con los estándares de funcionamiento requeridos.

Recomendaciones

Es esencial mantener una revisión periódica del sistema de monitoreo de señales en el banco de pruebas para asegurar un rendimiento óptimo del motor Chevrolet Sail 1.4. La verificación constante de los inyectores, bobinas, válvulas y sensores garantiza que todos los componentes operen dentro de los parámetros especificados. Se recomienda realizar análisis regulares de los oscilogramas obtenidos con el Osciloscopio FNIRSI, enfocándose en las variaciones de voltaje y patrones de señal. El monitoreo continuo permite identificar desviaciones a tiempo, facilitando ajustes proactivos antes de que surjan fallas críticas.

Es necesario implementar un calendario de mantenimiento preventivo para el equipo de medición contribuye a la detección temprana de problemas, mejorando la precisión y fiabilidad de los datos. Esta práctica asegura que el banco de pruebas funcione correctamente y que los resultados obtenidos reflejen con exactitud el estado real del motor, optimizando su rendimiento y prolongando la vida útil de los componentes.

Para asegurar un rendimiento óptimo y una larga vida útil del banco de pruebas, es fundamental establecer un plan de mantenimiento basado en el uso del horómetro. El horómetro permite registrar el tiempo de operación del banco de pruebas y planificar el mantenimiento preventivo de manera eficiente.

Se recomienda realizar un cambio de aceite cada 250 horas de funcionamiento. El aceite es crucial para lubricar los componentes mecánicos del banco y mantener su eficiencia. El aceite usado debe ser reemplazado para evitar el desgaste prematuro de las piezas y la acumulación de contaminantes que podrían afectar el rendimiento. En cuanto a otros componentes críticos, se debe revisar el sistema de filtros (de aire, aceite y combustible) cada 500 horas. Los filtros deben ser limpiados o reemplazados según el estado de acumulación de partículas. También es aconsejable inspeccionar y ajustar las correas y cadenas cada 500 horas, asegurando que no haya deslizamientos ni desgastes significativos.

Además, realizar una revisión general del sistema de sensores y cables cada 1000 horas de operación es esencial para detectar posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores. Esta revisión incluye comprobar conexiones, calibrar sensores y verificar la integridad de los cables.

Bibliografía

AEADE. (2024). Asosicación de empresas automotrices del Ecuador. Obtenido de Venta de vehículos: https://www.aeade.net/

Alegre, J. (2022). Análisis CFD de la influencia de la aerodinámica en el consumo energético de vehículos en formación. https://riunet.upv.es/handle/10251/183892

ALIENTECH. (2022). Lees y escribes. Obtenido de https://www.alientech-tools.com/es/k-tag/

Álvarez, E. E. (2019). Repotenciación de un motor estándar. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7149/1/137145.pdf

Arias, F. (2008). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Editorial Texto, C.A.

Ballesteros, G., Punina, H., Miranda, V., & Solis, M. (2022). La importancia de un banco de ensayos para mejorar el rendimiento de un motor de 4 tiempos. Revista Polo del Conocimiento, 7(1), 598-614. https://doi.org/10.23857/pc.v7i1.3497

Ballesteros-López, J. G., Miranda-Reyes, O. v, & Rocha-Hoyos, J. C. (2021). Estudio de características e innovaciones tecnológicas del amortiguador de sistema de suspensión para vehículos. Domino de Las Ciencias, 702–721. https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1671

Bejarano Tenza, G. E., Montaña Galán, J. I., & López, M. D. (2019). Banco de pruebas para un motor de cuatro tiempos mono cilíndrico. https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3231

Best, J. (2008). Cómo investigar en educación. Ediciones Morata.

Bosch, G. (2000). Manual práctico del automóvil - reparación, mantenimiento y prácticas. Grupo cultural.

Bosch, R. (2005). Manual de la técnica del automóvil. Robert Bosch GmbH.

Bosch, R. (2019). Engine Control Unit BX. https://es.bosch-

automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/specials_1/commercial_vehicle/repairs_exchange/bosch_exchange_2/engine_control_unit_bx_repaustausch_truck_special_parts/engine_control_unit_bx_repaust_truck_special_parts.html

Bosch. (2008). Manual de técnica del automóvil. Buer&Parnet.

Bosch. (2009). Manual de la técnica del automovil. Reverte S.A.

Bosch. (2013). Catálogo Bosch. http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Inyecci%C3%B3n/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n.pdf

Briones, S. E. (2019). Diseño de banco de pruebas para motor Chevrolet Tracker de 138 hp para mejorar la productividad de la empresa General Motors - Cajamarca. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38732/Briones_SES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Burgos Macias, N. L., & Pacheco Coque, C. A. (2018). Diseño y desarrollo de un banco de pruebas para diagnóstico automotriz. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16521

Castro, J. (febrero de 2020). Auto Avance. Obtenido de Reprogramación con J2534: https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/reprogramacion-j2534/

Chadán Tintín, E. C., & Coque Guanopatin, J. E. (2021). Repotenciación del banco de pruebas de inyección indirecta del laboratorio de Autotrónica mediante un sistema electrónico para el diagnóstico y lavado de inyectores del sistema de inyección directa (GDI). http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16012

Cházaro, C., & Alvarez, O. (2016). Elección del tipo de acero para estructuras. GerdauCorsa.

