

INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO

VIDA NUEVA

SEDE MATRIZ



TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TEMA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE COMPUTADORAS
AUTOMOTRICES MULTIMARCA PARA CHEVROLET CORSA, HYUNDAI ACCENT Y

NISSAN SENTRA B13

PRESENTADO POR

MORENO CHILUISA EDGAR VINICIO

PILAGUANO PILICITA LENIN MARCELO

PITISACA VALLE JOSÉ GABRIEL

TUTOR

ING. UGEÑO GUILCAPI DENIS MARCELO

FECHA

JUNIO 2024

QUITO – ECUADOR

Tecnología en Mecánica Automotriz

Certificación del Tutor

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para Chevrolet corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13”, presentado por los ciudadanos Pilaguano Pilicita Lenin Marcelo, Pitisaca Valle Jose Gabriel y Moreno Chiluisa Edgar Vinicio, para optar por el título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de junio de 2024.

Tutor: Ing. Ugeño Guilcapi Denis Marcelo

C.I.: 1721866778

Tecnología Mecánica Automotriz

Aprobación del Tribunal

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema:
“Diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para Chevrolet corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13”, presentado por los ciudadanos, Pilaguano Pilicita Lenin Marcelo, Pitisaca Valle Jose Gabriel y Moreno Chiluisa Edgar Vinicio facultado en la carrera Tecnología en Mecánica Automotriz.

Para constancia firman:

C.I.:

DOCENTE TUVN

CI:

DOCENTE TUVN

C.I.:

DOCENTE TUVN

Tecnología en Mecánica Automotriz

Cesión de Derechos de Autor

Nosotros, Pilaguano Pilicita Lenin Marcelo portador de la cédula de ciudadanía 1727012062, Pitisaca Valle Jose Gabriel portador de la cédula de ciudadanía 1723021588 y Moreno Chiluisa Edgar Vinicio portador de la cédula de ciudadanía 1726758426, facultados en la carrera Tecnología en Mecánica Automotriz, autores de esta obra, certifico y proveo al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este proyecto de aplicación práctica con el tema “Diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para Chevrolet corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de nuestro proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de junio de 2024.

Pilaguano Pilicita Lenin Marcelo

C.I.: 1725500412

Pitisaca Valle José Gabriel

CI: 1723021588

Moreno Chiluisa Edgar Vinicio

CI: 1726758426

Dedicatoria

A mis padres, hermanas y hermano, quienes me han brindado su amor incondicional, apoyo y sabiduría a lo largo de mi vida. Gracias por enseñarme la importancia de la perseverancia y dedicación.

Att. José Pitisaca

A mis Padres y Hermanas quienes fueron el pilar fundamental a lo largo de todo el proceso estudio de mi carrera, quienes fueron los que siempre me motivaron para poder continuar y finalizar mi carrera.

Att. Edgar Moreno

A mis Padres y mi Hogar por haberme formado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes ya que me han formado con reglas y libertades, lo que siempre me ha motivado para alcanzar mis anhelos y metas.

Att. Lenin Pilaguano

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la fuerza necesaria para superar desafíos y lograr mis objetivos. Agradezco a mi asesor de Proyecto de aplicación práctica, por su guía, conocimiento y dedicación. Su orientación ha sido esencial para el desarrollo y finalización de este trabajo.

Att. José Pitisaca.

Mi más sincero agradecimiento a mi familia que me apoyaron para llegar a culminar esta meta más en mi vida académica, también le quedo muy agradecido a nuestro tutor por sabernos guiar con mucha dedicación y paciencia en desarrollo de este proyecto de aplicación práctica y culminarla de la mejor manera. De igual manera, agradezco a mis docentes que nos impartieron sus conocimientos de cada una de sus respectivas materias y por último agradezco al Instituto por ser un camino que me permitió obtener este tan anhelado título.

Att. Lenin Pilaguano.(Ortega, 2022)

Agradezco a mis Padres y Hermanas por sus palabras de aliento las cuales me brindaban para seguir estudiando ya que sin su apoyo no hubiese podido terminar mis estudios, mi Familia fue el motiva más importante que tuve para terminar con mis estudios para que ellos se sientan felices y orgullosos de poderme ver todo un profesional.

Att. Edgar Moreno.

Tabla de Contenido

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Antecedentes	15
Justificación	16
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17
Marco Teórico	18
Sistema de Inyección Electrónica	18
Principio de Funcionamiento	19
Sensores de los Sistemas de Inyección Electrónica de Combustible	20
Clasificación de los Sistemas de Inyección de Electrónica de Combustible	20
Sistema de Inyección Indirecta o EFI	21
Sistema de Inyección Directa (DI)	22
Sistema de Inyección Secuencial	22
Sistema de Inyección Multipunto (MPI)	22
Sistema de Inyección Monopunto	23
Sensores de los Sistemas de Inyección Electrónica de Combustible	23
Tipos de Sensores y Clasificación	24
Según el Tipo de Señal de Salida	24
Analógicos	24
Digitales	25

	8
Según la Magnitud Física	25
Posición	25
Velocidad	25
Simulación de Sensores	25
Sensores del Sistema de Inyección y sus Características	26
Sensor MAP	26
Sensor de Temperatura ECT	27
Sensor de Oxígeno	28
Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)	28
Sensor de Posición del Pedal del Acelerador (TPS)	29
Sensor CKP	30
Actuadores	31
Inyectores de Combustible	32
Válvula de Control de Aire (IAC)	32
Válvula EGR (Recirculación de Gases de Escape)	33
Bobinas de Encendido DIS	34
Tipos de Bobinas de Encendido	34
Bobinas de Encendido DIS	34
Osciloscopio	35
Funcionamiento	36
Componentes que se pueden Comprobar con el Osciloscopio	37
Computadoras Automotrices y Control Electrónico	38
Generalidades del Funcionamiento Interno de las ECU	39

	9
Bancos de Pruebas para Computadoras Automotrices	39
Conector Hembra OBDII de 16 Pines	40
Framework de Arduino	41
Microcontroladores	42
Arduino Uno R3	42
Metodología del Proyecto	44
Proceso de Programación del Arduino	44
Diseño del Circuito para los Testigos Led	44
Diseño Principal del Banco de Pruebas	45
Ensamble del Banco de Pruebas	46
Instalación de las Placas Electrónicas y Cableado	46
Instalación de Elementos Ilustrativos	47
Segmentación del Panel Principal del Banco de Pruebas	48
Instalación de los Conectores DB25	48
Instalación del Conector OBD II	49
Armado del Arnés de Comunicación	50
Vista general del Banco de Pruebas	51
Propuesta	52
Comprobación del Banco con la ECU del Vehículo Chevrolet Corsa Wind	52
Verificación de las Señales Pulsantes de la ECU Chevrolet Corsa	54
Comprobación del Banco con la ECU del Vehículo Hyundai Accent	55
Verificación de las Señales Pulsantes	56
Medición de Voltajes de Sensores de la ECU del Hyundai Accent	58

	10
Verificación de Datos en Vivo del Funcionamiento de los Sensores y Actuadores	59
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
Referencias	62
Anexos	65

Resumen

El presente estudio se enfocó en el diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para los modelos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13. El objetivo principal fue desarrollar un sistema que permitiera realizar pruebas y diagnósticos precisos en las computadoras de estos vehículos, con el fin de mejorar la eficiencia en el mantenimiento y reparación.

Para lograr este objetivo, se llevó a cabo una investigación exhaustiva sobre los sistemas electrónicos de los vehículos mencionados, se diseñó y construyó el banco de pruebas y se realizaron pruebas en las computadoras de los vehículos seleccionados.

Los resultados obtenidos demostraron la efectividad del banco de pruebas en la detección de fallas y en la realización de diagnósticos precisos, lo que permitió mejorar la eficiencia en el mantenimiento y reparación de los vehículos estudiados.

Este trabajo de investigación aporta un valioso recurso a los técnicos automotrices y especialistas en diagnóstico de fallas, ya que pueden realizar pruebas en las computadoras de los vehículos de manera controlada y segura, sin necesidad de intervenir directamente en el automóvil. Además, al resolver problemas específicos para las marcas Chevrolet, Hyundai y Nissan, se impulsa el desarrollo de la industria automotriz al mejorar la calidad y eficiencia de los servicios de reparación.

En conclusión, el diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca puede ser una herramienta muy útil en el sector automotriz, ya que permite realizar diagnósticos más precisos y eficientes, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y recursos.

Palabras Clave: ECM, ARDUINO, DUTY, SENSORES, ACTUADORES.

Abstract

This study focused on designing and constructing a multi-brand automotive computer test bench for the Chevrolet Corsa, Hyundai Accent, and Nissan Sentra B13 models. The main objective was to develop a system that would allow accurate tests and diagnostics to be carried out on the computers of these vehicles, to improve efficiency in maintenance and repair.

To achieve this goal, a thorough investigation was carried out on the vehicle's electronic systems, the test bench was designed and built, and tests were carried out on the computers of the selected vehicles.

The results demonstrated the effectiveness of the test bench in detecting failures and in making accurate diagnoses, which allowed for improving efficiency in the maintenance and repair of the vehicles studied.

This research work provides a valuable resource to automotive technicians and fault diagnosis specialists, as they can perform tests on vehicle computers in a controlled and safe manner, without the need to intervene directly in the car. In addition, by solving specific problems for the Chevrolet, Hyundai, and Nissan brands, the development of the automotive industry is boosted by improving the quality and efficiency of repair services.

In conclusion, the design and construction of a multi-brand automotive computer test bench can be a very useful tool in the automotive sector, as it allows for more accurate and efficient diagnoses, which translates into savings in time and resources.

Keywords: ECM, ARDUINO, DUTY, SENSORS, ACTUATORS.

Introducción

El diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca se ha convertido en una necesidad para los talleres y centros de diagnóstico automotriz. En particular, la capacidad de realizar pruebas de rendimiento precisas en las computadoras de los modelos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13 ha sido un reto para los técnicos en este campo ya que estas marcas de vehículos son las más reconocidas en nuestro país. Por esta razón, el objetivo de este proyecto es diseñar y construir un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para estos tres modelos, que permita realizar pruebas de rendimiento precisas y confiables.

