



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz**

Autores: Eduardo Alejandro Mosquera Coronel
Ángel Adrián Iza Pico

Tutor: Ing. Darwin Chele Sancán, M.Sc.

**Repotenciación del Banco de Pruebas de un Motor Hyundai
Accent 1.6 Litros del Taller de la Escuela de Ingeniería
Automotriz de la UIDE – Guayaquil**

Certificado de Autoría

Nosotros, Eduardo Alejandro Mosquera Coronel y Ángel Adrián Iza Pico, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedemos nuestros 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.

Eduardo Alejandro Mosquera Coronel

C.I.: 0927153510

Angel Adrian Iza Pico

C.I.: 1207710698

Aprobación del Tutor

Yo, Darwin Chele Sancán certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Darwin Chele Sancán, M.Sc.

Director de Proyecto

Dedicatoria

A mis amados padres, cuya devoción, sacrificio y amor incondicional han sido el faro que ha iluminado mi camino académico. A mis entrañables amigos, compañeros de risas, apoyo y complicidad, quienes han compartido conmigo las alegrías y desafíos de esta travesía.

Este logro no solo es mío, sino también de aquellos que han sido mi sostén en los momentos difíciles y han celebrado conmigo en los triunfos. A mis padres, por ser mis pilares, y a mis amigos, por ser mi fuente de alegría y camaradería, dedico con gratitud este trabajo. Su influencia y respaldo han sido fundamentales en este viaje. ¡Gracias por ser mi inspiración y por ser parte esencial de esta victoria compartida!"

Angel Adrian Iza Pico

Dedicatoria

Respecto a toda mi carrera de cinco años de sacrificio y arduo trabajo, espero dedicar
estos preciosos años de lucha a:

A mi amada madre, Blanca Coronel, por ser mi fuente de fortaleza, sabiduría y amor incondicional. A mi padre, Lester Mosquera, cuya dedicación y apoyo han sido pilares fundamentales en mi camino académico. A mis queridas hermanas, Joyce Mosquera y Anahí Mosquera, por ser mis cómplices y motivación constante.

A mis amados abuelos, Alejandro Coronel, cuya sabiduría y afecto han marcado mi vida de manera indeleble, a Ana Orejuela, por sus consejos y cariño inagotable, y a Carmen Andrade, cuyo legado vive en nuestras historias y recuerdos.

Esta tesis es el resultado de esfuerzo, perseverancia y el amor de quienes me rodean.

A todos ustedes, mi familia y amigos, les dedico este logro. Su aliento constante ha sido mi inspiración, y este trabajo lleva impreso el reflejo de cada uno de ustedes. ¡Gracias por ser mi mayor motivación y por compartir este viaje conmigo!"

Eduardo Alejandro Mosquera Coronel

Agradecimiento

Agradezco profundamente a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron al desarrollo de esta tesis. El apoyo de mi familia, la comprensión de mis amigos, y la guía de mis profesores han sido elementos cruciales en este viaje académico. Este logro es el resultado de la colaboración y el respaldo de quienes me rodean. Gracias a todos por ser parte de este proceso significativo.

¡Gracias!

Angel Adrian Iza Pico

Agradecimiento

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis. En primer lugar, a mi familia, quienes han sido mi principal fuente de apoyo y motivación a lo largo de este viaje. Agradezco a mis padres y abuelos por su constante aliento y sacrificio, y a mis hermanas por su comprensión y
compañía.

A mis amigos, quienes han compartido este trayecto conmigo, aportando risas, ánimo y perspectivas valiosas. Su apoyo ha sido fundamental en cada etapa de este proceso.

A mi tutor, Ing. Darwin Gregorio Chele Sancán, agradezco sinceramente su orientación experta, paciencia y dedicación. Su mentoría ha sido crucial para dar forma a este
trabajo y ampliar mi comprensión en el campo.

A los colegas y profesionales que brindaron su tiempo y conocimiento en discusiones y revisiones, les estoy agradecido por sus aportes valiosos que han enriquecido este trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una manera u otra, han contribuido a esta investigación. Este logro no solo es mío, sino también de todos aquellos que han sido
parte de este proceso.

¡Gracias Totales!

Eduardo Alejandro Mosquera Coronel

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Agradecimiento.....	viii
Índice General.....	ix
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tablas.....	xv
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xvii
Capítulo I.....	1
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.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	3
1.4.1 Justificación Teórica.....	3
1.4.2 Justificación Metodológica.....	4

1.4.3 Justificación Práctica.....	4
1.4.4 Delimitación Temporal.....	4
1.4.5 Delimitación Geográfica.....	4
1.4.6 Delimitación del Contenido.....	4
Capítulo II.....	7
Marco Referencial.....	7
2.1 Marco Teórico	12
2.1.1 Características Principales de los Motores Hyundai Accent 1.6 Litros.....	12
2.1.3 La Puesta en Marcha y el Análisis del Comportamiento del Motor	14
2.1.4 Funciones y Objetivos de los Bancos de Pruebas de Motores.....	15
2.1.5 Repotenciación de Bancos de Pruebas de Motores	16
2.1.6 Importancia del Banco de Pruebas	17
2.2 Marco Conceptual	19
2.2.2 Tipos de Motores.....	20
2.2.3 Banco de Pruebas.....	22
2.2.4 Sistema de Inyección de Combustible Multipunto.....	22
2.2.5 Componentes del Sistema de Inyección.....	23
2.2.6 Ventajas del Sistema de Inyección	24
Capítulo III.....	26
Proceso de Diseño del Banco de Pruebas	26
3.1 Necesidades de la Repotenciación del Banco de Pruebas	27
3.2 Diseño del Banco y Ensamble Mecánico de los Componentes.....	29
3.3 Elaboración de la Estructura del Banco de Pruebas	33
3.4 Implementación del Motor y Panel de Control	35
3.5 Especificaciones del Motor Montado en el Banco de Pruebas.....	40

3.6 Metodología Aplicada	41
3.6.1 Métodos	41
3.6.2 Tipo de Estudio	41
3.6.3 Investigación Aplicada	42
3.6.4 Investigación Aplicada	42
Capítulo IV.....	43
Pruebas de Funcionamiento y Simulación de Averías.....	43
4.1 Descripción.....	43
4.2 Pruebas de Funcionamiento del Banco de Pruebas	44
4.3 Problemas Comunes de los Vehículos a Inyección a Gasolina.....	47
4.4 Pruebas de Funcionamiento de los Sensores y Actuadores.....	48
4.4.1 Pruebas del Sensor de Temperatura del Refrigerante - ECT.....	48
4.4.2 Pruebas del Sensor de Temperatura de Aire - IAT	50
4.4.3 Pruebas del Sensor de Posición del Acelerador - TPS	53
4.4.4 Pruebas del Sensor de Posición del Cigüeñal - CKP.....	55
4.4.5 Pruebas del Sensor de Presión Absoluta del Múltiple - MAP.....	59
4.4.6 Pruebas del Inyector.....	61
4.4.6 Pruebas de las Bobinas de Encendido	64
4.4.7 Lectura de Códigos y Verificación de Indicador de Mal Funcionamiento (MIL)	67
4.5 Análisis de los Resultados	68
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
Bibliografía	73

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Bancos de Prueba de Motor</i>	2
Figura 2 <i>Motor a Inyección a Gasolina</i>	14
Figura 3 <i>Puesta en Marcha y el Análisis del Comportamiento del Motor</i>	15
Figura 4 <i>Esquema de Funcionamiento del Motor de Combustión Interna</i>	20
Figura 5 <i>Tipos de Motores</i>	20
Figura 6 <i>Motor a Inyección a Gasolina de Combustión Interna</i>	21
Figura 7 <i>Ejemplo de Banco de Pruebas</i>	22
Figura 8 <i>Sistema de Inyección Electrónica</i>	24
Figura 9 <i>Diseño Constructivo de la Estructura</i>	30
Figura 10 <i>Banco de Pruebas - Dimensionamiento</i>	31
Figura 11 <i>Banco de Pruebas - Selección de Materiales</i>	31
Figura 12 <i>Banco de Pruebas - Esfuerzos y Deformaciones</i>	32
Figura 13 <i>Banco de Pruebas – Simulación con el Estado de Cargas</i>	32
Figura 14 <i>Estructura del Banco de Pruebas</i>	33
Figura 15 <i>Construcción de la Estructura Banco de Pruebas</i>	34
Figura 16 <i>Pintado de la Estructura del Banco de Pruebas</i>	34
Figura 17 <i>Montaje del Motor en el Banco de Pruebas</i>	35
Figura 18 <i>Cubierta del Panel de Control del Banco de Pruebas</i>	36
Figura 19 <i>Ubicación del panel de Control en el Banco de Pruebas</i>	36
Figura 20 <i>Vista Lateral de la Estructura del Banco de Pruebas</i>	37
Figura 21 <i>Vista Frontal del Banco de Pruebas</i>	38
Figura 22 <i>Vista Superior del Banco de Pruebas</i>	38
Figura 23 <i>Panel de Instrumentos y Simulador de Averías</i>	39
Figura 24 <i>Sensores</i>	44