Conesa, R. (2022). Estudio experimental y numérico del perfil aerodinámico con curvatura NACA. 4412. https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/92c5bdc7-3552-4c43-b720-1df5d63bfc36/content

Conforme Tumbaco, E. J. (2018). Diseño y construcción de un banco de pruebas para el motor 1.600cc de 16 válvulas del Hyundai Accent año 2004. https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2762/1/TUIDE-204.pdf

Consultores, D. (2023). HYUNDAI Accent 1.6 112 Cv GLS 4P. https://www.cochesyconcesionarios.com/fichas/hyundai/accent/119188058-prestaciones-dimensiones.html

Crouse, W. (2008). Mecanica del Automovil. McGraw-Hill.

Cueva, L. D. (2023). Sistema avanzado de asistencia al conductor para la detección de distracción y somnolencia utilizando puntos de referencia faciales. CEDAMAZ, 13(1), 90–95. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/1814

De Castro, M. (2008). Inyeccion y encendido. CEAC.

Derivats-EIDE, E. I. (2022). Bancos de prueba. https://eide.net/bancos-de-prueba/

Emprento, C. (2020). CodigosDTC CKP. https://codigosdtc.com/sensor-ckp/

EuroLab, G. (2022). Pruebas automotrices. https://www.laboratuar.com/es/sektorel/otomotiv/#:~:text=Las%20pruebas%20de%20mec%C3%A1nica%20automotriz,pruebas%20de%20estr%C3%A9s%20y%20m%C3%A1s.

Fernández, H. R. (2023). Propuesta de mejora aerodinámica de un autobús. https://upcommons.upc.edu/handle/2117/395394

Fernández, L. (2023). Vehicle integrated photovoltaics, ¿ Futuro de la movilidad sostenible? https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/19953

Fiallos, C. (2020). Diseño de un simulador de fallas para el sistema de inyección electrónica del vehículo ford edge. https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4269/1/T-UIDE-0053.pdf

Fierro, R., & Ordoñez, A. (2018). La ingeniería automotriz.

https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17060/1/La%20ingenieri%CC%81a%20automotriz.pdf

Fracica, G. (1988). Modelo de simulación en muestreo. Universidad de la Sabana.

Gallego, F. (2016). PROPIEDADES DEL ACERO USADO EN LAMINADO EN FRIO. https://docplayer.es/12152788-Propiedades-del-acero-usado-en-laminado-en-frio.html#show_full_text

Gamboa, C. (2020). Diseno Aerodinamico De La Carroceria De Un Vehiculo Para La Participacion En La Competencia De Eficiencia Energetica Shell Eco Marathon En La Categoría Prototipo. http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1376

General Motors. (2014). Manual de Servicio. General Motors.

GL EX en el uso de combustible diésel de diferentes proveedores. UIDE.

González Calleja, D. (2018). Motores. Paraninfo. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=HxJMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Motores+de+combusti%C3%B3n+interna&ots=IOWj9H6zva&sig=HGtMCzB

González, D. (2011). Motores. Paraninfo.

Guerra, S. A., Correa, L. A., & Maigua, D. P. (2022). Eficiencia del sistema de frenos en vehículos eléctricos. Polo Del Conocimiento, 7(10), 1743–1760. https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4813

Gutiérrez, M. (2012). Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos. IC Editorial.

Hartman, J. (2013). Cómo afinar y modificar sistemas de control de motores automotrices. Lexus.

Inma. (2024). Rodes recambio. Obtenido de Todo sobre la centralita ECU y su funcionamiento: https://www.rodesrecambios.es/blog/mecanica/sistema-electronico/centralita-ecu/partes-caracteristicas-funciones/

International, A. (2019). Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. West Conshohocken, PA.

Laskowski, R., Chybowski, L., & Gawdzińska, K. (2015). An engine room simulator as a tool for environmental education of marine engineers. In New Contributions in Information Systems and Technologies: Volume 2 (pp. 311–322). Springer International Publishing.

Lerma Gonzáles, H. D. (2009). Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto. Ecoe Ediciones.

Lira, G. (enero de 2023). Auttofact. Obtenido de ECU ¿Que es la unidad de control de motor?: https://www.autofact.cl/blog/mi-auto/mantencion/ecu

Llanes Cedeño, E. A., Carguachi Caizatoa, J. B., & Rocha Hoyos, J. C. (2018). Evaluación energética y exergética en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6L. Enfoque UTE, 9(4), 221-232. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.365

Llanes Cedeño, E. A., Carguachi Caizatoa, J. B., & Rocha Hoyos, J. C. (2018). Evaluación energética y exergética en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6L. Enfoque UTE, 9(4), 221–232. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.365

Lopez, J. B., Reyes, O. M., Lara, C. S., & Yanzapanta, A. G. (2023). Selección del motor y análisis estructural fem del vehículo tipo volksrod de propulsión eléctrica. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS, 5(4), 342–367. http://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/672

Luque Moreno, H. A., & Domínguez Gamboa, L. M. (2020). Diseño y fabricación de la estructura de un banco de pruebas para motores de combustión interna (MCI). https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19115/Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20la%20estructura%20de%20un%20banco%20de%20pruebas%20para%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna%20(MCI)..pdf?sequence=1

Melchor, J. (2012). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto (MF0133_2). IC Editorial.