La importancia del estudio de este tipo de equipo radica en la necesidad de mejorar la eficiencia de los talleres y centros de diagnóstico automotriz, así como en la mejora de la calidad de servicio que se ofrece a los clientes ya que en la actualidad solo existen pocos centros de comprobación y reparación de computadoras automotrices. El problema principal que aborda esta investigación es la falta de un banco de pruebas Universal que sea capaz de manejar múltiples marcas y modelos de automóviles y que permita realizar pruebas de rendimiento precisas en las Ecus de los siguientes modelos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13.

El enfoque metodológico utilizado en este proyecto es el diseño y construcción de un banco de pruebas multimarca que nos permita comprobar las Ecus de distintas marcas de vehículos o por lo menos las más importantes en nuestro país. Se llevará a cabo utilizando materiales de calidad y durabilidad, la tecnología incorporada en el banco será a la par con los bancos ya ensamblados en la actualidad. Además, se utilizarán métodos de investigación

cuantitativa para evaluar la precisión y confiabilidad de las pruebas realizadas en el banco de pruebas.

Finalmente, este proyecto se compone de varias partes, incluyendo una revisión de la literatura relevante, el diseño y construcción del banco de pruebas, la evaluación de su precisión y confiabilidad, y las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

En resumen, este proyecto busca brindar una solución a la falta de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para los modelos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13 que todos estos modelos se puedan comprobar en un solo Banco de Pruebas, con el objetivo beneficiar a los técnicos y propietarios de talleres y centros de diagnóstico automotriz ya que les permitirá brindar un servicio completo y de mejor calidad a sus clientes.

Antecedentes

Es importante mencionar que la investigación en el diseño y construcción de bancos de pruebas de computadoras automotrices ha sido un tema de interés en la industria automotriz. De acuerdo con (Salcedo Chicaiza, 2022) “existen estudios que han abordado la optimización de la precisión y confiabilidad de los bancos de pruebas, así como la mejora de la eficiencia en la detección y corrección de fallas en las computadoras automotrices”.

Tomando en cuenta las palabras de Guzmán (2024), plantea en desarrollar un banco de pruebas de ECM por lo que:

El mismo que cuenta con simuladores de CKP Y CMP mediante Arduino. Permitirá que la ECU funcione fuera del vehículo para observar todas las señales tanto de entrada como de salida de cada uno de los sensores y actuadores del motor.

Al ser hoy en día una manera más rápida de diagnóstico, propone “un estudio sobre este tema en la ciudad de Latacunga para determinar que esta herramienta es muy útil en los talleres automotrices más allá de ser de uso didáctico. (p. 12)

“Para que los clientes adquieran una asistencia completa, ya sea mecánica o electrónica o lo que es más importante exclusivamente en la ECU para mejorar su rendimiento y mantener las emisiones entre las condiciones permitidas por la normativa actual” (Pesántez & Mora, 2023, p. 23).

Justificación

La falta de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca ha sido una problemática recurrente en los talleres y centros de diagnóstico automotriz. El diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para los modelos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13 resulta de gran relevancia, ya que permitiría realizar pruebas de rendimiento precisas y confiables en estos modelos de vehículos.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar y construir un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para los modelos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13, lo que permitiría mejorar la eficiencia y calidad del servicio ofrecido por los talleres y centros de diagnóstico automotriz.

Además, el diseño y construcción de este banco de pruebas podría tener implicaciones importantes en la industria automotriz, ya que podría sentar las bases para el diseño y construcción de bancos de pruebas de computadoras automotrices multimarca para otros modelos de vehículos. De esta manera, el proyecto de investigación podría tener un impacto significativo en el desarrollo tecnológico de la industria automotriz.

En resumen, el diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para los modelos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13 es una solución innovadora y relevante para una problemática recurrente en los talleres y centros de diagnóstico automotriz. Este proyecto de investigación tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la calidad del servicio ofrecido por los talleres y centros de diagnóstico automotriz, y de sentar las bases para futuros desarrollos tecnológicos en la industria automotriz.

Objetivos

Objetivo General

Construir un banco de pruebas de computadoras automotrices multimarca para evaluación y diagnóstico de manera eficiente y precisa las unidades de control electrónico (ECU) de los vehículos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13, mejorando así los procesos de mantenimiento y reparación en talleres automotrices especializados.

Objetivos Específicos

- Investigar y analizar los sistemas de unidades de control electrónico (ECU) utilizados en los modelos de automóviles Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13, identificando sus características técnicas, protocolos de comunicación y especificaciones relevantes.
- Determinar los principales problemas y desafíos que enfrentan los técnicos automotrices y talleres de reparación al diagnosticar y reparar las ECUs de los modelos Chevrolet Corsa, Hyundai Accent y Nissan Sentra B13.
- Definir los requisitos y especificaciones técnicas necesarios para el diseño y construcción del Banco de Pruebas de Computadoras Automotrices Multimarca, que incluya protocolos de comunicación, conexiones de hardware y software, y funciones de prueba específicas para las ECU de los modelos mencionados.
- Desarrollar el software para el sistema microprocesador de los tipos de señales que maneja cada sensor y actuador.
- Validar la efectividad y precisión del Banco de Pruebas mediante pruebas exhaustivas en las ECUs de los modelos mencionados, comparando los resultados obtenidos con diagnósticos realizados por técnicos especializados.

Marco Teórico

En este capítulo se describe el funcionamiento del sistema de inyección electrónica de combustible en vehículos, detallando los diversos sensores y actuadores que lo componen. Además, se examina el papel de la unidad electrónica de control (ECU) como detectora de errores en el funcionamiento del vehículo y como referencia inicial para el mecánico automotriz.

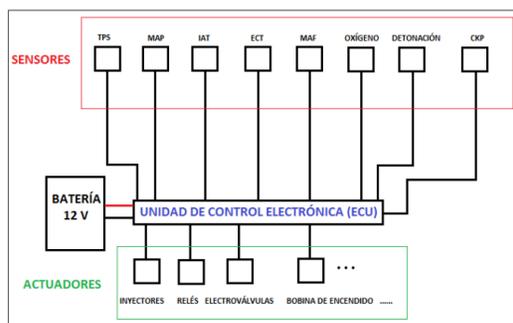
Sistema de Inyección Electrónica

Gracias a la evolución en la industria automotriz se ha logrado que el sistema mecánico de alimentación de aire-combustible en los motores con carburador quede obsoleto. De acuerdo con:

La lectura, sean reemplazados por motores que funcionan con sistemas de inyección electrónica (SIE), por sus siglas) de combustible, lo cual ha posibilitado una serie de ventajas como: menor contaminación del aire, mejor economía del combustible, mejor potencia, mejor rendimiento del motor, y respuestas más rápidas en las aceleraciones. (Morocho, 2023, p. 34)

Figura 1

Sistema de inyección electrónica de combustible



Nota. Está gráfica presenta los bloques típicos en un sistema de inyección electrónica.

Reproducido de Elementos del Sistemas de Inyección, por, J. García, 2017

(file:///C:/Users/LENOVO.USER/Downloads/CD-8439%20(3).pdf).

Principio de Funcionamiento

Un sistema de inyección electrónica típico está compuesto, entre otros elementos, por sensores y actuadores. De acuerdo con:

El análisis del artículo, los sensores se encargan de detectar y/o medir varios parámetros del sistema y enviar sus respectivas señales a la ECU, los actuadores son los componentes que reciben la información de la ECU para realizar las acciones de control respectivas. La ECU es la encargada de interpretar las señales enviadas por los sensores y, en función de estas, ordenar a los actuadores que realicen sus funciones de control, en este caso específico, de la inyección electrónica. (Crespo & León, 2022, p. 10)

La situación que ocurría con el carburador, las mezclas son desiguales para cada cilindro, obligando a generar una mezcla. De acuerdo con:

El artículo de análisis, alimenta hasta al cilindro que más lo necesita con una cantidad mayor de combustible, este problema se ve solucionado en la inyección electrónica si se presenta un inyector en cada cilindro para proporcionar la cantidad exacta de combustible que el cilindro requiere, lo que se evidencia también en una mejor utilización del combustible y un mejor

La dosificación mejor controlada de la inyección electrónica tomando en cuenta la temperatura y régimen del motor permite además un arranque en frío más corto y una marcha eficiente en la fase de calentamiento. (Chávez & Flores, 2022, p. 32)

Estas razones anteriormente citadas permiten además una de las ventajas más buscadas en esta última década, la reducción de la contaminación del medio ambiente.

La inyección electrónica posibilita la entrada del combustible exacto que se necesita, en el momento exacto en que es requerido. Según la investigación de Hidalgo & Castillo (2024)

“Esta proporción de combustible y aire ajustada en todo momento durante cualquier marcha del motor hacen posible la reducción de gases contaminantes, todo esto se traduce en un aumento de potencia con un mejor rendimiento térmico” (p. 34).

Además, Loyo & Rodríguez (2021), menciona que “estos sistemas nos dejan la posibilidad de optimizar la forma de diseño de los conductores de admisión los cuales se realizan buscando el aprovechamiento de corrientes aerodinámicas, permitiendo así llenar de una forma más eficiente los cilindros logrando así una mayor potencia” (p. 10).

Sensores de los Sistemas de Inyección Electrónica de Combustible

De acuerdo con Páez (2019) “los sensores que intervienen en el SIE de combustible y cuyas señales eléctricas serán emuladas en el prototipo que se diseñará y construirá son los siguientes” (p. 2), a continuación, algunos ejemplos:

- Sensor de posición del acelerador, (TPS, throttle position sensor, o APP, accelerator pedal position sensor).
- Sensor de temperatura del refrigerante, (ECT, engine coolant temperature).
- Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión, (MAP, manifold absolute pressure).
- Sensor de temperatura del aire de admisión, (IAT, intake air temperature).
- Sensor de Oxígeno O₂.
- Sensor de posición del cigüeñal, (CKP, crankshaft position sensor).