Figura 25 <i>Simulador de Averías</i>	46
Figura 26 <i>Herramientas y Procedimientos de Diagnóstico</i>	47
Figura 27 <i>Sensor ECT</i>	49
Figura 28 <i>Mediciones del Sensor ECT</i>	50
Figura 29 <i>Sensor IAT</i>	51
Figura 30 <i>Mediciones del Sensor IAT</i>	52
Figura 31 <i>Mediciones del Sensor IAT-Motor en Funcionamiento</i>	52
Figura 32 <i>Sensor TPS</i>	53
Figura 33 <i>Mediciones del Sensor TPS</i>	54
Figura 34 <i>Mediciones del Sensor TPS-Motor en Funcionamiento</i>	54
Figura 35 <i>Mediciones del Sensor TPS-Motor en Funcionamiento</i>	55
Figura 36 <i>Mediciones del Sensor TPS- Osciloscopio</i>	55
Figura 37 <i>Sensor CKP</i>	56
Figura 38 <i>Mediciones del Sensor CKP</i>	57
Figura 39 <i>Mediciones del Sensor CKP</i>	57
Figura 40 <i>Valores de Mediciones del Sensor CKP-Motor en Funcionamiento</i>	58
Figura 41 <i>Mediciones del Sensor CKP - Osciloscopio</i>	58
Figura 42 <i>Sensor MAP</i>	59
Figura 43 <i>Mediciones del Sensor MAP</i>	60
Figura 44 <i>Mediciones del Sensor MAP-Motor en Funcionamiento</i>	60
Figura 45 <i>Valores de Mediciones del Sensor MAP-Motor en Funcionamiento</i>	61
Figura 46 <i>Actuador-Inyector de Combustible</i>	61
Figura 47 <i>Mediciones del Inyector-Resistencia</i>	62
Figura 48 <i>Mediciones del Inyector</i>	63
Figura 49 <i>Mediciones del Inyector-Alimentación</i>	63

Figura 50 <i>Mediciones del Inyector - Osciloscopio</i>	64
Figura 51 <i>Actuador-Bobina de Encendido</i>	64
Figura 52 <i>Mediciones de la Bobina -Resistencia</i>	65
Figura 53 <i>Mediciones de la Bobina</i>	66
Figura 54 <i>Mediciones de la Bobinas de Encendido</i>	66
Figura 55 <i>Mediciones de la Bobina - Osciloscopio</i>	67

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Especificaciones Técnicas del Vehículo Hyundai Accent 1.6 Litros</i>	13
Tabla 2 <i>Especificaciones Técnicas del Motor Hyundai 1.6 Litros</i>	40

Resumen

En la industria automotriz, los avances tecnológicos han llevado a la evolución de los sistemas de inyección, aunque persisten desafíos en lograr un diagnóstico preciso para estos sistemas. La complejidad y la interrelación con otros componentes del motor demandan el uso de herramientas y métodos eficientes para el diagnóstico. Por lo tanto, surge la necesidad urgente de desarrollar una maqueta didáctica que simule el sistema de inyección del motor 1.6L del Hyundai, ofreciendo una plataforma de aprendizaje práctica que permita una comprensión profunda de los principios involucrados. Este banco de pruebas está equipado con pines de conexión sencilla, facilitando diagnósticos precisos y creando un entorno interactivo para el análisis de componentes y posibles fallos. Además, posibilita que los estudiantes se familiaricen con las últimas tecnologías y procedimientos de diagnóstico. El objetivo fundamental de este proyecto es presentar la maqueta de repotenciación del motor como una herramienta pedagógica que ayude a la formación de estudiantes de ingeniería automotriz, fortaleciendo sus habilidades de diagnóstico y preparándolos para los desafíos cambiantes en el ámbito automotriz.

Palabras Clave: inyección a gasolina, diagnósticos, banco de pruebas, repotenciación.

Abstract

In the automotive industry, technological advances have led to the evolution of injection systems, although challenges remain in achieving accurate diagnosis for these systems. The complexity and interrelationship with other engine components demand the use of efficient tools and methods for diagnosis. Therefore, there is an urgent need to develop a teaching model that simulates the injection system of the Hyundai 1.6L engine, offering a practical learning platform that allows a deep understanding of the principals involved. This test bench will be equipped with easy connection pins, facilitating accurate diagnoses, and creating an interactive environment for the analysis of components and possible failures. Moreover, it enables students to become familiar with the latest technologies and diagnostic procedures. The fundamental objective of this project is to present the engine repowering model as a pedagogical tool that helps the training of automotive engineering students, strengthening their diagnostic skills, and preparing them for the changing challenges in the automotive field.

Keywords: fuel injection, diagnostics, test bench, repowering.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Repotenciación del banco de pruebas de un motor Hyundai Accent 1.6 litros del taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE – Guayaquil.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

La Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador consta con varios bancos de pruebas con motores, los cuales necesitan ser repotenciados, es decir, rediseñar la estructura que sostiene al motor y la ubicación de ciertos elementos con el fin de tener mejor acceso al momento de realizar alguna práctica o dar mantenimiento al banco.

1.2.1 Planteamiento del Problema

Las tecnologías continúan impulsando un constante aumento en el rendimiento de diversos componentes, ya sean mecánicos, electrónicos o eléctricos, y la ciencia de la mecánica automotriz no está exenta de esta realidad. El examen del comportamiento de los motores se revela como una clave esencial para alcanzar un rendimiento superior en los vehículos.

Mejorar la formación de la chispa que impulsa los mecanismos internos y cómo estos responden a los estímulos generados por investigadores, con el objetivo de alcanzar el máximo rendimiento posible para su utilización por parte de los usuarios, sigue siendo fundamental para su desarrollo. Para lograr este propósito, es imperativo establecer un banco de pruebas que evalúe y determine cada uno de los parámetros asociados al rendimiento del motor (Ballesteros,2022).

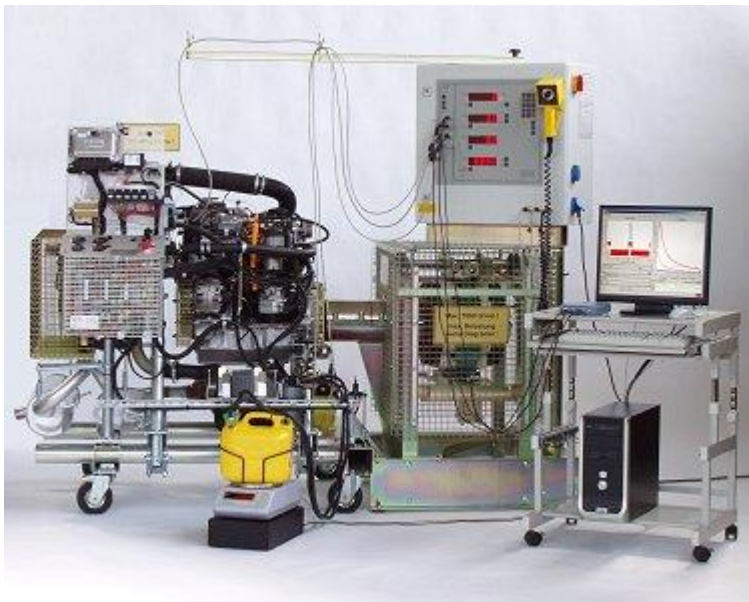
Los bancos de pruebas necesitan una reestructuración y readecuación con el fin de poder acceder a todas las partes del motor para su debido mantenimiento o cualquier práctica que se desee desarrollar en el laboratorio de la institución. Por otro lado, observamos que el motor G4ED de un Hyundai Accent 1.6 litros perteneciente a la Universidad Internacional del

Ecuador necesita una repotenciación debido a que algunas de sus piezas han cumplido con su vida útil. Con la resolución de este problema se espera que los estudiantes de la universidad puedan realizar sus prácticas con normalidad y les permita contrastar los datos teóricos con los datos reales de un motor de combustión interna con sistemas de inyección indirecta de gasolina.

Los equipos de prueba de motores de combustión interna ofrecen una operación fácil y segura, además de posibilitar un ajuste rápido de los estados de servicio deseados (Figura 1).

Figura 1

Bancos de Prueba de Motor



Tomado de: <https://www.motorleistungspruefstand.de/e/mpind2e.htm>

1.2.2 Formulación del Problema

¿La repotenciación del banco de prueba permite que los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz puedan realizar de manera adecuada la simulación de fallas de los sensores y actuadores con el fin de relacionar la parte teórica con la práctica?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuál es el estado actual en el que se encuentra el banco de pruebas del motor Hyundai Accent 1.6 litros?

- ¿Qué tipo de estructura será el adecuado para el banco de pruebas del motor Hyundai Accent 1.6 litros?
- ¿Qué pruebas se deben realizar para comprobar el funcionamiento del banco de pruebas y simulación de fallas del motor Hyundai Accent 1.6 litros??

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Repotenciar el banco de pruebas de un motor Hyundai Accent 1.6 litros del taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE – Guayaquil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado en que se encuentra el banco de pruebas del motor Hyundai Accent 1.6 litros.
- Diseñar una nueva estructura para el banco de pruebas del motor Hyundai Accent 1.6 litros.
- Realizar pruebas de funcionamiento del banco de pruebas y simulación de fallas del motor Hyundai Accent 1.6 litros.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

Definidos los objetivos de la investigación se responde la pregunta de por qué se investiga a este interrogante. Se puede dar respuesta desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica (Lerma Gonzáles, 2009).

1.4.1 Justificación Teórica

Se basa en la investigación de fuentes bibliográficas relacionadas con el tema del proyecto, procesos de reparación, procesos de manufactura y la selección de materiales adecuados para la construcción de una nueva estructura teniendo en cuenta las necesidades existentes en la Escuela de Ingeniería Automotriz. Se usa recursos tales como: libros, manuales, artículos científicos cuyo contenido aporten información sobre la repotenciación de un motor

y procesos de manufactura, normas de diseño, propiedades y composición de materiales como el acero estructura.

1.4.2 Justificación Metodológica

La justificación metodológica se basa en el uso de métodos y técnicas para alcanzar los objetivos propuestos; en este caso se utilizará la investigación descriptiva, exploratoria, de campo y aplicada. Este tipo de investigación permitirá diagnosticar el estado del banco de pruebas del motor, diseñar una nueva estructura y realizar las pruebas de funcionamiento.