Noroña, M. (2018). Estudio de emisiones contaminantes producidas por un motor MEP con transmisión automática y transmisión manual. INNOVA Research Journal, 3(4), 120-128. https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v3.n4.2018.644

Noroña, M. (2022). Restitución de Baterías de Vehículos Híbridos Y Eléctricos Mediante un Proceso de Regeneración Eléctrica. Ecuador: Tinta & Pluma.

Noroña, M. V, & Gómez, M. F. (2019). Desarrollo e innovación de los sistemas mecatrónicos en un automóvil: una revisión. Enfoque UTE, 10(1), 117-127. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-019000100117&script=sci_arttext

Noroña, M. v, & Gómez, M. F. (2019). Desarrollo e innovación de los sistemas mecatrónicos en un automóvil: una revisión. Enfoque UTE, 10(1), 117–127. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-019000100117&script=sci_arttext

Ocaña Sánchez, C. F., & López Velasteguí, D. A. (2018). Repotenciación del banco de pruebas para los inyectores del motor PT6 A-68C del avión A-29B Super Tucano perteneciente al grupo logístico No. 232 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/9843

Orozco, J. (2014). Manual de computadoras y módulos automotrices. México Digital Comunicación S.A.

Padilla, B. (2012). Técnicas básicas de mecánica de vehículos. IC Editorial.

Peralvo, D., & Sandoval, D. (2020). Repotenciación de un banco de pruebas de control, neumático y electroneumático, para el desarrollo de prácticas de laboratorio. http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6769

PETROLHEADGARAGE. (2018). Inyector gasolina. https://petrolheadgarage.com/Posts/inyector-gasolina/

Pico, G. M. (2019). Sistema avanzado de asistencia al conductor empleando visión artificial en vehículos de transporte público. http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29951

Putra, W., Jamaaluddin, J., & Anshory, I. (2024). Spreadsheet-Based Car Engine Temperature and Compression Pressure Gauge. Journal of Computer Networks, Architecture and High-Performance Computing, 6(1). https://doi.org/10.47709/cnahpc.v6i1.3472

Reyes, G. G., Guanuche, D. J., Pulles, S. A., & Aguirre, M. S. (2021). Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito. Dominio de Las Ciencias, 7(5), 937–958.

Rivera, B. G., & Uyaguari, C. I. (2021). Diseño del carenado de un vehículo eléctrico biplaza. https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10841

Rodríguez, J. (2013). Historia del carburador. http://www.ehowenespanol.com/historia-del-carburador-hechos_103090/

Ruales García, G., Caiza Quishpe, L., & Fraga Portilla, J. (2022). Utilidad de un banco de pruebas de inyectores a gasolina. Revista Polo Del Conocimiento, 7(9), 1575–1590. https://doi.org/10.23857/pc.v7i9

Sanchez, E. (2008). Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Profesional.

Sanchez, E. (2009). Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia S.A.

Sánchez, M. C. (2020). Simulación numérica de algunos modelos de turbulencia con aplicaciones a la aerodinámica de vehículos. https://repositorio.upct.es/handle/10317/8924

Sensormotriz.com. (2019). Sensor de oxígeno. https://sensorautomotriz.com/sensor-de-oxigeno/

Sernauto. (2023). Obtenido de La ECU el cerebro de la gestión del motor: https://www.sernauto.es/blog/la-ecu-el-cerebro-de-la-gestion-del-motor/

Sitrack. (2021). Eficiencia en el uso de combustible para reducir impacto ambiental. Obtenido de https://blog.sitrack.com/eficiencia-en-el-uso-de-combustible-para-reducir-impacto-

ambiental

Spectrapremium. (2020). Resources. https://www.spectrapremium.com/es/resources?niveau3=13#11

Srinivasan, S. (2008). Automotive Mechanics. Tata McGraw-Hill Education.

Tecnobus. (2021). Tecnobus. Obtenido de https://tecnobus-sl.com/el-banco-de-pruebas-un-sistema-imprescindible-y-lleno-de-ventajas/

Torres, I. (2023). IVE CONSULTORES. Obtenido de QUE ES PROCESO: https://iveconsultores.com/que-es-un-proceso/#:~:text=Un%20proceso%20es%20una%20secuencia,producto%20o%20servicio%20al%20cliente.