Clasificación de los Sistemas de Inyección de Electrónica de Combustible

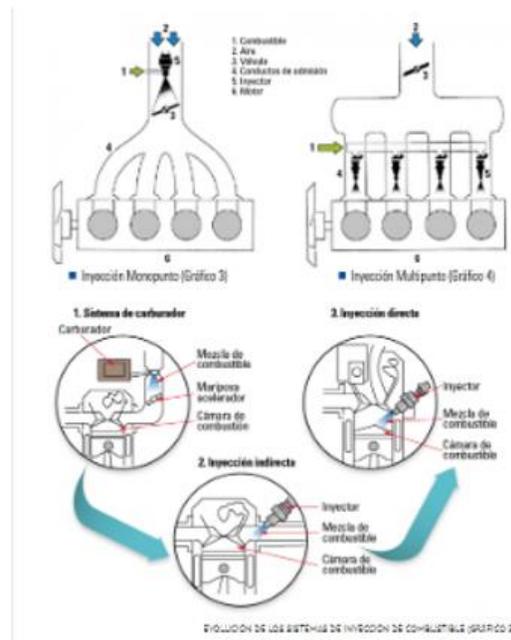
Tomando en cuenta la palabras de Galarza& Romero (2024), “se presentan algunos de los tipos más comunes de sistemas de inyección de electrónica” (p. 45).

- Sistema de Inyección | o EFI (Electronic Fuel Injection).

- Sistema de Inyección Directa (DIS).
- Sistema de Inyección Secuencial.
- Sistema de Inyección Multipunto (MPI).
- Sistema de Inyección Monopunto.

Figura 2

Sistema de inyección electrónica



Nota. Está gráfica presenta los avances del sistema de inyección de combustible de los motores de combustión interna. Reproducido del Tema Menor impacto en las emisiones contaminantes, por A. Crash, 2015 (<https://www.revistaautocrash.com/evolucion-de-los-sistemas-de-inyeccion-de-combustible/>).

Sistema de Inyección Indirecta o EFI

Este es uno de los sistemas de inyección más comunes en los automóviles modernos. De acuerdo con:

La lectura, utiliza sensores para medir varios parámetros, como la cantidad de aire entrante, la temperatura del motor y la posición del acelerador. Estos datos se utilizan para calcular la cantidad adecuada de combustible que debe inyectarse en los cilindros. La inyección se realiza antes de que el aire alcance las cámaras de combustión, lo que permite una mezcla más homogénea y una mejor eficiencia (Páez, 2019, p. 23).

Sistema de Inyección Directa (DI)

En este sistema, el combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión, en lugar de hacerlo en el conducto de admisión. “Esto permite un mayor control sobre la mezcla de aire y combustible, lo que puede mejorar la eficiencia y el rendimiento del motor. La inyección directa suele utilizarse en motores de alta potencia y eficiencia” (Galarza & Romero, 2024, p. 45).

Sistema de Inyección Secuencial

En este sistema, los inyectores de combustible se activan individualmente y en secuencia, coincidiendo con la apertura de las válvulas de admisión de cada cilindro. Esto permite una mejor precisión en la inyección y una mayor eficiencia de combustible (Galarza & Romero, 2024, p. 50).

Sistema de Inyección Multipunto (MPI)

En este sistema, cada cilindro tiene su propio inyector de combustible. El combustible se inyecta en el conducto de admisión cerca de cada válvula de admisión. Según la investigación de Boada & Cortes, (2020), “esto proporciona una distribución más uniforme del combustible entre los cilindros y puede mejorar la eficiencia del motor” (p. 23).

Sistema de Inyección Monopunto

A diferencia del sistema multipunto, en este sistema solo hay un inyector de combustible que suministra gasolina a todos los cilindros a la vez. De acuerdo con Ortega (2022):

Aunque es menos preciso que el sistema multipunto, todavía puede ofrecer mejoras en la eficiencia en comparación con los sistemas de carburador, para controlar este sistema se instaló un módulo de control electrónico llamado computadora, la cual recibe información de un grupo de sensores instalados en diferentes partes del motor y tren motriz. Estos sensores se encargan de medir dicha información y mandarla a la computadora para ser procesada y comparada con los estándares impuestos por el fabricante en una memoria dentro de la computadora.

La computadora (ECU) manda la orden de lo que se tiene que hacer y para esto cuenta con un grupo de ayudantes que se llaman actuadores; estos son los que realizan el trabajo. En este grupo se encuentran los inyectores, la válvula IAC, la bobina, la bomba de gasolina entre otros, los cuales reciben la señal en milisegundos para activarse por un tiempo determinado. El sistema de inyección electrónica fue aplicado en los automóviles por la necesidad de un control de emisiones más eficientes, y la reducción en el consumo de combustible en el motor. (pp. 12-23)

Sensores de los Sistemas de Inyección Electrónica de Combustible

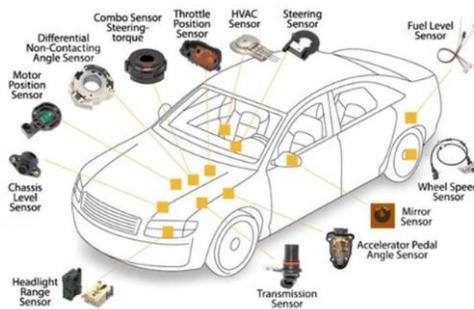
Los sensores son componentes fundamentales en los sistemas de inyección electrónica y en muchos otros sistemas automotrices, por lo que Andrade (2024) menciona lo siguiente:

Estos dispositivos especializados recopilan datos del entorno y del funcionamiento del vehículo, transformándolos en señales eléctricas que pueden ser interpretadas por la unidad de control del motor (ECU) u otros módulos electrónicos. Los sensores

desempeñan un papel crucial al proporcionar información en tiempo real que permite a los sistemas del automóvil ajustarse y operar de manera eficiente y segura. (p. 56)

Figura 3

Sensores Automotrices



Nota. Está gráfica representa varios sensores automotrices. Reproducido de Datos esenciales que posibilita a la ECU, por M. Ruiz, 2019

(<https://www.facebook.com/pasionporlamecanica/photos/a.489333177924701/1043089889215691/?type=3>).

Tipos de Sensores y Clasificación

Existen diferentes tipos de sensores en el campo automotriz, estos pueden ser según el tipo de señal de salida o según la magnitud física a detectar. Dentro de estos dos parámetros la clasificación de los sensores es la siguiente. (García, 2024, p. 2)

Según el Tipo de Señal de Salida

Analógicos

Un sensor analógico es aquel que, como salida, emite una señal comprendida por un campo de valores instantáneos que varían en el tiempo, y son proporcionales a los efectos que se están midiendo. (García, 2024, p. 2)

Digitales

Un sensor digital en cambio es un dispositivo que puede adoptar únicamente dos valores de salida; encendido o apagado (1 y 0), por lo que Chávez & Flores (2022) “Los estados de un sensor digital son absolutos y únicos, y se usan donde se desea verificar estados de verdad o negación en un sistema automatizado” (p. 21).

Según la Magnitud Física

Posición

Es aquel que determina la posición de un objeto con relación a un punto de referencia.

Velocidad

Es un captador magnético que proporciona una señal de corriente alterna.

Simulación de Sensores

Los sensores en un vehículo monitorean diversas condiciones, como temperatura, velocidad, posición, presión y más. De acuerdo con Crespo & León (2022):

La simulación de sensores implica emular las señales eléctricas o digitales que los sensores reales proporcionarían a la ECU. Esto se logra utilizando componentes electrónicos que generan señales similares a las que los sensores producirían en condiciones reales.

Por ejemplo, si se está probando la ECU del motor, se simularían sensores como el sensor de temperatura del refrigerante, el sensor de oxígeno, el sensor de posición del acelerador, etc. Al emular las señales de estos sensores, la ECU cree que está interactuando con componentes reales y responde en consecuencia. (p. 23)

El conocimiento de los fundamentos de los componentes electrónicos puede servirnos para facilitar la interpretación de algunos esquemas con los que nos tendremos que enfrentar a lo largo de nuestra vida profesional, De acuerdo con:

La lectura, la gestión de los vehículos actuales se debe en gran parte a la electrónica, muchos de los sistemas que interviene en el correcto funcionamiento de estos vehículos están gestionados por un conjunto en los que la electrónica es parte fundamental a la hora de recibir señales, gestionarlas y elaborar impulsos que determinen las actuaciones de los distintos sistemas en cada momento en función de las distintas condiciones de conducción. (Mamani, 2020, p. 22)

A continuación, se procede a describir y analizar la función, características y ubicación de cada uno de los sensores.

Sensores del Sistema de Inyección y sus Características

Sensor MAP

EL sensor de Presión Absoluta del Múltiple, Obtiene información sobre los cambios en la presión atmosférica, por lo que Chávez & Flores (2022) menciona lo siguiente:

En el vacío del motor y en el múltiple de admisión, enviando una señal a la ECU para que pueda controlar el tiempo de ignición y ajustar la mezcla de aire combustible en las diferentes condiciones de carga del motor y altitud sobre el nivel del mar. (pp. 23-27)

Figura 4*Sensor MAP*

Nota. Esta gráfica representa el sensor MAP. Reproducido de Controlar el tiempo de ignición y ajustar la mezcla de aire combustible, por J. Villacis, 2019 (<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-map-para-que-sirve/>).

Sensor de Temperatura ECT

El sensor de temperatura del refrigerante ECT es el encargado de enviar la señal que informa al computador la temperatura del refrigerante del motor. De acuerdo con:

La investigación, el objetivo de que este pueda enriquecer automáticamente la mezcla aire/combustible cuando el motor está frío y la empobrezca paulatinamente en el incremento de la temperatura, hasta llegar a la temperatura normal de funcionamiento, donde se dosifica una mezcla aire/combustible ideal. (Hidalgo & Castillo, 2024, p. 12)

Figura 5*Sensor de temperatura del refrigerante*

Nota. Está gráfica presenta el sensor de temperatura. Reproducido de La importancia sobre la temperatura del motor en funcionamiento, por A. Club, 2022

(<https://club.autodoc.es/magazin/sensor-de-temperatura-del-refrigerante-funcion-probar-sintomas>).

Sensor de Oxígeno

“Mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape para controlar la mezcla de combustible y aire y optimizar la eficiencia del motor” (Morocho, 2023, p. 23).

Figura 6*Sensor de oxígeno*

Nota. Está gráfica representa el sensor de oxígeno. Reproducido de que es el sensor de oxígeno O₂, por M. Claudio, 2020 (<https://www.mastersautomovil.com/blog/sensor-de-oxigeno-o2/>).

Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)

“Es el encargado de monitorear cuál es la temperatura del aire que ingresa al motor, permite a la computadora corregir el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que

entra a las cámaras de combustión” (Andrade, 2024, p. 34). Sin embargo Guzmán (2024) menciona que dependiendo de la temperatura del aire será la cantidad de oxígeno que entra y la computadora tiene que regular la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico.

Figura 7

Sensor IAT



Nota. Esta gráfica representa el sensor de temperatura de aire. Reproducido del Artículo sensor IAT, por F. Ruiz, 2018 (<https://www.flexfuel-company.es/sensor-iat/>).

Sensor de Posición del Pedal del Acelerador (TPS)

En inglés Throttle Position Sensor, “es el sensor de posición del acelerador, encargado de medir la posición a la cual se encuentra la mariposa de aceleración” (Salcedo, 2022, p. 43). Por lo tanto Galarza & Romero (2024) afirma que el elemento que se abre o se cierra, en función de la intensidad con la que se pisa el acelerador de los coches se le conoce como TPS.

Figura 8

Sensor TPS



Nota. Está gráfica representa el Sensor TPS. Reproducido del TPS cuerpo de aceleración, por J. Lazulita, 2021 (<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-tps-y-como-funciona/>).

Sensor CKP

“Este sensor identifica la posición y velocidad de giro del cigüeñal en el motor. Es importante mencionar que, este sensor en conjunto con el sensor CMP, identifican la posición del pistón número 1” (Morocho, 2023, p. 21).

Figura 9

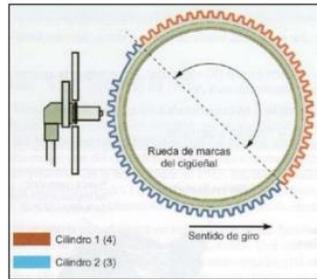
Sensor de posición del cigüeñal



Nota. Está gráfica representa el sensor CKP rastrea la posición y velocidad de rotación del cigüeñal. Reproducido de MTE, por M. Chávez, 2022 (<https://mte-thomson.com/es/?noticias=que-es-un-sensor-ckp-sensor-de-posicion-del-ciguenal-crankshaft-position-sensor>).

Figura 10

Rueda Fónica



Nota. Está gráfica representa la rueda fónica que gira y pasa por un sensor Ckp. Reproducido de Blog de AJUSA reten del cigüeñal, por L. Corrales & F. Andino, 2022 (<https://docplayer.es/86322098-Escuela-politecnica-nacional.html>).

Actuadores

“Los actuadores que intervienen en el sistema de inyección electrónica de combustible y cuyo control depende de las señales que son enviadas por los sensores del sistema hacia la ECU” (Andrade, 2024, p. 23).

Figura 11

Actuadores automotrices



Nota. Está gráfica representa los diversos tipos de actuadores. Reproducido de principales actuadores automotrices y sus fallas, por A. Crash, 2015 (<https://www.revistaautocrash.com/electromecanica-principales-actuadores-en-el-vehiculo-yus-possibles-fallos/>).

Inyectores de Combustible

“Suministran la cantidad precisa de combustible al motor según las señales del sistema de control electrónico. Estos inyectores garantizan una combustión eficiente y un rendimiento óptimo al motor” (Pallo, 2019, p. 12).

Figura 12

Inyectores



Nota. Esta gráfica representa los inyectores que atomizan el combustible líquido en pequeñas partículas. Reproducido de una mezcla, por R. Ramos, 2022 (<https://www.ro-des.com/mecanica/que-son-los-inyectores/>).

Válvula de Control de Aire (IAC)

Regula la cantidad de aire que ingresa al motor para mantener la mezcla adecuada de combustible y aire, estabilizando la marcha mínima. De acuerdo con:

La investigación, esto es esencial para mantener un ralentí estable y suave, así como para asegurar que el motor no se apague en situaciones de baja carga. La válvula IAC es controlada por la Unidad de Control del Motor (ECU), que ajusta la abertura de la válvula. (Loyo & Rodríguez, 2021, p. 56)

Figura 13*Válvula IAC*

Nota. Esta gráfica representa una válvula IAC. Reproducido de qué es y cómo impacta en tu vehículo, por M. Claudio, 2023

(<https://www.crabi.com/blog/mantenimiento-automotriz-valorula-iac>).

Válvula EGR (Recirculación de Gases de Escape)

Su función principal es “recircular una porción de los gases de escape de vuelta a la admisión de aire para ser mezclados con el aire fresco antes de la combustión en los cilindros. Controla el flujo de gases de escape para reducir las emisiones contaminantes” (Gómez, 2019, p. 12)

Figura 14*Válvula EGR*

Nota. Esta gráfica representa una válvula EGR. Reproducido de Qué es la válvula EGR de tu coche y por qué dan tantos problemas, por M. Ruiz, 2023

(<https://www.motorpasion.com/revision/que-valorula-egr-tu-coche-que-da-problemas>).

Bobinas de Encendido DIS

El sistema de encendido sin distribuidor, o también llamado DIS que son los más actuales que los sistemas de encendido convencional. De acuerdo con:

La lectura, es un sistema de encendido utilizado en motores de automóviles que elimina la necesidad de un distribuidor mecánico para distribuir la chispa a las bujías. Utilizando un módulo de control electrónico, sensores y bobinas de encendido individuales para proporcionar la chispa a cada bujía de forma directa. (Hidalgo & Castillo, 2024, p. 12)

Tipos de Bobinas de Encendido

Existen varios tipos de bobinas de encendido:

- Bobina de cilindros: se utiliza en sistemas de encendido controlados por contacto.
- Bobina de doble chispa: se utiliza en sistemas de encendido con distribución de alta tensión, los arrollamientos llevan en su interior dos conexiones cada una.
- Bobina de cuatro chispas: para motores de cuatro chispas.
- Bobina de una chispa: hay una bobina por cada bujía.

“Cada tipo de bobina de encendido DIS tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección del tipo dependerá de varios factores, como el diseño del motor, el rendimiento deseado y las consideraciones de espacio y eficiencia” (Hidalgo & Castillo, 2024, p. 12).

Bobinas de Encendido DIS

- Mayor eficiencia energética: Al eliminar la pérdida de energía asociada con el movimiento mecánico de un distribuidor, el sistema DIS puede proporcionar una chispa más potente y eficiente.

- Mayor precisión: Dado que cada cilindro tiene su propia bobina, el control de la sincronización y el tiempo de encendido se vuelve mucho más preciso, lo que puede mejorar la eficiencia del motor y reducir las emisiones.
- Menor mantenimiento: Al eliminar el distribuidor, se eliminan piezas móviles que pueden desgastarse con el tiempo, lo que se traduce en un mantenimiento reducido.
- Mejor desempeño: La chispa más potente y precisa puede llevar a una combustión más completa y a un mejor rendimiento del motor.

“Las bobinas de encendido DIS son componentes esenciales en los modernos sistemas de encendido de los motores de combustión interna” (Chávez & Flores, 2022, p. 34). Sin embargo Morocho (2023) menciona que “su diseño y funcionamiento permiten un control más preciso y eficiente de la generación de chispas, lo que se traduce en un mejor rendimiento, mayor eficiencia de combustible y menores emisiones en los vehículos” (p. 23).

Figura 15

Bobinas de encendido



Nota. Esta gráfica representa una bobina DIS. Reproducido de Bobinas de encendido, por R. Finders, 2022 (<https://rentingfinders.com/glosario/bobina-encendido>).

Osciloscopio

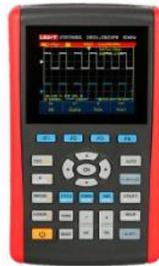
Un osciloscopio automotriz es una herramienta de diagnóstico electrónico, los más utilizados para diagnóstico automotriz. De acuerdo con:

La lectura, tiene la tarea de mostrar una señal eléctrica en el tiempo, utilizando un sistema de ejes cartesianos bidimensionales, donde el eje X horizontal representa el Tiempo y el eje y vertical indica el Voltaje.

El osciloscopio es un instrumento que permite la visualización y medida de fenómenos oscilatorios o variables en el tiempo. (pp. 1-2)

Figura 16

Osciloscopio portátil de almacenamiento digital UTD 1025CL



Nota. Esta gráfica representa un osciloscopio. Reproducido de Osciloscopio automotriz qué es y para que funciona, por M. Ruiz, 2023

(<https://www.muchoneumatico.com/blog/coches/osciloscopio-automocion>).

Funcionamiento

El osciloscopio automotriz permite visualizar y analizar señales eléctricas en forma de ondas. De acuerdo con:

La investigación, estas señales pueden provenir de diferentes componentes en un vehículo, como sensores, actuadores, sistemas de encendido, sistemas de inyección de combustible, sistemas de carga y más. La herramienta muestra estas señales en la pantalla en tiempo real, lo que permite a los técnicos observar cómo cambian las formas de onda en respuesta a diferentes condiciones. (Páez, 2019, p. 23)

Componentes que se pueden Comprobar con el Osciloscopio

Como afirma Loyo & Rodríguez (2021) “El osciloscopio puede mostrar una gran variedad de formas de onda y, por lo tanto, puede comprobar todo tipo de señales eléctricas de diversos componentes del vehículo entre los más comunes son” (p 23):

- Sistema de inyección: El osciloscopio puede dar lectura de los impulsos de los inyectores. Es decir, consigue medir la duración de apertura de los inyectores y, por lo tanto, puede comprobar si la unidad de control marcha correctamente.
- Sistema de control del aire de ralentí: Existen diferentes válvulas que controlan el sistema de aire del ralentí. Cuando se aplica al motor una carga adicional, se reducen las revoluciones al ralentí y el tiempo de funcionamiento de las válvulas debe aumentar; si no es así, es posible que exista una válvula defectuosa.
- Sensor de oxígeno (sonda lambda): Este sensor del sistema de emisiones del vehículo mide la cantidad de oxígeno en el flujo del sistema de escape.
- Sensor de detonación (picado): Este sensor mide la vibración provocada por la combustión. La onda de la gráfica resultante en el osciloscopio debe ser similar al patrón.
- Sensor de velocidad (del cigüeñal): Este sensor suministra información a la ECU, en forma de señal eléctrica, de la velocidad del motor. El osciloscopio mide la señal del sensor y la traduce a una gráfica que debe compararse con un patrón para verificar que el funcionamiento del sensor es correcto.
- Sensor de posición del árbol de levas: Con el osciloscopio se puede determinar si la señal es correcta, comparándola con la gráfica óptima según fabricante. Si la señal es plana o no es constante, el sensor ha llegado al fin de su vida útil.