1.4.3 Justificación Práctica

Los resultados de la investigación servirán para conocer el proceso de repotenciación que se debe ejecutar para el banco de pruebas del motor Hyundai Accent 1.6 litros; de esta forma se podrá obtener una base para un nuevo diseño del banco de pruebas del motor, que contribuye a mejorar el acceso al momento de realizar alguna practica o dar mantenimiento al banco.

1.4.4 Delimitación Temporal

El proyecto se desarrolla desde octubre del 2023, hasta febrero del 2024, lapso que posibilita repotenciar el banco de pruebas del motor Hyundai Accent 1.6 litros.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El trabajo se realiza en la ciudad de Guayaquil y es implementado en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE.

1.4.6 Delimitación del Contenido

En el proyecto es importante considerar varios aspectos clave que deben ser cubiertos de manera exhaustiva. Aquí hay una delimitación de los contenidos que pueden ser incluidos en el desarrollo del proyecto:

Fase 1: Marco conceptual del banco de pruebas de motor de combustión con inyección electrónica a gasolina: En esta primera fase, se desarrolla y presenta el marco conceptual que

sustenta la creación del banco de pruebas de motor de combustión con inyección electrónica a gasolina. Este marco conceptual incluye:

- **Revisión de la literatura:** Se realiza una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con la evaluación de vehículos y la tecnología de inyección electrónica de gasolina (Briones, 2019). Esto proporciona una base sólida de conocimiento sobre los principios y conceptos clave necesarios para el diseño y construcción del banco de pruebas.
- **Definición de términos y variables:** Se establecen claramente los términos, variables y conceptos fundamentales que serán utilizados a lo largo de la investigación. Esto garantiza una comprensión precisa y consistente de los aspectos técnicos y operativos del banco de pruebas.
- **Selección de metodologías y herramientas analíticas:** En esta etapa inicial, se identifican las metodologías y herramientas analíticas que son aplicadas en las fases posteriores del estudio (Luque y Domínguez, 2020). Esto incluye la elección de instrumentación específica para la medición de parámetros relacionados con la inyección electrónica y el rendimiento del motor.

Fase 2: Diseño y construcción del banco de pruebas: En la segunda fase, se resumen los procesos de diseño y construcción del banco de pruebas de motor de combustión. Esto implica:

- **Diseño técnico:** Se describe en detalle el diseño técnico del banco de pruebas, incluyendo especificaciones, planos y esquemas. Se explican las decisiones de diseño tomadas en base a los requisitos y objetivos del estudio.
- **Proceso de construcción:** Se presenta una cronología de los estados de construcción del banco de pruebas. Esto incluye la adquisición de materiales, la fabricación de componentes, el montaje y la puesta en marcha. Se destacan los hitos significativos en este proceso.

Fase 3: Pruebas y análisis de resultados: En esta fase se considera:

- Procedimientos de evaluación: Se describe cómo se llevan a cabo los ensayos y pruebas en el banco de pruebas, incluyendo la preparación de los vehículos, la instrumentación y los protocolos de prueba.
- Análisis de resultados: Se establece la metodología de análisis de datos que se aplica para interpretar los resultados de las pruebas.

Capítulo II

Marco Referencial

Los bancos de pruebas son de gran ayuda para corregir problemas que se presentan en el funcionamiento del vehículo lo que no permite un correcto funcionamiento del motor (Ruales García et al., 2022), en ese sentido, dada la importancia de este, se han llevado a cabo varias investigaciones en torno a este equipo, a continuación, se describen las relevantes: En el artículo de Ballesteros et al (2022) con el tema “La importancia de un banco de ensayos para mejorar el rendimiento de un motor de 4 tiempos”.

El objetivo general de esta investigación consiste en examinar la relevancia que posee un banco de pruebas en la mejora del rendimiento de motores Otto de 4 tiempos. Para alcanzar esta meta, se planteó la necesidad de establecer un banco de ensayos que sea capaz de evaluar y definir cada uno de los parámetros que influyen en el funcionamiento óptimo del motor.

Asimismo, se requirió comprender en detalle los componentes esenciales del motor de 4 tiempos y describir en profundidad el diseño del banco de pruebas, aspectos que se desarrollan mediante una exhaustiva investigación documental.

El logro del objetivo general se desglosó en dos objetivos específicos: la comprensión de la importancia y la estructura de los motores de 4 tiempos, así como la descripción detallada del banco de pruebas (Ballesteros y otros, 2022). Para tal propósito, se optó por la implementación de una metodología documental que se apoya en la recopilación de información proveniente de diversas fuentes, incluyendo textos académicos, documentos técnicos y artículos científicos disponibles en línea.

Este enfoque documental se dedicó exclusivamente a la selección y organización de datos provenientes de múltiples recursos, con el propósito de presentar resultados confiables y objetivos a través de procedimientos rigurosos (Ballesteros y otros, 2022).

En lo que respecta a las conclusiones, se enfatiza que los motores Otto de 4 tiempos constituyen una parte central de una gama de motores que buscan equilibrar el confort del usuario con un rendimiento y eficiencia óptimos.

En este contexto, la implementación de un banco de pruebas emerge como un método para evaluar la eficacia del desempeño del motor y el comportamiento de sus componentes cuando se manipulan sus parámetros. El banco de pruebas se convierte en una herramienta clave para mejorar la comprensión de las partes que conforman el motor, con el objetivo último de maximizar su potencial y rendimiento (Ballesteros y otros, 2022).

En el estudio llevado a cabo por Ruales García et al (2022) en su artículo titulado “Utilidad de un banco de pruebas de inyectores a gasolina”, se investiga la efectividad y utilidad de un banco de pruebas diseñado para inyectores de gasolina en el contexto de talleres mecánicos especializados en esta área.

El objetivo primordial de esta indagación es analizar cómo un banco de pruebas de inyectores a gasolina puede actuar como un instrumento valioso para dichos talleres, proporcionando métodos de diagnóstico avanzados y eficaces. Para lograr esta meta, se llevó a cabo una revisión bibliográfica que se adscribe al enfoque documental.

La metodología adoptada se basó en la búsqueda y selección de información a través de diversas fuentes electrónicas de renombre, como Dialnet, Ruinet, Scopus, Eric, Scielo, Pubmed, Science, Web Of Science y Google Académico (Ruales y otros, 2022).

Se recolectaron 15 documentos relevantes, incluyendo trabajos, artículos y archivos, procedentes de distintos medios y revistas digitales. Estos materiales fueron sometidos a un proceso de selección, clasificación y organización según su importancia y relevancia, con el fin de establecer una estructura coherente y alineada con los objetivos de la investigación.

Los resultados principales de este estudio indican que un banco de pruebas de inyectores a gasolina desempeña un rol fundamental en la verificación y evaluación de procesos

vinculados con la Unidad de Control Electrónico (ECU) del motor (Ruales García y otros, 2022).

Este banco de pruebas permite la realización de pruebas exhaustivas bajo diversas condiciones de trabajo sin necesidad de conexión vehicular, lo que lo convierte en una herramienta esencial de diagnóstico, especialmente cuando la movilización del vehículo no es factible. Además, estos dispositivos posibilitan la determinación de la vida útil restante de los inyectores, evalúan su calidad de funcionamiento y verifican su rendimiento bajo parámetros ideales (Ruales García y otros, 2022).

Esto se traduce en la identificación de la necesidad de mantenimiento para asegurar el desempeño óptimo de los inyectores según las necesidades específicas de cada vehículo. Dado que los inyectores juegan un papel crucial en la eficacia de la cámara de combustión, estos bancos de pruebas se han convertido en componentes esenciales en los talleres de mecánica automotriz, proporcionando beneficios significativos en términos de mantenimiento y eficiencia operativa de los vehículos (Ruales García y otros, 2022).

Por otro lado, Conforme Tumbaco (2018), en su investigación bajo la denominación de “Diseño y construcción de un banco de pruebas para el motor 1.600cc de 16 válvulas del Hyundai Accent año 2004”. abordó el desafío de diseñar y construir un banco de pruebas que permita un aprendizaje didáctico en el ámbito de los motores de combustión interna con inyección electrónica de gasolina.

El propósito fundamental consistía en brindar una plataforma que permitiera contrastar el comportamiento real de estos motores con los conceptos teóricos, empleando diversos parámetros controlados por los usuarios. Este proyecto se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil (Conforme, 2018).

En el contexto metodológico, el enfoque de la investigación se dividió en dos componentes: uno descriptivo y otro cuantitativo. La investigación descriptiva permitió recopilar información técnica relacionada con el sistema de inyección electrónica del motor G4ED de 1600 cc y 16 válvulas a gasolina. Este motor fue montado en una estructura junto con su caja de cambios y se sometió a simulaciones de fallas para obtener datos sobre su funcionamiento y comportamiento (Conforme, 2018).

Esta aproximación fue motivada por la alta demanda de reparaciones de este tipo de motores en el mercado automotriz local. Los estudiantes y profesores pudieron interactuar con el banco de pruebas para practicar la simulación, el diagnóstico y la resolución de problemas, lo que fortaleció la enseñanza de sistemas de control electrónico, inyección y otros sistemas automotrices (Conforme, 2018).

El trabajo final presentado consistió en un enfoque documentado y práctico para el diseño y construcción de un banco de pruebas específicamente para el motor Hyundai Accent de 1600 cc y 16 válvulas del año 2004. Este banco de pruebas se convirtió en una herramienta esencial para llevar a cabo pruebas, diagnósticos y evaluaciones exhaustivas del funcionamiento del motor (Conforme, 2018).