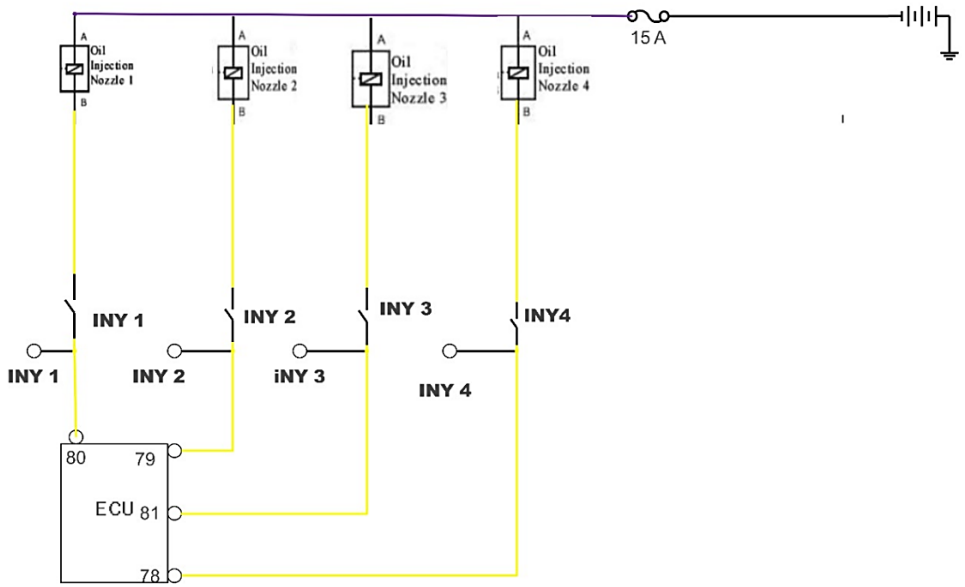
Ugeño Guilcapi, U. G., & Acurio Barriga, W. A. (2022). Diseño y construcción del banco de pruebas para comprobar y verificar la computadora automotriz con inyección electrónica a gasolina de un vehículo Aveo Family. http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/228

Anexos

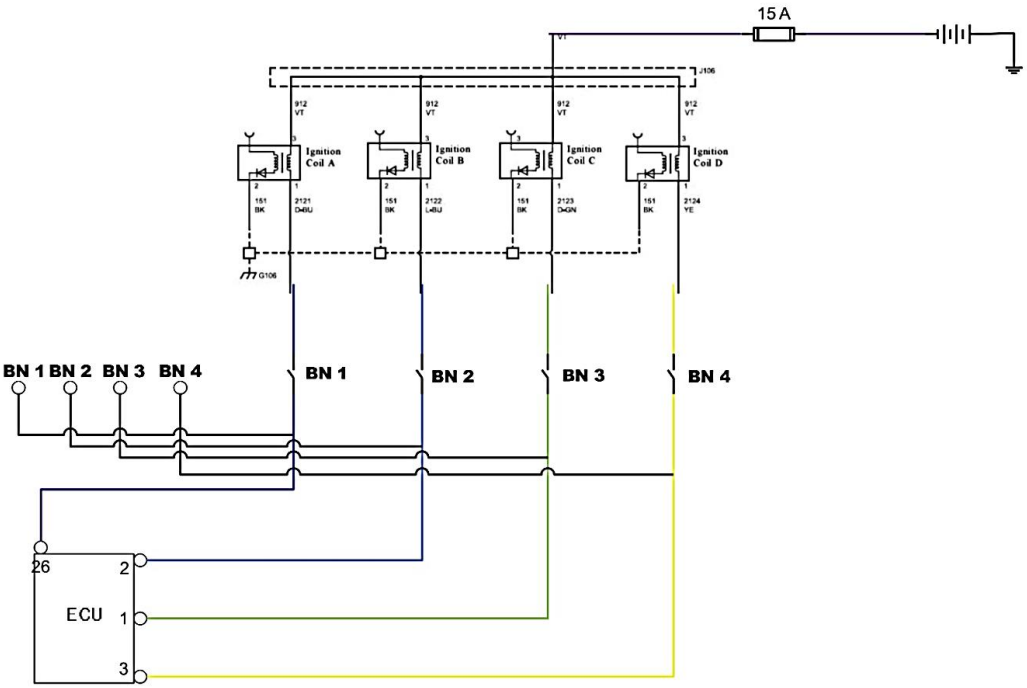
A.1 Circuitos del Tablero de Control

A.1.1 Conexión de Mando de los Actuadores al Tablero de Control. Los diagramas eléctricos siguientes ilustran cómo se conecta cada interruptor al cableado de salida de la ECU y a cada actuador, siguiendo el esquema de pines especificado en el Pin Out de la ECU. Los colores de los cables mostrados en los diagramas corresponden a los cables físicos presentes en los elementos del tablero de control.