- Sistema de encendido: Con el osciloscopio, en automoción, también se pueden medir las señales de los circuitos del sistema de ignición. Si el circuito funciona con normalidad, el oscilograma resultante es una muestra del patrón; mientras que, si se observa alguna alteración en la gráfica, es señal de avería en la ignición.

Computadoras Automotrices y Control Electrónico

“La mayoría de las funciones del auto están controladas por la computadora del motor, también conocida como Unidad de Control del Motor (ECU), Módulo de Control del Motor (ECM) o Módulo de Control del Tren Motriz (PCM)” (Andrade, 2024, p. 23).

Figura 17

Unidad electrónica de control (ECU electronic control unit)



Nota. Esta gráfica representa un módulo de control electrónico automotriz. Reproducido de Módulos de Control Automotriz, por S. Cueva, 2022 (<https://es.slideshare.net/marcosamambalcueva1/modulo-ecupdf>).

El control electrónico se refiere al uso de sistemas electrónicos para gestionar y regular diversas funciones y operaciones en un automóvil. “A lo largo de los años, la electrónica en los vehículos ha evolucionado significativamente y, hoy en día, prácticamente todos los aspectos del funcionamiento de un automóvil están influenciados por sistemas electrónicos” (Hidalgo & Castillo, 2024, p. 12).

Generalidades del Funcionamiento Interno de las ECU

La Unidad Electrónica de Control está constituida por un conjunto de componentes electrónicos dispuestos en placas de circuito impreso, alojadas en una caja de aluminio, provistas de aletas para su refrigeración. De acuerdo con:

La lectura, hasta la unidad llegan las diversas señales sobre el funcionamiento del motor, que son transmitidas por diferentes sensores, las evalúa y calcula las señales de activación para los elementos actuadores. El programa de control está almacenado en la memoria. De la ejecución del programa se encarga un microcontrolador. Tanto las señales de entrada como las de salida para los diferentes actuadores se transmiten a la unidad de control por medio de un conector múltiple. (Pallo, 2019, p. 23)

Bancos de Pruebas para Computadoras Automotrices

La elaboración de un banco de pruebas de computadoras automotrices abarca varios aspectos importantes. Por lo que Hidalgo & Castillo (2024) menciona lo siguiente:

En primer lugar, el banco de pruebas es un dispositivo utilizado para simular el funcionamiento de las computadoras automotrices (ECM) fuera de un vehículo. Esto permite la observación y análisis de señales con fines diagnósticos y oportunidades de aprendizaje para estudiantes de ingeniería automotriz

El diseño eléctrico del banco de pruebas es otro componente fundamental. Se deben tener en cuenta los diferentes sensores y actuadores utilizados en los vehículos, ya que el banco de pruebas debe simular su funcionamiento para probar la computadora automotriz de manera efectiva. (p. 56)

El banco de pruebas emite señales hacia la computadora automotriz a través de una conexión externa. Por lo que Ortega Carrillo (2022) menciona lo siguiente:

Estas señales son utilizadas por la unidad de control del motor (ECU) para realizar diversas funciones en el vehículo. Por lo tanto, es esencial comprender cómo se comunican el banco de pruebas y la ECU para garantizar que las pruebas se realicen de manera precisa y confiable.

Los bancos de prueba se utilizan para verificar y validar el rendimiento de motores, sistemas hidráulicos, sistemas de transmisión, sistemas de frenos, sistemas eléctricos, equipos de comunicaciones y otros sistemas y componentes. (pp. 23-34)

Conector Hembra OBDII de 16 Pines

Es una interfaz estándar utilizada en la mayoría de los vehículos modernos para la comunicación con dispositivos de diagnóstico y escaneo. De acuerdo con:

La investigación, el OBD-II significa “On-Board Diagnostics II” y se refiere a los sistemas electrónicos que permiten el monitoreo y diagnóstico de diversos aspectos del vehículo. El conector hembra OBD-II de 16 pines se encuentra generalmente debajo del tablero de instrumentos, cerca del volante.

Este conector es crucial para acceder a información sobre el rendimiento del motor, la transmisión, los sistemas de frenos, emisiones y otros componentes electrónicos del vehículo. (pp. 23-23)

A continuación, se presenta una descripción de los pines más comunes en este conector:

- Pin 1: Can Bus High
- Pin 2: Bus + SAE J1850
- Pin 3: Ls Can Bus High
- Pin 4: Tierra (Chassis Ground)
- Pin 5: Señal de Tierra (Signal Ground)

- Pin 6: Can High (J-2284)
- Pin 7: K-Line (ISO 9141-2 / ISO 14230-4)
- Pin 10: Señal de Línea (Serial Data Line / K-Line)
- Pin 11: ABS / Control de Suspensión
- Pin 12: ACC / Encendido
- Pin 13: K-Line (ISO 9141-2 / ISO 14230-4)
- Pin 14: Ca Low (J-2284)
- Pin 15: L-Line (ISO 9141-2 / ISO 14230-4)
- Pin 16: Batería (+12V)

Hay que tener en cuenta que la disposición exacta de los pines y las funciones puede variar según el fabricante del vehículo.

Framework de Arduino

Es un conjunto de software y reglas predefinidas que facilitan el desarrollo de aplicaciones para placas Arduino. De acuerdo con:

La lectura, el arduino es una plataforma de hardware de código abierto utilizada para la creación de prototipos de proyectos electrónicos. El framework de Arduino proporciona una serie de bibliotecas y funciones que simplifican la programación y el manejo de hardware para los usuarios, especialmente aquellos que no son expertos en programación de bajo nivel.

Framework facilita la lectura de sensores, el control de actuadores asociada con la programación de microcontroladores, permitiendo a los desarrolladores centrarse más en la lógica de la aplicación. (pp. 23-34)

Microcontroladores

Los microcontroladores es un componente electrónico en el cual se pueden grabar y borrar instrucciones, “las que se escriben en un lenguaje de programación llamada C++. Lenguaje en el que se basa la programación en el entorno Arduino. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa y deferentes periféricos conectados” (Páez, 2019, p. 23).

Figura 18

Microcontrolador MEGA328P



Nota. Esta gráfica representa un microcontrolador. Reproducido de Funcionamiento de todos los pines del microcontrolador, por N. Zambetti 2020 (<https://www.electroallweb.com/index.php/2020/02/12/funcionamiento-de-todos-los-pines-del-microcontrolador-atmega328p/>).

Arduino Uno R3

“Arduino Uno R3 es una placa de microcontrolador basada en el ATmega328P. Es ampliamente utilizado y documentado dentro de la familia Arduino” (Páez, 2019).

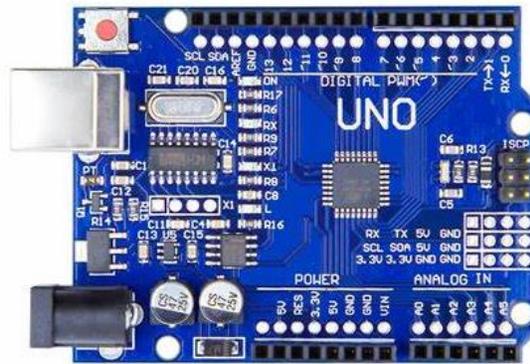
Características del Arduino Uno R3:

- Microcontrolador: Atmega328P

- Voltaje de funcionamiento: 5v rango de entrada recomendado entre 7-12v. Límite máximo entre 6-20 v
- Pines de E/S digitales: 14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
- Pines de entrada analógica: 6 pines
- Corriente continua por pin: 20 Ma
- Corriente CC para 3.3v por pin: 50 mA

Figura 19

Arduino Uno R3



Nota. Esta gráfica representa la composición de un Arduino. Reproducido de Blog placa de Arduino, por M. Zambetti 2020 (<https://www.fundacionaque.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>).

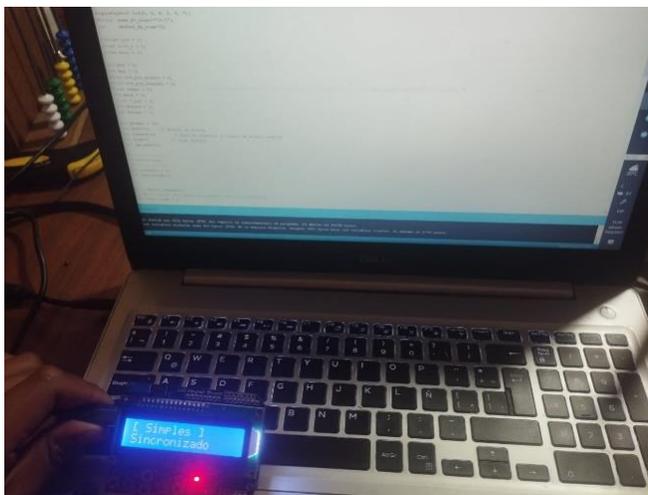
Metodología del Proyecto

Proceso de Programación del Arduino

Utilizando el programador de Arduino con los diferentes códigos proporcionados por el manual de códigos, se realizó la programación para generar la señal del sensor CKP, la misma que dio un oscilograma de efecto Inductivo por lo que se transformó a señal de efecto Hall con la finalidad de que el módulo de control electrónico detecte y pueda activarse de forma paulatina, como se observa en la Figura 20.

Figura 20

Programación del Arduino



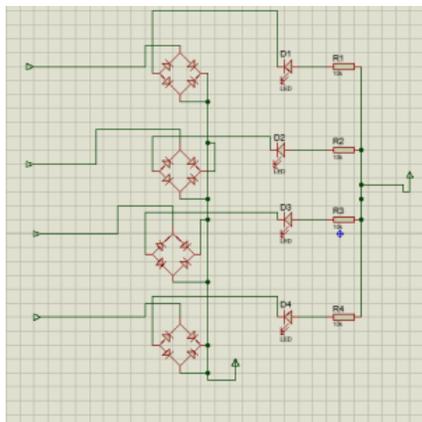
Nota. Esta gráfica representa la programación para poder simular las señales de sincronización del motor.