El diseño de la estructura del banco de pruebas involucró consideraciones fundamentales como el peso del motor y la caja de cambios, así como las fuerzas actuantes durante su operación. Los materiales utilizados se adhirieron a las normas de calidad ASTM y se aplicaron capas de pintura anticorrosiva para garantizar la durabilidad y seguridad a lo largo del tiempo.

Para garantizar la seguridad de los usuarios, se implementaron elementos de seguridad como tubos protectores para evitar el contacto directo con componentes mecánicos. Además, se agregaron 6 ruedas para facilitar la movilidad del banco de pruebas dentro de los espacios del taller (Conforme, 2018).

En el caso de investigación realizada por Peralvo Velasco y Sandoval Viera (2020) con el tema “Repotenciación de un banco de pruebas de control, neumático y electroneumático, para el desarrollo de prácticas de laboratorio”, tuvo como objetivo repotenciar un banco de pruebas de control neumático y electroneumático con el fin de mejorar su utilidad para el desarrollo de prácticas de laboratorio. Para abordar esta problemática, se emplearon diversas metodologías y técnicas.

El enfoque metodológico abarcó el método bibliográfico para sustentar la repotenciación del banco de pruebas y describir las prácticas de laboratorio relacionadas con el control neumático y electroneumático. Además, se aplicó el método científico para evaluar la distribución inadecuada de elementos en el banco y se consideraron diversos aspectos esenciales como el sistema neumático, electroneumático, de control y eléctrico (Peralvo & Sandoval, 2020).

En el contexto de las técnicas de investigación, se empleó la observación para establecer estándares y parámetros necesarios para el desarrollo de prácticas de laboratorio. La medición permitió obtener magnitudes relevantes para el diseño de la repotenciación, mientras que la simulación se utilizó para la creación de circuitos neumáticos y electroneumáticos. Los resultados principales revelaron que la repotenciación del banco de pruebas permitió la aplicación de contenidos esenciales en la asignatura (Peralvo & Sandoval, 2020).

Los equipos instalados favorecieron un uso adecuado y una distribución eficiente de elementos, habilitando diversas prácticas en contraste con los anteriores módulos. El diseño de la estructura se guió por un estándar idóneo para la disposición de componentes neumáticos y electroneumáticos, facilitando la realización de nuevas prácticas de laboratorio. La selección de elementos se basó en catálogos técnicos y las necesidades del banco de pruebas (Peralvo & Sandoval, 2020).

En resumen, esta investigación demostró que la repotenciación de un banco de pruebas de control neumático y electroneumático mejoró su capacidad para facilitar prácticas de laboratorio. El diseño y selección de componentes adecuados, junto con la creación de guías y planes de operación, resultaron en una herramienta más efectiva para la enseñanza y comprensión de sistemas de control en el ámbito neumático y electroneumático (Peralvo & Sandoval, 2020).

2.1 Marco Teórico

Los bancos didácticos de motor incluyen todos los elementos requeridos para replicar los circuitos y su funcionamiento. Además, están acompañados de manuales de operación y mantenimiento, así como de manuales de actividades diseñadas para guiar al estudiante en el entendimiento y aplicación de cada componente.

En esta perspectiva, la activación y el examen del desempeño del motor deben originarse en un banco de pruebas que facilite la evaluación de las variables que influyen en un rendimiento óptimo. Asimismo, posibilita la creación de nuevas opciones para mejorar la eficacia del proceso. Un equipo fundamental para determinar el funcionamiento integral es el banco de pruebas.

2.1.1 Características Principales de los Motores Hyundai Accent 1.6 Litros

El Hyundai Accent destaca por su motor de alto rendimiento, el cual posee una capacidad de 1.6 litros y una potencia considerable. Esto se traduce en una excelente aceleración y una velocidad máxima destacada para el vehículo (Salinas, 2023). Además, el automóvil cuenta con tecnología de inyección indirecta de combustible, lo cual contribuye a mejorar tanto el rendimiento como la eficiencia en el consumo de gasolina. Asimismo, está equipado con un sistema seguro de válvulas, el cual permite un control óptimo del flujo de aire y combustible en el motor. Esto se traduce en un rendimiento mejorado y una menor emisión de gases contaminantes (Salinas, 2023).

El Hyundai Accent ha sido cuidadosamente diseñado para brindar a los conductores una experiencia de conducción suave y cómoda. Su sistema de suspensión y dirección ofrece precisión y estabilidad, asegurando un manejo confortable en diferentes condiciones (Salinas, 2023). En la tabla 1 puede apreciarse las especificaciones del vehículo que utilizan este tipo de motor.

Tabla 1

Especificaciones Técnicas del Vehículo Hyundai Accent 1.6 Litros

Categoría	Parámetro	Valor
<i>Potencia</i>	Normativa de medida	CEE
	Potencia máxima (kW)	82
	Potencia máxima (CV)	112
	Rpm para la potencia máxima (mín.)	6000
	Par máximo (en Nm)	146
	Rpm para el par máximo (mín.)	4500
<i>Combustible y Alimentación del motor</i>	Inyección	inyección multipunto
	Combustible	sin plomo
	Octanos del combustible	95
	Tipo de combustible Primario	gasolina

Tomado de: <https://www.cochesyconcesionarios.com/fichas/hyundai/accent/119188058-prestaciones-dimensiones.html>

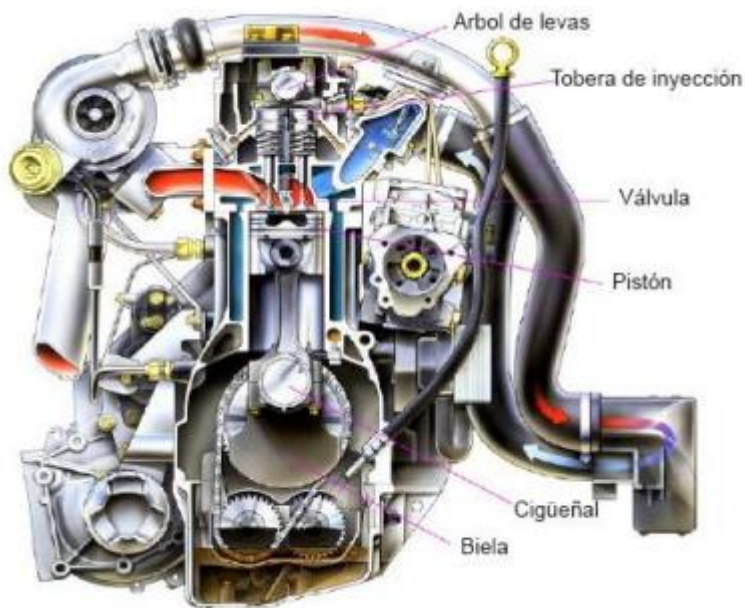
2.1.2 Pruebas de Componentes en el Motor de Combustión Interna

Los motores de combustión interna se clasifican en diferentes grupos. Estos motores funcionan mediante la conversión de la energía química del combustible en energía mecánica a través de la chispa que genera el movimiento de los pistones en el motor. En otras palabras, su puesta en marcha implica una aportación externa de energía al ciclo termodinámico al producir una chispa entre los electrodos de la bujía. Esta chispa debe generarse en el momento preciso para optimizar la eficiencia del proceso de combustión (Rivera, Zambrano y García, 2017).

En este contexto, resulta crucial evaluar el rendimiento del motor, especialmente el de cuatro tiempos, que se distingue por llevar a cabo cuatro ciclos distintos durante la combustión de la gasolina (Martínez, 2007; citado por Ortiz Sánchez y Pardo Castillo, 2019). La representación gráfica de este motor se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Motor a Inyección a Gasolina



Tomado de: <https://www.editorialmeta.es/>

2.1.3 La Puesta en Marcha y el Análisis del Comportamiento del Motor

La puesta en marcha y el análisis del comportamiento del motor debe provenir de un banco de pruebas que permita poder evaluar las variables que están alrededor de un mejor rendimiento (Figura 3). Además, posibilita la creación de nuevas opciones para incrementar la eficacia del procedimiento. Un dispositivo clave en la evaluación del desempeño de todas las componentes es el banco de pruebas. Este sistema se compone de una configuración donde se coloca una máquina con el propósito de llevar a cabo pruebas específicas y análisis, a través de la recolección de datos de diversas variables (Mejía-Lotero y García-Ceballos, 2008). Es un sistema formado por una serie de elementos que permiten la simulación del comportamiento

de un motor y sus características operativas en unas combinaciones controladas, utilizando para ello instrumentos de control y medida (Giraldo Aristizabal & Flórez Landazábal, 2015).

Figura 3

Puesta en Marcha y el Análisis del Comportamiento del Motor



Tomado de: <https://www.motorleistungspruefstand.de/e/mpind2e.htm>

2.1.4 Funciones y Objetivos de los Bancos de Pruebas de Motores

La invención del automóvil ha sido una de las grandes creaciones de la humanidad, ya que ha permitido reducir distancias y mejorar la calidad de vida de las personas. Este importante medio de transporte ha impulsado el desarrollo de otras innovaciones que han abordado las necesidades de una sociedad ávida de progreso. En este sentido, los automóviles, al igual que otros productos, están en constante evolución debido al rápido avance en las mejoras tecnológicas. Cada día surgen nuevas alternativas que buscan mejorar el rendimiento y la comodidad de los vehículos (Ballesteros et al., 2022).

Con el fin de alcanzar este objetivo, se requiere desarrollar un banco de pruebas capaz de evaluar y determinar cada uno de los parámetros que afectan el rendimiento del motor. Este banco de pruebas proporciona información crucial para controlar variables como la

combustión, lubricación, temperatura y refrigeración, además de promover la búsqueda de motores más respetuosos con el medio ambiente. Gracias a los avances tecnológicos, también se ha logrado mejorar la durabilidad de estos motores. En la actualidad, la electrónica se utiliza para optimizar el motor al eliminar algunas piezas móviles que pueden ocasionar problemas y reducir los requisitos de mantenimiento (Ballesteros et al., 2022).