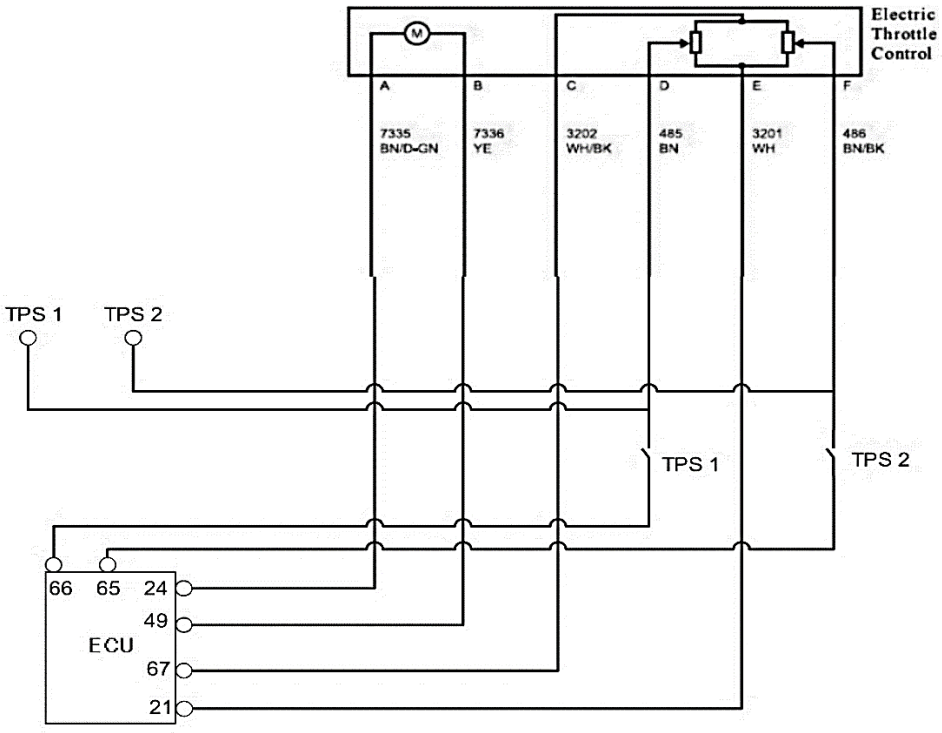
a) Conexión Eléctrico de Inyectores: El circuito de cada inyector se conecta al sistema hasta alcanzar la consola de control. En la consola, se instala un interruptor on/off para el control del inyector, y se realiza un puente hacia la bornera con conectores banana para facilitar la conexión y desconexión



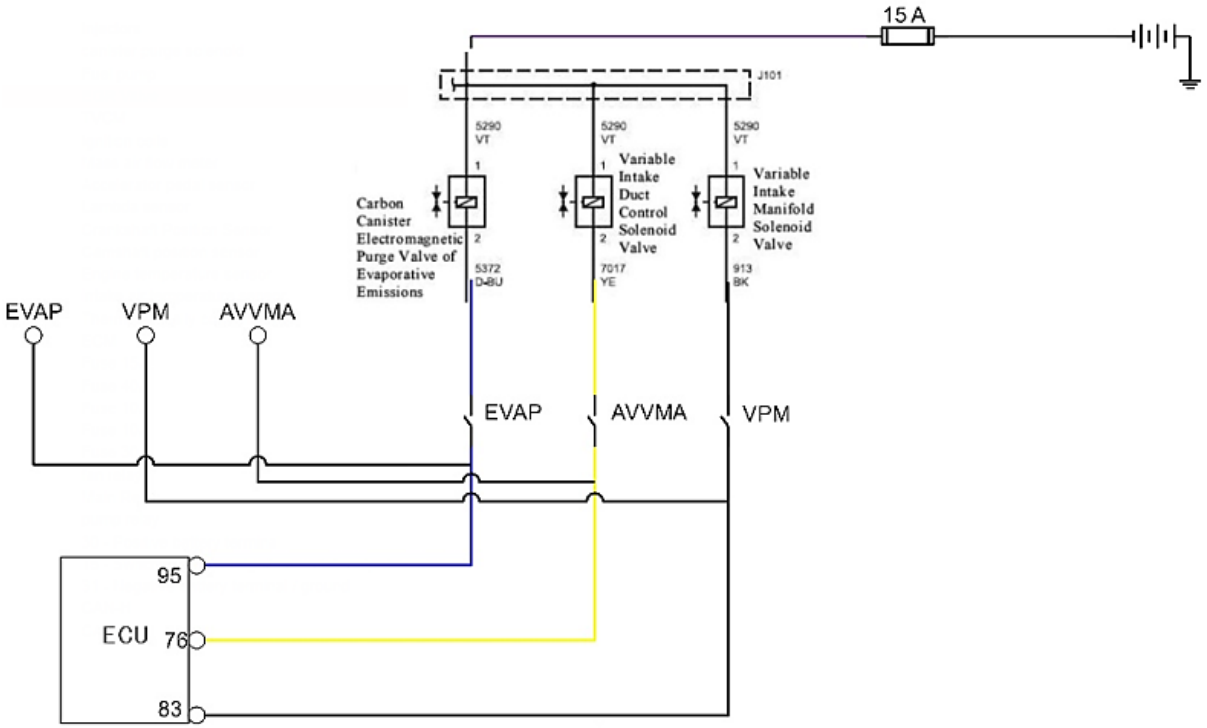
b) Conexión Eléctrico de Bobinas*:* El circuito de cada bobina se conecta inicialmente hasta la consola de control. En este punto, se incorpora un interruptor on/off, que se utiliza para conectar a través de un puente al conector tipo banana.



c) *Conexión Eléctric*o del Cuerpo de Aceleración*:* En el circuito original del cuerpo de aceleración, se intervienen los pines 66 y 65 de la ECU, que corresponden a las señales TPS1 y TPS2, respectivamente. A cada uno se le añade un interruptor y un conector tipo banana para su control y conexión.