Diseño del Circuito para los Testigos Led

A continuación, utilizando diodos rectificadores, diodos led y resistencias, como muestra la Figura 21, se diseñó un circuito de testigos led para los inyectores, para el control de bobinas de encendido, control de relés y para el testigo check engine, el cual se compone de un puente rectificador de diodos para proteger al led.

Figura 21

Circuito para los testigos led



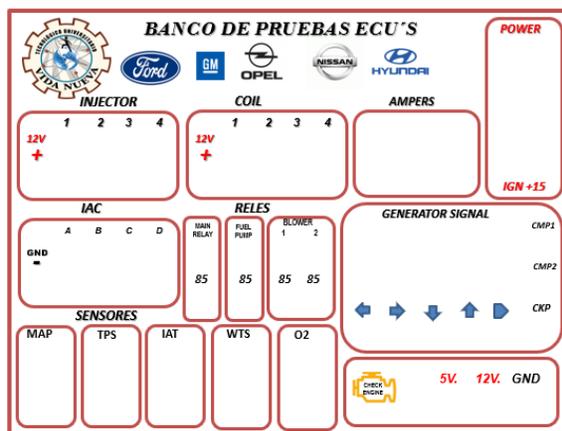
Nota. Esta gráfica representa el circuito final para los testigos led.

Diseño Principal del Banco de Pruebas

Luego de finalizar la programación y el diseño de los circuitos electrónicos, a continuación, se realizó el diseño del boceto del banco de pruebas, el cual incluye conectores de inyectores de bobinas COP, conectores para simular los sensores como se mira en la Figura 22.

Figura 22

Diseño principal del banco de pruebas



Nota. Esta gráfica representa el diseño final del banco de prueba una vez incorporados todos los segmentos y circuitos.

Ensamble del Banco de Pruebas

A continuación, se realizó el ensamblaje de la carcasa del banco de pruebas tomando en cuenta que se encuentra dividida en dos secciones: una parte superior y una parte inferior, siendo la mitad la base para los pernos de sujeción para ambas partes como se observa en la Figura 23, teniendo un ancho de 25cm, un largo de 19cm y un alto de 8cm, facilitando el manejo y transporte eficiente, el cual soportará todos los componentes eléctricos y electrónicos del banco de pruebas.

Figura 23

Ensamble del banco de pruebas



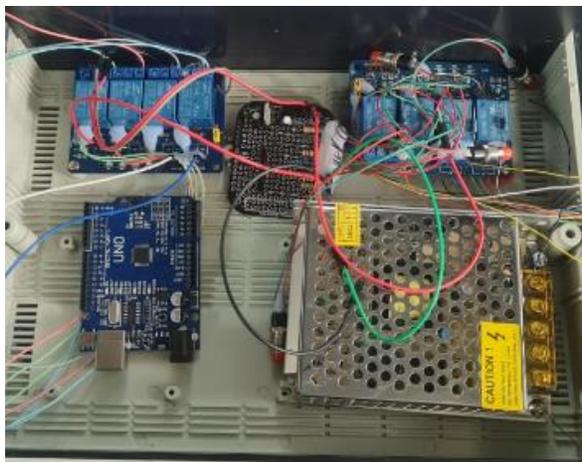
Nota. Esta gráfica representa las dos partes del banco de pruebas.

Instalación de las Placas Electrónicas y Cableado

Continuando con el procedimiento, se realizó la instalación de los diferentes elementos, conformados por: un regulador de voltaje, su respectivo Arduino, la placa electrónica del circuito de testigos led, el circuito de alimentación de tensión juntamente con los relés principales, como muestra la Figura 24.

Figura 24

Instalación del cableado y placas electrónicas



Nota. Esta gráfica representa las conexiones internas del banco de pruebas.

Instalación de Elementos Ilustrativos

Finalizando esta primera etapa, se realizó la instalación de diferentes elementos ilustrativos, como, por ejemplo: leds, terminales de conexiones (macho-hembra), voltímetro y un display, como muestra la Figura 25.

Figura 25

Instalación de elementos en la parte frontal del banco de pruebas



Nota. Esta gráfica representa la instalación de elementos, conectores y terminales.

Segmentación del Panel Principal del Banco de Pruebas

A continuación, se procedió a instalar potenciómetros de regulación en el segmento de los sensores (MAP, TPS, IAT, WTS, O2), el cual nos permitirá regular el voltaje de cada uno de los sensores, como se observa en la Figura 26.

Figura 26

Instalación de potenciómetros para cada sensor



Nota. Esta gráfica representa los mandos con los cuales se puede variar el voltaje de cada sensor.

Instalación de los Conectores DB25

Se procedió a instalar los conectores DB25, como se observa en la Figura 27, mismos que se encargarán de efectuar los enlaces entre el banco de pruebas y las distintas ECUS.

Figura 27

Instalación de conectores DB25



Nota. Esta gráfica representa dos conectores DB25 tipo hembra (C1) y macho (C2) por los cuales se comunicará a la ECM.

Instalación del Conector OBD II

Continuando con la instalación de conectores, se instaló un conector de tipo OBD II, como muestra la Figura 28, el cual permitirá conectarse con un escáner, para realizar lectura de códigos de falla y lectura de datos en tiempo real.

Pinout conector OBDII tiene las siguientes características:

- Varía de acuerdo con la marca del vehículo
- Protocolo de comunicación SAE J1850
- Varía de acuerdo con la marca del vehículo
- Masa de chasis
- Masa electrónica
- Protocolo de comunicación J2284 (CAN HIGH)
- Protocolo de comunicación ISO9141 (línea K)
- Varía de acuerdo con la marca del vehículo
- Varía de acuerdo con la marca del vehículo
- Protocolo de comunicación SAE J1850
- Varía de acuerdo con la marca del vehículo
- Varía de acuerdo con la marca del vehículo
- Varía de acuerdo con la marca del vehículo
- Protocolo de comunicación J2284 (CAN LOW)
- Protocolo de comunicación ISO9141 (línea L)
- Alimentación de 12 v para la herramienta de diagnóstico

Figura 28

Instalación del conector OBD II



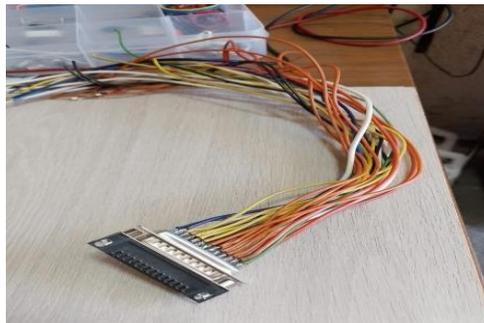
Nota. Esta gráfica representa la instalación del conector por el cual vamos a poder conectar el Scanner automotriz.

Armado del Arnés de Comunicación

Utilizando dos conectores DB25, se fabricó el arnés de comunicación para las diferentes computadoras, tomando en cuenta que necesitan una alimentación positiva, una alimentación negativa y los conectores tanto de entrada como de salida, obteniendo el arnés mostrado en la Figura 29.

Figura 29

Arnés ensamblado



Nota. Esta gráfica representa la elaboración de uno del arnés.

Vista general del Banco de Pruebas

Finalizando con la etapa del ensamble, se obtuvo como resultado un banco de pruebas que en su interior se incorpora un transformador de corriente de 110v (AC) a 12V (DC) y un simulador de sensor CKP, en el cual se visualiza el consumo de corriente de la ECM mediante un voltímetro, pulso de inyectores, pulso de bobinas de encendido, señal para la válvula IAC, señal para la activación de relés de bomba, relé principal, simulador de sensores, relé de ventilador del radiador y la luz de aviso de avería, como muestra en la figura 30.

Figura 30

Banco de pruebas terminado



Nota. Esta gráfica representa el banco de pruebas terminado en su totalidad, listo para ser usado.

Propuesta

Finalizado el proceso de ensamblaje de todos los elementos electrónicos y los elementos ilustrativos del Banco de Pruebas a continuación, se desarrolló las pruebas exhaustivas del Banco de Pruebas, tomando en cuenta que se realizó en la computadora del Hyundai Accent y la computadora del Chevrolet corsa wind.

Comprobación del Banco con la ECU del Vehículo Chevrolet Corsa Wind

Para realizar dicha comprobación, se identificó la programación adecuada, simulando las revoluciones correspondientes el mismo que se puede visualizar que existe un voltaje de 12,4 V y un consumo de corriente 0.44A que es un rango aceptado por el funcionamiento del Banco de Pruebas, como se muestra en la figura 31.

Se inicio él envío de señal de giro del sensor CKP, con lo que la unidad de control electrónico comienza el desempeño de las funciones de inyección, encendido y control de marcha mínima.

Figura 31

Verificación de los voltajes de alimentación y el consumo de corriente



Nota. Está gráfica representa el valor real de consumo de corriente y el V de alimentación.

Posteriormente, se realizó el banqueo del módulo de control electrónico del Chevrolet Corsa, visualizando de que se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento tanto en la

computadora como en el Banco de Pruebas el mismo que no presenta ningún defecto, como se muestra en la figura 32.

Figura 32

Verificación de funcionamiento de la Unidad

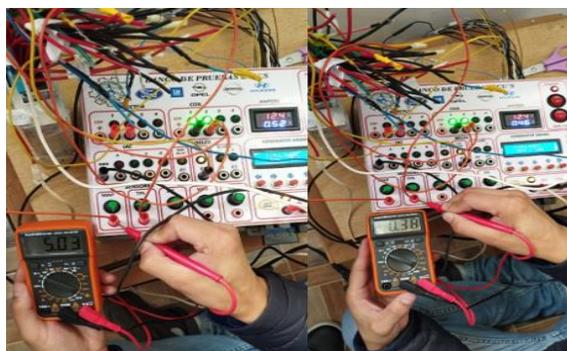


Nota. Está gráfica representa el funcionamiento de todos los elementos mediante el encendido de los testigos Led.