El sistema simulador de fallas es aquel que se ejecuta en base al uso de distintas resistencias de falla, de acuerdo con el propósito de la base de datos. Un simulador de conducción es una herramienta tecnológica utilizada en vehículos para proporcionar a los conductores una experiencia de manejo virtual. Su objetivo principal es abordar y corregir los malos hábitos de conducción, aumentar la capacidad de respuesta del conductor en situaciones particulares y evaluar cómo reacciona ante eventos inesperados en un entorno seguro y controlado. En esencia, un simulador de conducción crea una réplica realista de la experiencia de manejar un vehículo, permitiendo a los conductores practicar y mejorar sus habilidades de conducción en diversos escenarios sin riesgo para su seguridad ni la de otros en la carretera (Fiallos, 2020).

2.1.5 Repotenciación de Bancos de Pruebas de Motores

La repotenciación es un concepto empleado en ingeniería mecánica que se refiere a la remodelación o mejora de un sistema o equipo existente.

En la actualidad, se utilizan recursos tecnológicos y metodológicos para lograr mejoras en los equipos y sistemas.

La repotenciación implica la modificación y adaptación del diseño existente, a través de cambios o reemplazos de componentes, con el objetivo de incrementar la productividad y competitividad en la industria (Ocaña Sánchez y López Velasteguí, 2018).

2.1.6 Importancia del Banco de Pruebas

En el mercado automotor actual, que se considera uno de los más grandes a nivel mundial, ha surgido la necesidad de disponer de herramientas, técnicas y tecnologías de vanguardia para llevar a cabo reparaciones y diagnósticos oportunos. Esto es fundamental para asegurar un funcionamiento eficiente de los vehículos.

Como respuesta a esta demanda, se han desarrollado los bancos de pruebas, que son equipos utilizados principalmente para evaluar la calidad de funcionamiento de los inyectores, medir su vida útil y llevar a cabo la limpieza y ajuste necesarios para cumplir con los parámetros requeridos para un correcto funcionamiento del automóvil. Estos bancos de pruebas simulan las condiciones internas de trabajo de los inyectores (Chadán Tintín y Coque Guanopatin, 2021).

Dentro de este contexto, Ugeño Guilcapi y Acurio Barriga (2022) indican que los bancos de pruebas tienen una importancia significativa en la actualidad, ya que permiten verificar el funcionamiento de sensores, actuadores y la unidad de control electrónico (ECU) sin necesidad de que estén conectados al vehículo.

Por otro lado, Ruales García et al (2022) resaltan que estos bancos de pruebas son de gran utilidad para solucionar problemas derivados del mal mantenimiento de los inyectores, que afectan el funcionamiento correcto del motor. Por lo tanto, este estudio se enfoca en analizar la utilidad de un banco de pruebas de inyectores a gasolina como una herramienta de valor para talleres mecánicos especializados en esta área.

Los bancos de pruebas han tenido un impacto significativo, ya que permiten verificar diversos parámetros de los motores de combustión interna. A nivel industrial, estos bancos cuentan con sistemas avanzados que posibilitan la realización de mediciones específicas (Luque Moreno y Domínguez Gamboa, 2020).

2.1.7 Diagnóstico de Fallas del Vehículo

Dentro del entorno de un taller automotriz, existen numerosos equipos y herramientas fundamentales que se deben dominar para llevar a cabo tareas de manera efectiva. Uno de estos elementos es el equipo de diagnóstico de fallas de vehículos. Detectar una falla puede ser un proceso complejo, pero contar con las herramientas adecuadas transforma esta labor en una rutina (Burgos Macias y Pacheco Coque, 2018).

En este sentido, es crucial evaluar y determinar el estado actual del Banco de Pruebas. Dicho análisis implica identificar posibles fallos, averías o limitaciones que podrían afectar su rendimiento y capacidad de simulación. A pesar de contar con bancos de pruebas altamente avanzados en la industria, también se utilizan ampliamente en el ámbito educativo para vincular la teoría con la práctica, especialmente en el aprendizaje de estudiantes de diversas áreas de la ciencia. Tanto los estudiantes como los docentes que trabajan con estos bancos se centran en dos aspectos críticos: el diseño del banco de pruebas y la obtención de datos en el laboratorio (Luque Moreno y Domínguez Gamboa, 2020).

2.1.8 Diseño de una Nueva Estructura del Banco de Pruebas

La tarea involucra la elaboración de un plan o diseño destinado a actualizar o mejorar la estructura física del banco de pruebas. En dicho diseño se abarcan aspectos que van desde la selección del motor hasta la elección de materiales y tipos de vigas normalizadas utilizadas para la construcción de la bancada o mesa que sostiene tanto el motor como el generador (Luque Moreno y Domínguez Gamboa, 2020).

2.1.9 Pruebas de Funcionamiento y Simulación de Fallas

Con el paso del tiempo, los procesos mecánicos pueden experimentar desgaste y volverse menos eficientes. En el caso de los automóviles, que dependen de sistemas eléctricos y mecánicos para su funcionamiento, las pruebas físicas son de vital importancia. Las pruebas en el campo de la mecánica automotriz implican examinar el rendimiento del motor y la

eficiencia de diversos sistemas (Grupo EuroLab, 2022). Además de esto, los bancos de pruebas se emplean para comprobar y validar el funcionamiento de motores, sistemas hidráulicos, transmisiones, frenos, sistemas eléctricos, dispositivos de comunicación y otros elementos y sistemas. Estos equipos tienen la capacidad de medir fuerza, torque, velocidad, flujo, presión, temperatura y otras variables pertinentes para evaluar el desempeño del sistema o componente sometido a prueba. La información recolectada durante estos ensayos se utiliza para ajustar y mejorar el funcionamiento de los componentes y sistemas, asegurando que cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento establecidos (Embragatges I Derivats-EIDE, 2022).

En este contexto, la repotenciación del Banco de Pruebas implica llevar a cabo pruebas para verificar su correcto funcionamiento después de las mejoras realizadas. Además, se deben simular diversas fallas o situaciones anómalas de funcionamiento en el motor Hyundai Accent 1.6 litros, con el fin de evaluar la capacidad del Banco de Pruebas para diagnosticar y evaluar dichas situaciones.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Motores de Combustión Interna

Los motores de combustión interna utilizados en la industria automotriz son dispositivos térmicos que convierten la energía de la combustión en trabajo mecánico. A través de un mecanismo biela-manivela, estos motores generan un par motor que se transmite a través de la cadena cinemática hasta las ruedas, impulsando así el vehículo (González Calleja, 2018).

Se trata de una máquina térmica que tiene la capacidad de convertir la energía térmica contenida en un fluido combustible en energía mecánica, generando trabajo. Este trabajo se transfiere a la cadena cinemática del vehículo, lo que le permite moverse. El motor de combustión interna es un tipo de dispositivo mecánico que convierte la energía química contenida en los combustibles en energía mecánica. En este tipo de motores, la combustión tiene lugar dentro de los cilindros del propio dispositivo.

La Figura 4 ilustra de manera esquemática este proceso (González Calleja, 2018).

Figura 4

Esquema de Funcionamiento del Motor de Combustión Interna



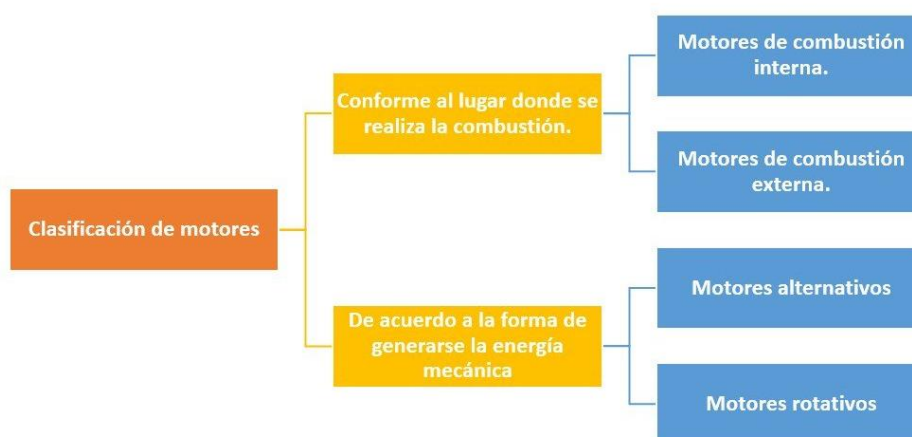
Tomado de: <https://aprende.com/blog/oficios/mecanica-automotriz/tipos-de-motor/>

2.2.2 Tipos de Motores

En la actualidad, debido a la amplia gama de tecnologías que pueden ser implementadas en los motores de combustión interna, la tarea de categorizarlos se vuelve compleja debido a las diversas combinaciones de sistemas auxiliares disponibles (González Calleja, 2018). En este sentido, se propone una clasificación que considera tanto aspectos funcionales como físicos de los motores utilizados en la industria automotriz (Figura 5).

Figura 5

Tipos de Motores



Tomado de: <https://aprende.com/blog/oficios/mecanica-automotriz/tipos-de-motor/>

Los motores de combustión interna se pueden delinear en términos de una serie de eventos termodinámicos. En el motor de combustión continua, los eventos termodinámicos

ocurren simultáneamente cuando el oxidante, el combustible y los productos de la combustión fluyen de manera constante a través del motor. En el motor de combustión intermitente, por el contrario, los eventos ocurren en sucesión y se repiten en cada ciclo completo.