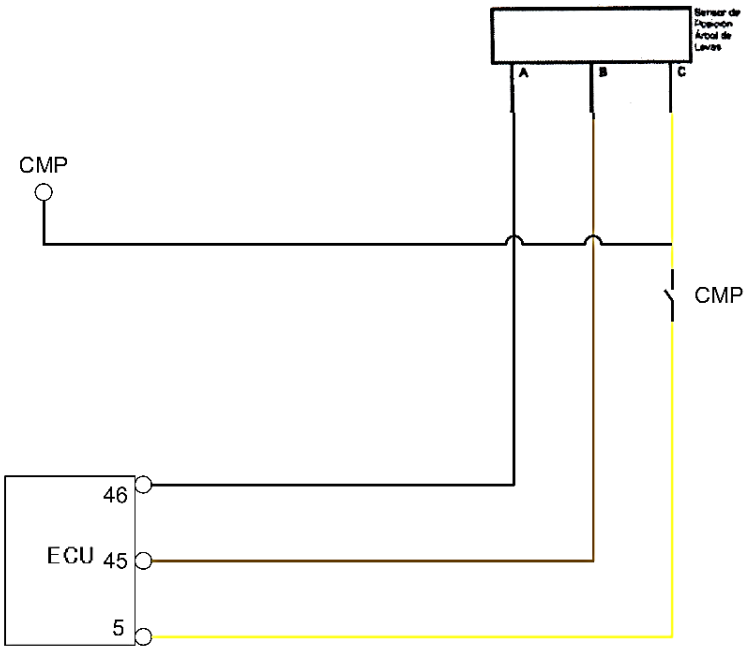


d) *Conexión Eléctric*o *de EVAP – VPM - AVVMA:* El circuito original de la válvula EVAP, el solenoide VPM y el solenoide AVVMA se extiende hasta la consola de control. En cada uno de estos componentes, se instala un interruptor on/off y se realiza un empalme para conectarlos al conector tipo banana.

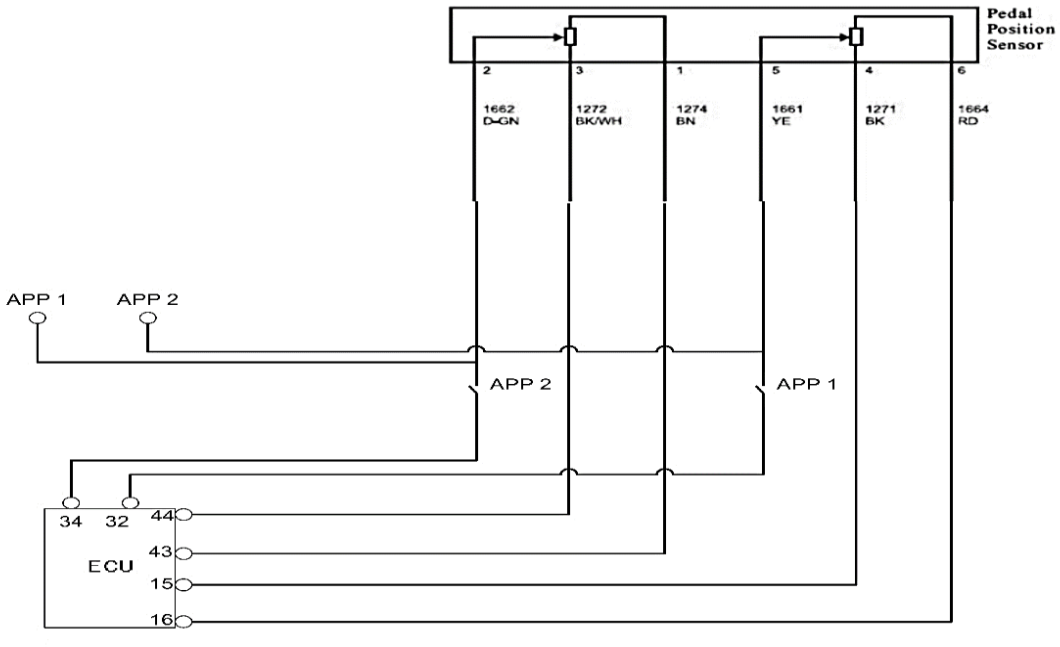


A1.2 Conexión de Mando de los Sensores al Tablero de Control. Los diagramas eléctricos siguientes ilustran cómo se conecta cada interruptor al cableado de señal del sensor que ingresa a la ECU, siguiendo el esquema de pines especificado en el Pin Out de la ECU. Los colores de los cables mostrados en los diagramas corresponden a los cables físicos presentes en los elementos del tablero de control.