A continuación, se tomó las respectivas mediciones correspondientes del módulo de control electrónico del Chevrolet Corsa, como se observa en la figura 33, tomando en cuenta los sensores MAP, TPS, IAT, WTS, O2 se encuentren en los valores especificados por los fabricantes, como se observa en la tabla 1.

Figura 33

Verificación de voltajes



Nota. Está gráfica representa el valor obtenido de cada uno de los sensores medidos.

Tabla 1

Valores obtenidos de cada uno de los sensores

SENSOR	DATOS		MEDIDOS
	Voltaje Max	Voltaje Min.	Estado
MAP	5,03	0,54	Operativo
TPS	5,04	0,38	Operativo
IAT	4,35	0,45	Operativo
WTS	4,48	0,80	Operativo
O2	5,20	0,03	Operativo

Verificación de las Señales Pulsantes de la ECU Chevrolet Corsa

A continuación, se comprobó la señal del sensor CKP el mismo que se puede visualizar en el osciloscopio que está en correcto funcionamiento, como se observa en la figura 34.

Figura 34

Señal sensor CKP



Nota. Esta gráfica representa la obtención de la señal del sensor CKP.

De igual manera, se obtuvo la señal del sensor IAC el mismo que se pudo visualizar en el osciloscopio que está en correcto funcionamiento, como se observa en la figura 35.

Figura 35

Señal del actuador IAC



Nota. Está gráfica representa la obtención de la señal espejo del sensor IAC.

Comprobación del Banco con la ECU del Vehículo Hyundai Accent

Para la siguiente comprobación de la ECU, se utilizó los conectores de tipo banana, una vez conectados a los cables del socket de la ECU, se procedió a pinear en el Banco de Pruebas como se observa en la figura 36, para verificar su funcionamiento, sin necesidad de utilizar los arneses ya que va a hacer un método de prueba.

Figura 36

Conexión de la ECU al Banco de Pruebas



Nota. Está gráfica representa una de las formas de conexión que se puede utilizar para verificar el funcionamiento de la ECU.

Después de haber comprobado que la Ecu se encuentre operativa y lista para proceder a realizar sus respectivas pruebas, se procedió a enlazar los pines del arnés con los pines del socket

de la ECU como se observa en la figura 37, para luego ser conectados en el Banco de Pruebas he iniciar con las pruebas.

Figura 37

Conexión del Arnés con el socket de la Ecu



Nota. Está gráfica representa la ECU para bancoo.

Verificación de las Señales Pulsantes

A continuación, se obtuvo las señales correspondientes del sensor CKP, el mismo que se pudo visualizar en el osciloscopio que está en correcto funcionamiento, como se observa en la figura 38.

Figura 38

Señal del CKP Hyundai Accent



Nota. Está gráfica representa la obtención de la señal del sensor CKP de la ECM.

De igual manera, se obtuvo la señal correspondiente del actuador IAC, el mismo que se pudo visualizar en el osciloscopio que está en correcto funcionamiento, como se observa en la figura 39.

Figura 39

Señal del actuador IAC



Nota. Esta gráfica representa la verificación de la señal espejo del actuador IAC.

También se verificó la señal correspondiente al Inyector, el mismo que se pudo visualizar en el osciloscopio que está en correcto funcionamiento, como se observa en la figura 40.

Figura 40

Señal del Inyector



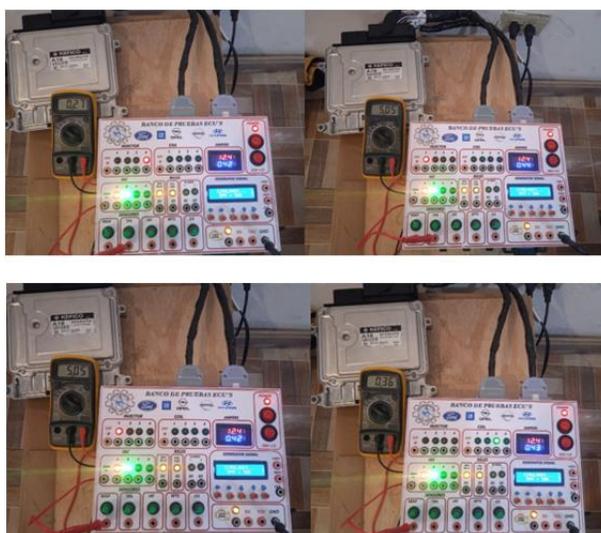
Nota. Esta gráfica representa la obtención de la señal del Inyector.

Medición de Voltajes de Sensores de la ECU del Hyundai Accent

A continuación, con el uso del multímetro, se tomó las respectivas mediciones correspondiente a los distintos sensores, como son sensor MAP, TPS, IAT, WTS, O2 como se observa en la figura 41, para la comprobación de los 5 voltios que proporciona la ECM a todos los sensores.

Figura 41

Voltajes de los sensores



Nota. Está gráfica representa la medición de voltaje (Max-Min) de los sensores, MSP, TPS, IAT, WTS, O2.

Tabla 2

Valores obtenidos de cada uno de los sensores

SENSOR	DATOS		MEDIDOS
	Voltaje Max	Voltaje Min	Estado
MAP	5,05	0,36	Operativo
TPS	5,05	0,27	Operativo

IAT	4,37	0,44	Operativo
WTS	4,50	0,87	Operativo
O2	5,22	0,02	Operativo

Nota. Esta tabla muestra cómo cambia los valores de los sensores y su manera de funcionamiento.

Verificación de Datos en Vivo del Funcionamiento de los Sensores y Actuadores

A continuación, se procedió a conectar el scanner con el Banco de Pruebas para establecer un enlace de conexión entre el escáner y la ECU en este caso del vehículo Hyundai Accent, con la finalidad de verificar y comprobar el funcionamiento de cada elemento en tiempo real, como se observa en la figura 46. Este análisis ayudará a identificar posibles problemas y áreas de mejora el rendimiento del motor y otros sistemas de vehículos.

Figura 42

Verificación de Datos en vivo



Nota. Está gráfica representa el análisis de funcionamiento de la ECU en tiempo real.

Conclusiones

El presente proyecto fue diseñado con la finalidad de ayudar a los propietarios de los vehículos para que puedan darles solución a sus computadoras de sus vehículos si un caso necesitara repararlas para no tener la necesidad de reemplazarla por otra computadora nueva.

El equipo está diseñado para simular las condiciones de funcionamiento del vehículo que le permite al técnico verificar el funcionamiento de la computadora (ECU), con la finalidad de asegurar el diagnóstico, reparación y pruebas de la unidad de control de una manera técnica y segura.

Un banco de pruebas bien diseñado puede simular diversas condiciones operativas, acelerando la innovación y la implementación de nuevas tecnologías.

El banco de pruebas permite diagnosticar de manera precisa y eficiente fallos y problemas en las computadoras automotrices (ECUs). Esto reduce significativamente el tiempo necesario para identificar problemas en los vehículos y aumenta la precisión en las reparaciones, mejorando la satisfacción del cliente y reduciendo costos.

La implementación de un banco de pruebas automotriz es una inversión estratégica crucial para cualquier taller automotriz. No solo mejora la calidad del servicio, sino que también impulsa la innovación ya que se convierte en un taller completo y equipado, lo que en conjunto fortalece la competitividad en el mercado automotriz.

Recomendaciones

La operación del Banco de Pruebas debe ser realizada cuidadosamente paso por paso, teniendo mucha precaución en la conexión del equipo con las ECUs ya que los conectores pueden ser dañados si su manipulación no es la adecuada.

Evitar que el Banco de Pruebas no sufra de recalentamientos al momento de usarlo, se debe realizar las pruebas en lugares bien ventilados y en lapsos de tiempo no muy prolongados.

Mantener el Banco de Pruebas lejos de los lugares con exceso de polvo la caída y acumulación de este sobre los componentes electrónicos puede producir daños en la Unidad.

El Banco de Pruebas ocupa una fuente de tensión de 110V CA, de modo que en lo posible su conexión debe ser directa y no ocupar extensiones ya que esta podría cortar el suministro de energía al Banco y causar daños en los componentes electrónicos.

Referencias

- Andrade, L. (2024). DSpace ESPOCH.: Diseño e implementación de un sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices de un banco de prueba para la Escuela de Ingeniería Automotriz. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2310>
- Angel Guzmán, L. B., Cardona Urrego, M. C., & Restrepo Gómez, D. (2024). Banco de diagnóstico para calculadoras automotrices y manual de uso. <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/370>
- Boada Cardenas, C. F., & Cortes Guerrero, J. E. (2020). Prototipo de sistema didáctico para control y monitoreo basado en HMI y PLC para un banco de prueba automotriz implementado en el SENA CTT. <http://hdl.handle.net/11349/23853>
- Chávez Calderón, L. F., & Flores Arteaga, J. D. (2022). Construcción e implementación de un banco didáctico de un sistema de inmovilizador con transponder para la Escuela de Ingeniería Automotriz. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3370>
- Crespo Arévalo, F. E., & León León, D. P. (2022). Construcción de un banco digital comprobador de computadoras automotrices para vehículos con sistemas de inyección electrónica a gasolina para el Laboratorio de Autotrónica de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7008>
- Galarza Bernita, I. E., & Romero Aldas, D. J. (2024). Diseño de una interfaz para el monitoreo del banco didáctico funcional de dirección con asistencia eléctrica de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Campus Sur [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28390>

- García Játiva, E. B. (2024). Diseño y construcción de un dispositivo electrónico calculador de distancia y tarifas para taxis implementado en un banco de pruebas para la Escuela de Ingeniería Automotriz. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3050>
- Hidalgo, L., & Castillo, D. (2024). Desarrollo de banco de pruebas de computadoras automotrices e inmovilizadores con interfaz programable [bachelorThesis]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15673>
- Loyo Caicedo, A. M., & Rodríguez Mancero, M. D. C. (2021). Diagnóstico de computadoras automotrices in circuit mediante la parametrización de variables de importancia [bachelorThesis]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11111>
- Mamani Yujra, C. I. (2020). Diseño e implementación de un simulador de parámetros de unidades de control electrónico automotrices (ECU) de vehículos a gasolina en la Región Puno para su diagnóstico modular. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT_c7b24f979a9072468f467959a926588f
- Morocho Condoy, V. G., Flores Guillermo, E. C., & Silva Pachar, L. A. (2023). Construcción de un banco didáctico con visualización de datos y de funcionamiento de un motor Nissan FD6 para la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UPS [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1131>
- Ortega Carrillo, W. A. (2022). Fabricación de un banco de pruebas para computadoras automotrices (ECM). <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4929>
- Ortega, W. (2022). Fabricación de un banco de pruebas para computadoras automotrices (ECM). <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4929>

Páez Gómez, D. J. (2019). Diseño de un banco de pruebas para analizar el comportamiento tribológico de los sistemas de frenos de discos automotrices.