Los motores pueden clasificarse según diversos criterios:

1) Según el encendido del combustible:

- Encendidos por compresión: de gasoil.
- Encendido eléctrico:(por bujías) son de gasolina.

2) Según el ciclo operativo:

- 2 tiempos.
- 4 tiempos.

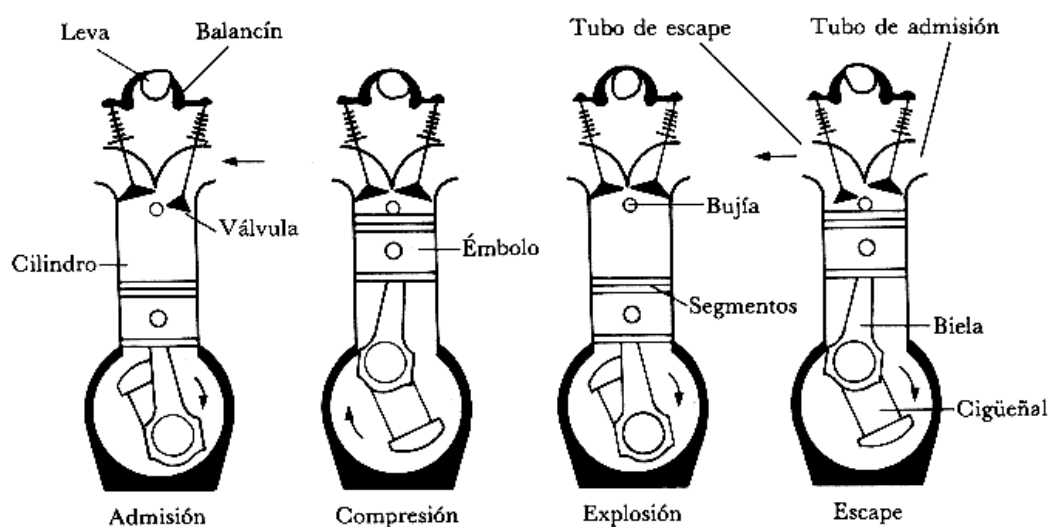
3) Según el sistema de admisión del combustible:

- De inyección (gasoil).
- De carburación (gasolina).

En el caso del proyecto es un motor a inyección a gasolina de combustión interna de 4 tiempos (Figura 6).

Figura 6

Motor a Inyección a Gasolina de Combustión Interna

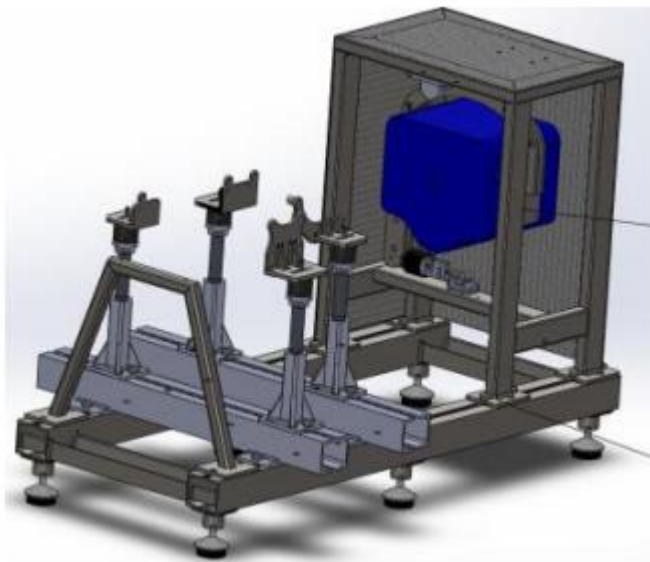


2.2.3 Banco de Pruebas

Cuando se menciona la palabra "banco", se hace referencia a una estructura que proporciona soporte para los diversos elementos relacionados (Figura 7). Es un dispositivo utilizado para evaluar y medir el rendimiento y características de funcionamiento de los motores. El banco de pruebas se utiliza tanto para obtener información crucial durante el ajuste de prototipos, como para determinar datos fundamentales necesarios en las pruebas de motores fabricados en serie o utilizados en la práctica (Bejarano Tenza et al., 2019).

Figura 7

Ejemplo de Banco de Pruebas



Tomado de: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77544/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

2.2.4 Sistema de Inyección de Combustible Multipunto

La inyección de combustible multipunto (MPFI) se refiere a un método de inyectar combustible a través de múltiples puertos en la válvula de admisión de cada cilindro. Esta precisión mejora la eficiencia de la combustión, mejorando el rendimiento del motor y la economía de combustible. Hasta mediados de los años 1990, la mayoría de los coches tenían carburadores; sin embargo, hoy en día, todos los automóviles del mercado, independientemente

de su precio, tienen un sistema de inyección de combustible multipunto (MPFI). Incluso para los estándares del mercado indio, el sistema de inyección de combustible multipunto o MPFI no es un invento nuevo. Los primeros automóviles MPFI del mercado masivo se introdujeron aquí a fines de la década de 1990 y, a medida que pasó el tiempo, las normas de emisiones se hicieron más estrictas y los fabricantes de automóviles se centraron más en aumentar la eficiencia de los vehículos, todos los automóviles en el mercado comenzaron a incluir esta tecnología (Laskowski, 2015).

2.2.5 Componentes del Sistema de Inyección

El sistema MPFI consta de varios componentes clave (Figura 8) que trabajan juntos para suministrar combustible al motor con precisión. Estos son los componentes del sistema MPFI.

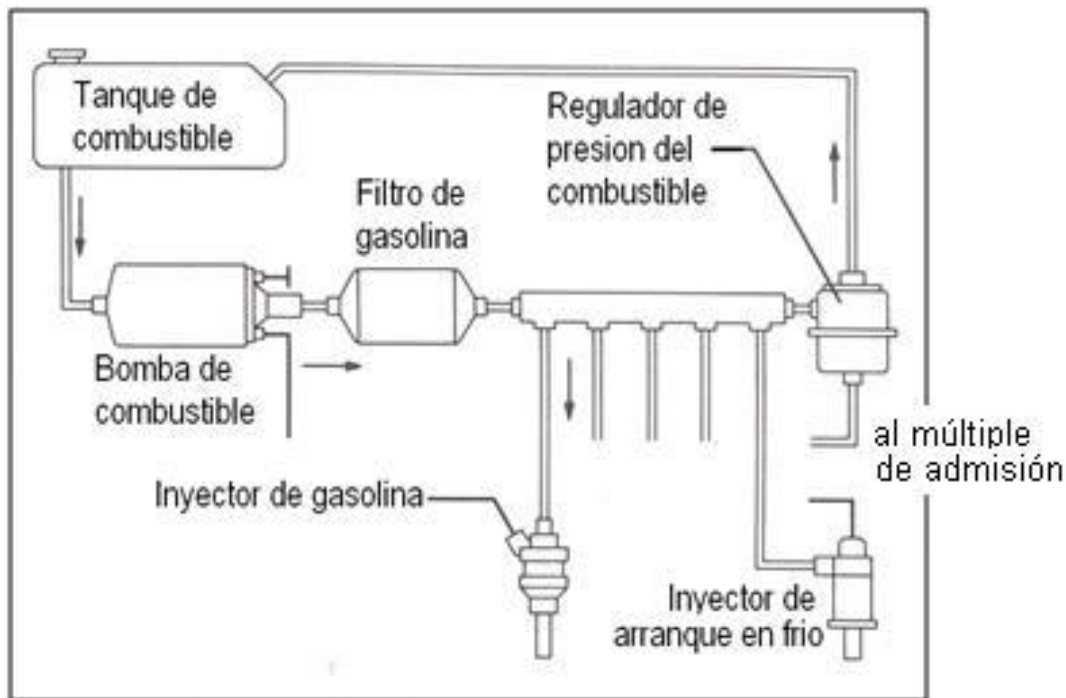
- **Inyectores de combustible:** estas válvulas controladas electrónicamente suministran combustible directamente a las válvulas de admisión en un patrón de pulverización preciso.
- **Bomba de combustible:** Presuriza el combustible para asegurar un suministro suave a los inyectores.
- **Unidad de control del motor (ECU):** La ECU es el cerebro del sistema MPFI, monitorea varios parámetros del motor y controla el proceso de inyección de combustible en consecuencia.
- **Sensores:** Varios sensores, como el sensor de posición del acelerador, el sensor de oxígeno y el sensor de temperatura del refrigerante, brindan información vital a la ECU, lo que le permite optimizar el suministro de combustible.

Convencionalmente, los motores de gasolina (o gasolina) también se denominan motores de encendido por chispa (SI). Utiliza un carburador para mezclar aire y combustible, pero tiene mala respuesta de aceleración y desaceleración del sistema. Este carburador también

tiene un gran problema con el aumento de emisiones. El propósito de estos inyectores de combustible es inyectar una cantidad precisa de combustible en la cámara.

Figura 8

Sistema de Inyección Electrónica



Tomado de: <https://www.fullmecanica.com/definiciones/i/1490-mecanica-automotriz-gasolina-el-sistema-de-combustible>

2.2.6 Ventajas del Sistema de Inyección

A continuación, se detallan las ventajas de un sistema de inyección multipunto en motores de gasolina:

- El sistema es confinable.
- Reduce la diferencia de potencia que crea cada cilindro.
- Aumenta la eficiencia del combustible de un motor.
- Mejor atomización del combustible.
- Los sistemas MPFI tienen menos emisiones.
- Mejor utilización y distribución del combustible dentro de un motor.