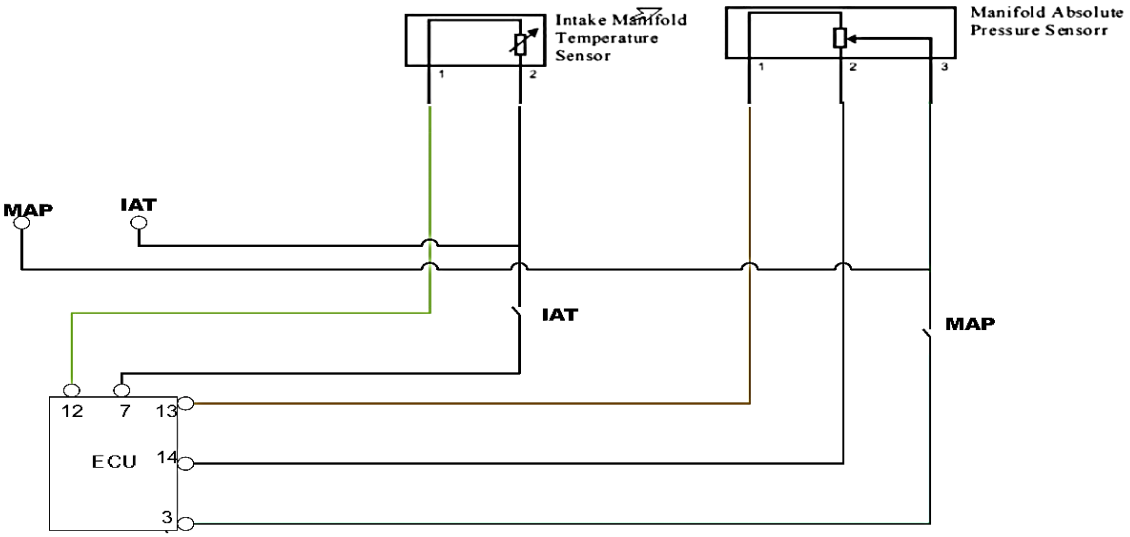
a) *Conexión Eléctrica del Sensor CMP:* En el circuito original, el pin 5 de la ECU, que transmite la señal, se conecta mediante la adición de un interruptor y un conector tipo banana.



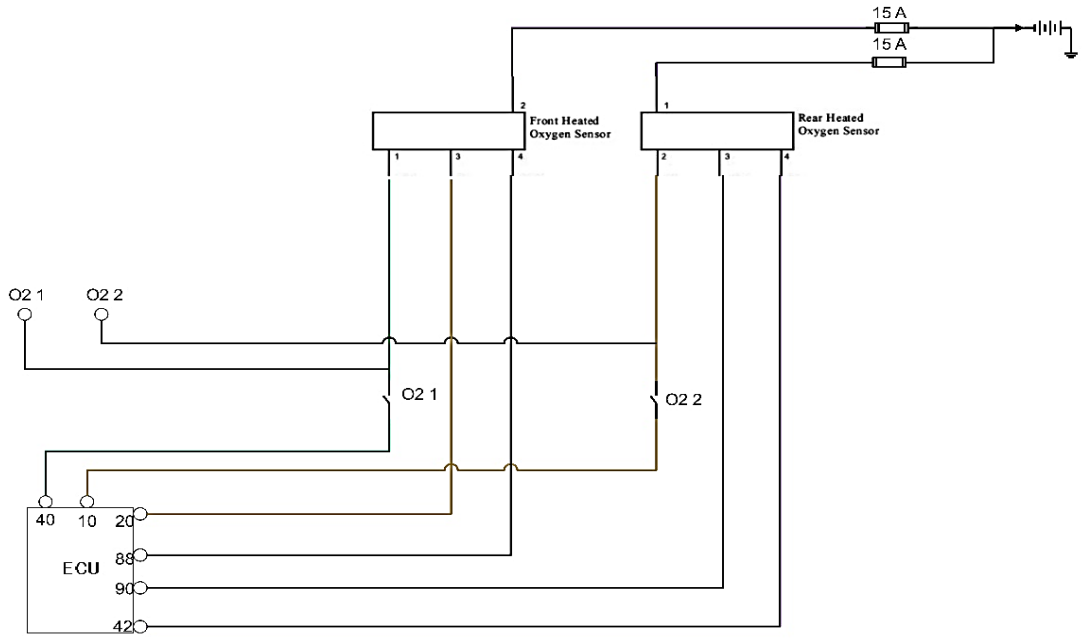
b) Conexión Eléctrica del Sensor APP1 y APP2: En el circuito original del sensor de posición del pedal del acelerador, los pines 32 y 34, que corresponden a las señales, se conectan añadiendo un interruptor y un conector tipo banana.



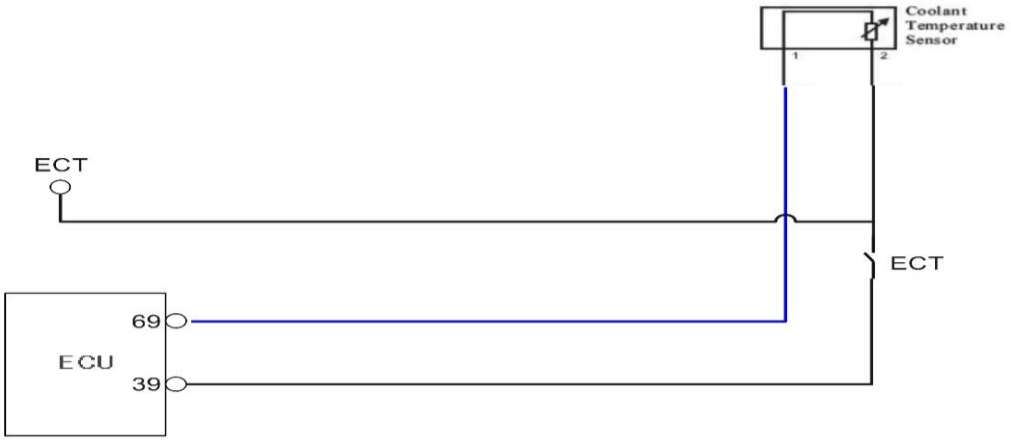
c) Conexión Eléctrica del Sensor IAT y MAP: En el circuito original del sensor MAP y el sensor IAT, se intervienen los pines 7 para la señal del IAT y 3 para la señal del MAP. A estos pines se les añade un interruptor y un conector tipo banana.