<https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/20.500.14167/1040>

Pallo, L. (2019). Elaboración de un modelo de banco de pruebas para el diagnóstico de computadoras automotrices en un motor Toyota.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/AVAN_8d0a625401bd04becb2303630cc56f8f

Pesántez Ojeda, H. F., & Piedra Mora, I. M. (2023). Construcción de un banco de pruebas funcional con visualización digital de datos mediante LabVIEW del sistema de inyección MPFI D-TEC para la formación académica automotriz [bachelorThesis].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/102>

Salcedo Chicaiza, D. G. (2022). Banco de comprobación de la ECM KEFICO M.7.9.8 como recurso de aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Mecánica Automotriz.

<http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/255>

Anexos

Anexo 1

Pinout de los conectores DB25

BANCO DE PRUEBAS DE COMPUTADORAS ECU

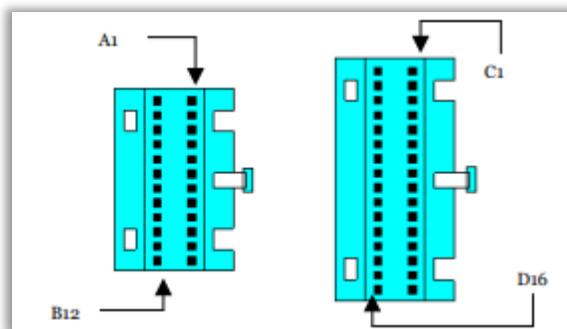


CONECTOR C1		CONECTOR C2	
1 OBD (2) J1850 (+)	14	1 INYECTOR 1	14 RELE MAIN
2 OBD (6) CAN HIGH	15	2 INYECTOR 2	15 RELE BOMBA
3 OBD (7) LINEA K	16	3 INYECTOR 3	16 RELE VENTILADOR 1
4 OBD (10) J1850 (-)	17	4 INYECTOR 4	17 RELE VENTILADOR 2
5 OBD (14) CAN LOW	18	5 BOBINA 1 (- 12V)	18 IAC A / ISC SOLENOIDE
6 OBD (1) LINEA L	19	6 BOBINA 2 (- 12V)	19 IAC B
7 SEÑAL CMP1	20	7 BOBINA 2 (- 12V)	20 IAC C
8 SEÑAL CMP 2	21	8 BOBINA 4 (- 12V)	21 IAC D
9 SEÑAL CKP	22 BAT (+30)	9 BOBINA 1 (+ 5V)	22 SEÑAL TPS
10 SEÑAL O2	23 BAT (+30)	10 BOBINA 2 (+ 5V)	23 SEÑAL MAP
11 5V SENSORES	24 BAT (+15)	11 BOBINA 2 (+ 5V)	24 SEÑAL IAT
12 TIERRA	25 BAT (+15)	12 BOBINA 4 (+ 5V)	25 SEÑAL WTS
13 TIERRA		13 MIL/CHECK ENGINE	

Nota. Está gráfica representa el pinout de cada conector (C1-C2), para el proceso de enlace con el arnés de conexión.

Anexo 2

Sokets de conexión (ECU Chevrolet Corsa)



Nota. Está gráfica representa como se observa de forma ilustrativa los sokets de la ECU del Chevrolet Corsa.

Anexo 3

Conexiones del arnés de comunicación del Chevrolet Corsa C1

Conector C1 Arnés	Enlazado con	Conector Soket	Descripción
1		A12-B10	Tierra (masa de unidad de comando)
2		C12-D1	Tierra (masa de unidad de comando)
3		B8	Sensores
4		B11	Señal O2
5		A2	Señal CKP
6		NA	(2) Señal CMP
7		NA	(1) Señal CMP
8		NA	OBD (1) Línea L
9		NA	OBD (14) Can Low
10		D7	OBD (10) J1850 (-)
11		NA	OBD (7) Línea K
12		NA	OBD (6) Can High
13		D8	OBD (2) J1850 (+)
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22		B1	BAT (+30)
23		NA	BAT (+30)
24		NA	BAT (+15)
25		C4	BAT (+15)

Nota. Esta Tabla representa la forma la cual va enlazada las conexiones entre el conector C1 y los cables de conexión de los sokets.

Anexo 4

Conexiones del arnés de comunicación del Chevrolet Corsa C2

Conector C2 Arnés	Enlazado con	Conector Soket	Descripción
1		C15	Inyector 1
2		C11	Inyector 2
3		C11	Inyector 3
4		C15	Inyector 4
5		D10	Bobina 1 (-12v)
6		C3	Bobina 2 (-12v)
7		C3	Bobina 2 (-12v)
8		D10	Bonina 4 (-12v)
9		NA	Bobina 1 (+5v)
10		NA	Bobina 2 (+5v)
11		NA	Bobina 2 (+5v)
12		NA	Bobina 4 (+5v)
13		C1	Mil/Check Engine
14		NA	Rele Main
15		B6	Rele Bomba
16		A4	Rele Ventilador 1
17		A5	Rele Ventilador 2
18		C5	IAC A/ ISC Solenoide
19		C6	IAC B
20		C8	IAC C
21		C9	IAC D
22		A8	Señal TPS
23		A7	Señal MAP
24		D3	Señal IAT
25		B12	Señal WTS

Nota. Esta tabla representa la forma la cual va enlazada las conexiones entre el conector C2 y los cables de conexión de los sockets.

Anexo 5

Programación de Arduino

```
sketch_jun12a.ino
1 // Definición de pines
2 const int ckpPin = 2; // Pin de salida para señal CKP
3 const int cmpPin = 3; // Pin de salida para señal CMP
4
5 const int injectorPins[4] = {4, 5, 6, 7}; // Pines de salida para inyectores y bobinas
6 const int iacPins[4] = {8, 9, 10, 11}; // Pines de salida para la válvula IAC
7
8 const int relayPin = 12; // Pin de salida para el relé principal
9 const int fuelPumpPin = 13; // Pin de salida para la bomba de combustible
10 const int checkEnginePin = A0; // Pin de salida para el LED de check engine
11
12 const int mapSensorPin = A1; // Pin de entrada para el sensor MAP
13 const int tpsSensorPin = A2; // Pin de entrada para el sensor TPS
14 const int iatSensorPin = A3; // Pin de entrada para el sensor IAT
15 const int ectSensorPin = A4; // Pin de entrada para el sensor ECT
16 const int o2SensorPin = A5; // Pin de entrada para el sensor O2
17
18 void setup() {
19 // Configuración de pines como salida
20 pinMode(ckpPin, OUTPUT);
21 pinMode(cmpPin, OUTPUT);
22
23 for (int i = 0; i < 4; i++) {
24     pinMode(injectorPins[i], OUTPUT);
25     pinMode(iacPins[i], OUTPUT);
26 }
27
28 pinMode(relayPin, OUTPUT);
29 pinMode(fuelPumpPin, OUTPUT);
30 pinMode(checkEnginePin, OUTPUT);
31
32 // Inicialización de comunicación serial
33 Serial.begin(9600);
34 }
35
36 void loop() {
```

sketch_jun12a.ino

```
35
36 void loop() {
37     // Simulación de señales CKP y CMP
38     digitalWrite(ckpPin, HIGH);
39     delay(2); // Ajusta la duración del pulso según sea necesario
40     digitalWrite(ckpPin, LOW);
41     delay(2);
42
43     digitalWrite(cmpPin, HIGH);
44     delay(10); // Ajusta la duración del pulso según sea necesario
45     digitalWrite(cmpPin, LOW);
46     delay(10);
47
48     // Simulación de inyectores y bobinas
49     for (int i = 0; i < 4; i++) {
50         digitalWrite(injectorPins[i], HIGH);
51         delay(5); // Ajusta el tiempo de encendido
52         digitalWrite(injectorPins[i], LOW);
53         delay(5);
54     }
55
56     // Control de la válvula IAC
57     for (int i = 0; i < 4; i++) {
58         digitalWrite(iacPins[i], HIGH);
59         delay(5); // Ajusta el tiempo de encendido
60         digitalWrite(iacPins[i], LOW);
61         delay(5);
62     }
63
64     // Control del relé principal y bomba de combustible
65     digitalWrite(relayPin, HIGH);
66     digitalWrite(fuelPumpPin, HIGH);
67     delay(1000); // Mantener encendido por 1 segundo
68     digitalWrite(relayPin, LOW);
69     digitalWrite(fuelPumpPin, LOW);
70     delay(1000);
71 }
```

```
71
72 // Control del LED de check engine
73 digitalWrite(checkEnginePin, HIGH);
74 delay(500); // Encendido por 0.5 segundos
75 digitalWrite(checkEnginePin, LOW);
76 delay(500);
77
78 // Lectura de sensores y envío de datos por Serial
79 int mapValue = analogRead(mapSensorPin);
80 int tpsValue = analogRead(tpsSensorPin);
81 int iatValue = analogRead(iatSensorPin);
82 int ectValue = analogRead(ectSensorPin);
83 int o2Value = analogRead(o2SensorPin);
84
85 Serial.print("MAP: "); Serial.println(mapValue);
86 Serial.print("TPS: "); Serial.println(tpsValue);
87 Serial.print("IAT: "); Serial.println(iatValue);
88 Serial.print("ECT: "); Serial.println(ectValue);
89 Serial.print("O2: "); Serial.println(o2Value);
90
91 delay(1000); // Ajusta la frecuencia de muestreo según sea necesario
92 }
```

Nota. Esta fue la programación utilizada para el Banco de Pruebas.