- Mejor aceleración y desaceleración del motor.
- Mejora las propiedades de arranque en frío del motor.
- Vibraciones reducidas en el motor.
- Mejora la durabilidad y funcionalidad de un motor.

Algunos otros beneficios incluyen:

- Fácil ajuste del motor.
- Costo inicial y de mantenimiento.
- Operaciones fluidas y manejabilidad.
- Capacidad de diagnóstico.
- Capacidad para trabajar con combustibles alternativos.

Capítulo III

Proceso de Diseño del Banco de Pruebas

El proceso de diseño de un banco de pruebas para motores a gasolina implica varias etapas, desde la conceptualización hasta la implementación. A continuación, se presenta un resumen del proceso de diseño:

1. Definición de Objetivos:

- Identificar el propósito del banco de pruebas, como realizar pruebas de rendimiento, eficiencia, pruebas de sensores.
- Especificar las pruebas a realizar y el tipo de motor a gasolina que se probará.

2. Requisitos y Especificaciones:

- Establecer los requisitos técnicos y de rendimiento del banco de pruebas.
- Definir los parámetros de medición necesarios, como potencia, torque, consumo de combustible.

3. Selección de Componentes:

- Elegir los componentes esenciales, como el motor y sus partes, el sistema de combustible, sistema de admisión de aire, sistema de escape y sistemas de medición.
- Seleccionar instrumentación precisa y sistemas de adquisición de datos.

4. Diseño Mecánico:

- Crear un diseño mecánico detallado que incluya la disposición de los componentes, la estructura de los componentes, la ubicación de sensores y los puntos para pruebas y simulación de los actuadores y sensores.
- Considerar la seguridad y la ergonomía en el diseño.

5. Sistema de Control:

- Diseñar el sistema de control para gestionar la carga en el motor, controlar la velocidad, diagnosticar los sensores y actuadores y recopilar datos.

- Implementar sistemas de control de temperatura y presión.

6. Integración de Sistemas:

- Realizar pruebas preliminares para verificar la funcionalidad individual de cada componente.

7. Calibración y Ajuste:

- Calibrar los sensores y ajustar los sistemas para garantizar mediciones precisas.
- Verificar y ajustar.

8. Validación:

- Realizar pruebas exhaustivas con motores a gasolina reales para validar el rendimiento del banco de pruebas.
- Ajustar cualquier componente o sistema según sea necesario.

9. Documentación:

- Documentar todos los aspectos del diseño, incluyendo manuales de operación y procedimientos de seguridad.
- Crear un registro detallado de la calibración y las configuraciones de prueba.

10. Repotenciación y Mantenimiento:

- Repotenciar el banco de pruebas según el diseño.
- Establecer protocolos de seguridad.

Este proceso proporciona un marco general para diseñar un banco de pruebas de motor a gasolina, asegurando su funcionalidad, precisión y seguridad.

3.1 Necesidades de la Repotenciación del Banco de Pruebas

Desde el desarrollo inicial de los motores de combustión, tanto la industria automotriz como los ingenieros de pruebas han enfrentado la necesidad de informar sobre las características de rendimiento y regulación, así como de probar nuevas innovaciones en los mecanismos y sistemas de los motores. En la actualidad, las universidades también requieren

contar con sistemas de medición y sensores para evaluar no solo las características tradicionales como par, potencia, emisiones y consumo de los motores, sino también para adquirir conocimiento sobre los fenómenos que ocurren en los sistemas y pruebas de funcionamiento y averías. Este conocimiento, lo más cercano y fenomenológico posible, abarca procesos en sistemas como la admisión, el cilindro y el escape. Este avance se ha vuelto factible gracias al aumento del acceso a tecnologías de medición y banco de pruebas acordes a las necesidades de cada escuela o facultad.

En el ámbito de la formación, una tarea importante para las instituciones es desarrollar sus propias herramientas de medición y bancos de pruebas y caracterización. Este enfoque permite ofrecer servicios especializados en predicción, diagnóstico, desarrollo, control y pruebas de componentes y motores completos en el área de la Ingeniería Automotriz.

Para llevar a cabo pruebas en motores, es esencial adecuar espacios con características específicas, así como una correcta distribución de sus elementos considerando que sea capaz de absorber las vibraciones generadas durante la operación de los motores. También se requiere una bancada resistente para sostener el motor a ensayar y los dispositivos auxiliares para su correcto funcionamiento. Además, se necesitan soportes para montar, regular en altura, alinear y fijar los motores en la bancada, así como dispositivos para medir e indicar los valores de los diferentes sensores y actuadores del motor y las revoluciones.

Otros componentes esenciales incluyen un tablero de instrumentos que permita la visualización de los datos obtenidos durante las pruebas, un sistema de alimentación de combustible al motor con instrumentos de medición de consumo, sistemas de refrigeración para motores y aceite, sistemas de admisión, sistemas de evacuación de gases de escape, sistemas de puesta en marcha y de gobierno del motor, y finalmente, instrumentos de control y registro.

3.2 Diseño del Banco y Ensamble Mecánico de los Componentes

A partir de las especificaciones de tamaño y forma del motor Hyundai de 1600 cm³ y los accesorios disponibles para su ensamblaje en el banco de pruebas, se ha ideado el diseño del banco, centrándose especialmente en su estructura base. Para garantizar la disponibilidad comercial, el costo, la resistencia y la rigidez necesarios, se ha optado por utilizar perfiles estructurales de acero de la norma ASTM A53 para el armazón principal. Se han previsto puntos de anclaje estratégicamente ubicados y a la altura adecuada para asegurar el posicionamiento correcto de las distintas partes, siguiendo el diseño y la disposición de los soportes originales, utilizando torretas con tornillos de potencia.

Para minimizar las vibraciones transmitidas al suelo durante el funcionamiento del motor, se ha aislado la bancada mediante elementos de absorción de vibraciones, utilizando ruedas que permiten absorber las cargas generadas por el motor durante el arranque. En el diseño de la bancada se han considerado varios aspectos, como la resistencia y rigidez necesarias para soportar tanto las cargas estáticas del peso de los componentes como las cargas dinámicas durante el funcionamiento del motor, la flexibilidad para el montaje de diferentes elementos del motor, la facilidad de acceso para la manipulación del banco y la seguridad del personal que lo utilice.

El diseño constructivo de la estructura del banco se muestra en la figura 9, donde se destacan el ensamblaje de sus elementos y la correcta instalación de todos los indicadores y simuladores de averías. La repotenciación de un banco de pruebas para un motor a inyección de gasolina (Figura 9) implica mejorar o actualizar sus componentes y sistemas para garantizar un rendimiento óptimo y la capacidad de realizar pruebas precisas.

Se efectúa lo siguiente:

- Realizar una evaluación exhaustiva del estado actual del banco de pruebas, identificando componentes obsoletos, desgastados o ineficientes.

- Revisar y/o reemplazar componentes clave como el sistema de inyección de combustible, la unidad de control del motor (ECU), sensores de presión, temperatura y oxígeno, entre otros.
- Realizar la calibración y ajuste de los diferentes elementos para adaptarse a las nuevas especificaciones del banco de pruebas y garantizar un control preciso del motor durante las pruebas.
- Realizar pruebas de validación para asegurar de que el banco de pruebas funcione según lo previsto. Ajustar la configuración según sea necesario.

Figura 9

Diseño Constructivo de la Estructura



En esta fase se considera lo siguiente:

- Definición de las dimensiones.
- Selección de los materiales.
- Cálculo de la carga a soportar.
- Simulación con Inventor Autodesk.

En la primera fase se dimensiona y selecciona los materiales (Figuras 10 y 11).

Figura 10

Banco de Pruebas - Dimensionamiento

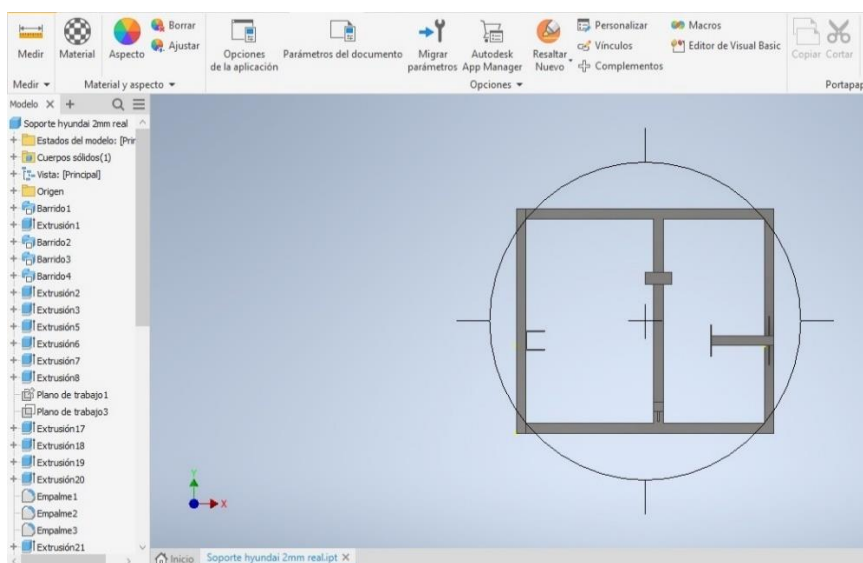
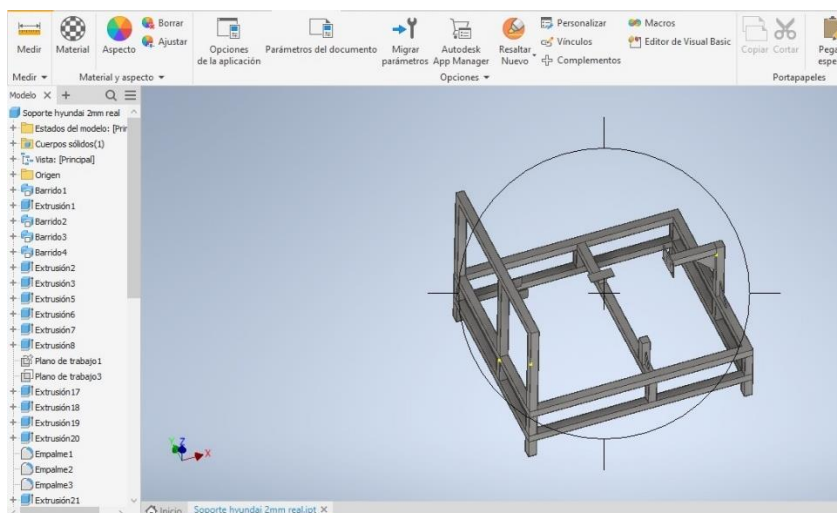