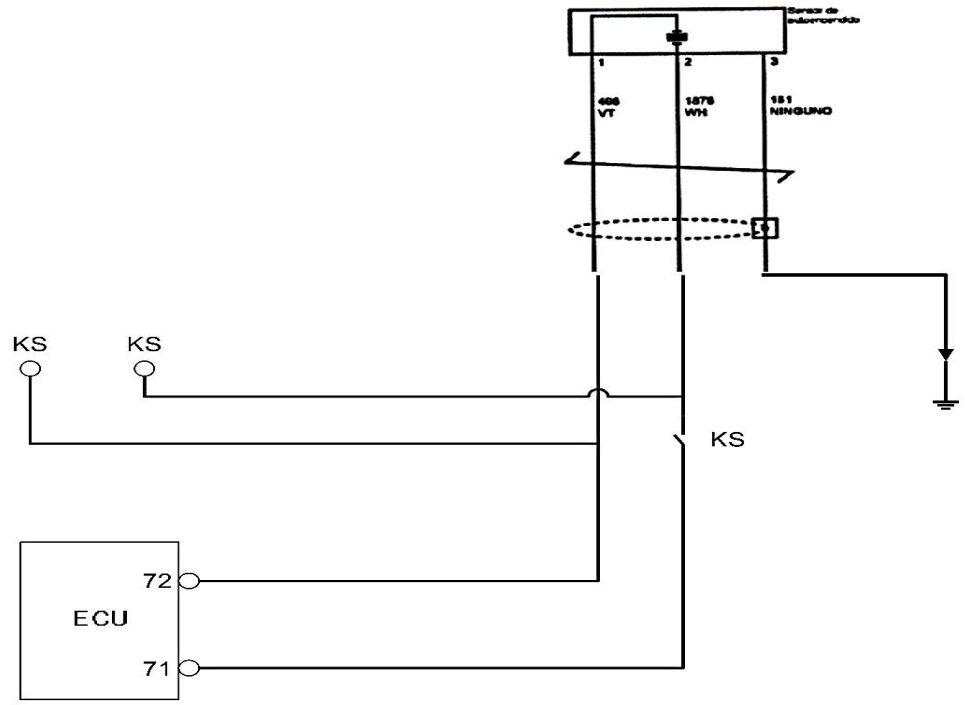
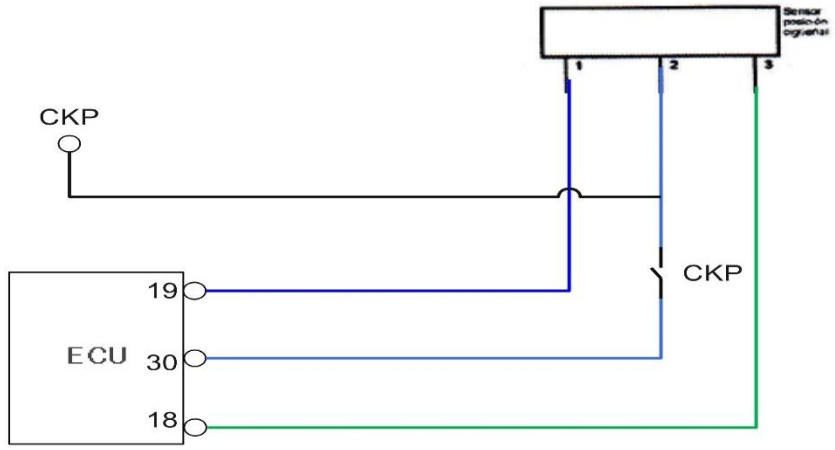
d) Conexión Eléctrica de los Sensores de Oxigeno: En los circuitos originales de los sensores de oxígeno, se intervienen el pin 40 para la señal del primer sensor de oxígeno y el pin 10 para la señal del segundo sensor de oxígeno. A cada uno de estos pines se le agrega un interruptor y un conector tipo banana hembra.



*e) Conexión Eléctrica de*l Sensor ECT*:* En el circuito del sensor de temperatura del refrigerante, se interviene el pin 39, que corresponde a la señal del sensor. Se le añade un interruptor y un conector tipo banana para facilitar la conexión y el control.



*f) Conexión Eléctrica de*l Sensor KS*:* En el circuito original, que se extiende hasta el tablero de control, se interviene el pin 71 de la ECU, correspondiente a la señal del sensor, añadiendo un interruptor y un conector tipo banana. En el pin 72 de la ECU, se realiza únicamente un empalme con un conector tipo banana.



*g) Conexión Eléctrica de*l *Sensor CKP:* En el circuito original del sensor de posición del cigüeñal, que llega al tablero de control, se interviene el pin 30 de la ECU, correspondiente a la señal del sensor. Se le añade un interruptor y un conector tipo banana para facilitar la conexión y el control.