Figura 11

Banco de Pruebas - Selección de Materiales

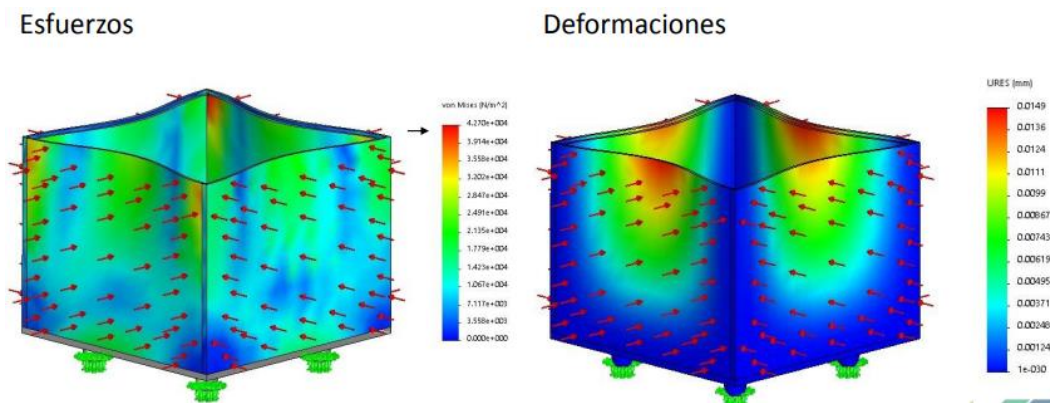


En la fase de simulación se determina los esfuerzos y deformaciones que puede soportar el banco de pruebas (Figuras 12).

El peso del motor está alrededor de los 120 kg y el resto de los elementos que conforman el banco (panel e instrumentos) tienen un peso aproximado de 15 kg.

Figura 12

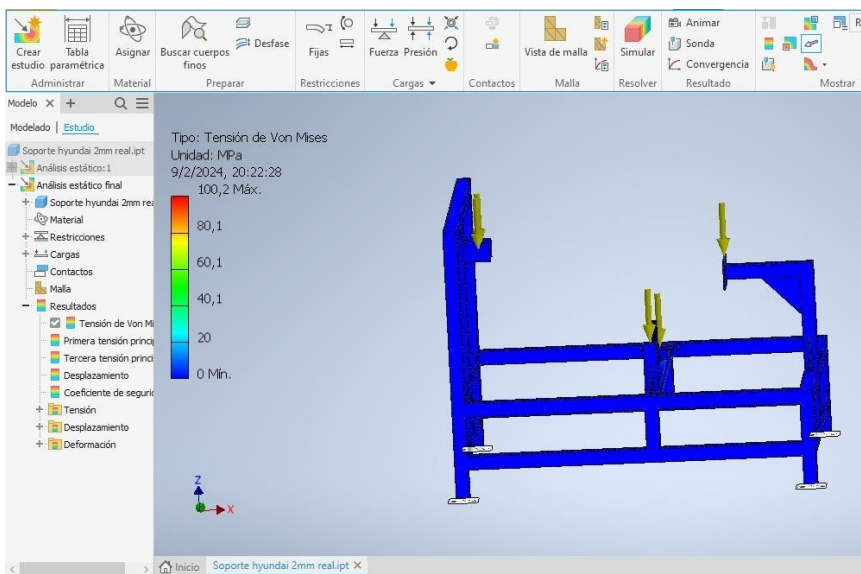
Banco de Pruebas - Esfuerzos y Deformaciones



La figura 13 muestra que el esfuerzo máximo de Von Mises es de 100.2 MPa, demostrando así, la capacidad de la estructura para soportar las cargas aplicadas en ella.

Figura 13

Banco de Pruebas – Simulación con el Estado de Cargas



La simulación inicia con el estado de cargas y restricciones aplicadas en la estructura como se observa en la Figura 13, en donde las flechas representadas en color amarillo son cargas, y las zonas de color blanco con las restricciones. Se hace el análisis para ver el comportamiento de los elementos estructurales en desplazamiento y los esfuerzos que se generan en cada uno.

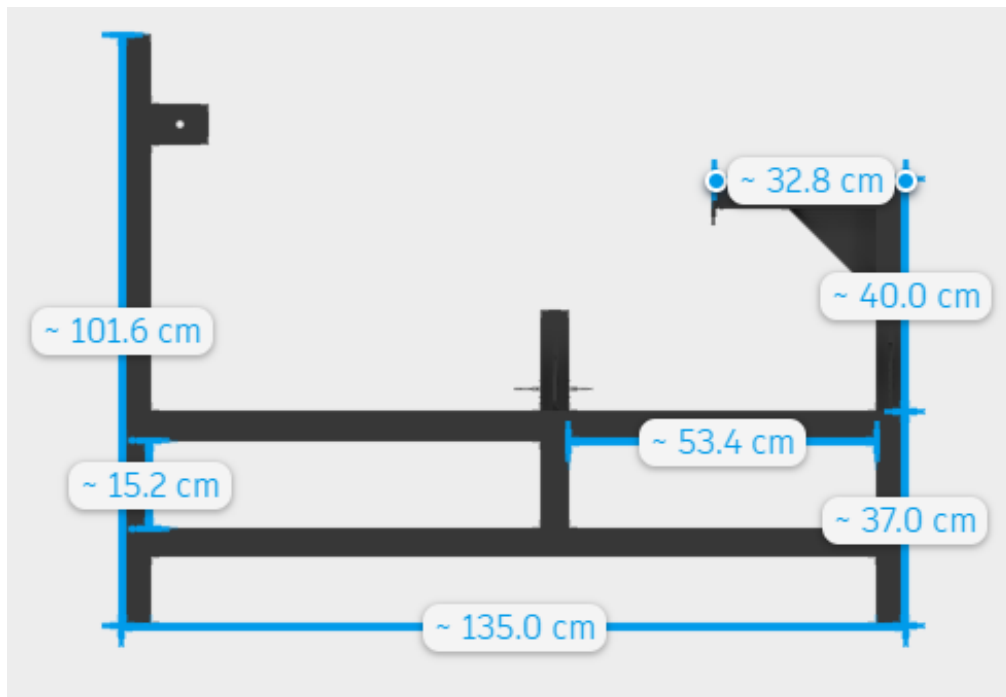
3.3 Elaboración de la Estructura del Banco de Pruebas

Dado que el motor bajo estudio ya poseía una estructura metálica, se llevó a cabo la toma de medidas con un flexómetro para adaptar de manera más efectiva el panel que albergaría las conexiones rápidas adicionales del banco de pruebas.

La construcción del panel de control se efectuó utilizando tubo galvanizado, revistiéndolo de la pintura. Para la confección de esta estructura, se empleó una soldadora eléctrica y electrodos, logrando como resultado la estructura que se muestra en la Figura 14.

Figura 14

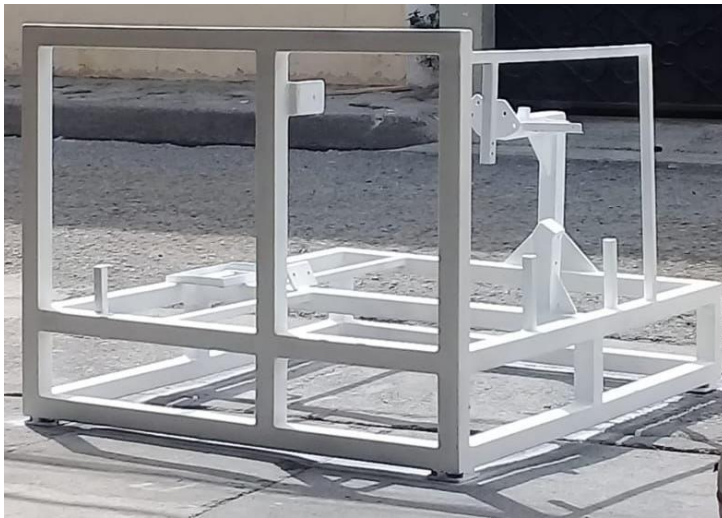
Estructura del Banco de Pruebas



En la Figura 15 se puede observar la estructura construida y lista para proceder a pintar y luego colocar los elementos del banco de pruebas.

Figura 15

Construcción de la Estructura Banco de Pruebas



En la Figura 16 se puede observar la estructura construida, pintada y lista para implementar los componentes del banco de pruebas.

Figura 16

Pintado de la Estructura del Banco de Pruebas



3.4 Implementación del Motor y Panel de Control

La primera etapa llevada a cabo para instalar el motor y el panel de control implica la adecuación del panel de instrumentos en la parte superior de la estructura donde se ubica el panel de control de nuestro banco de pruebas.

Se emplea masilla plástica para asegurar la firmeza del panel en la base de la estructura y se procede a implementar los elementos del banco de pruebas (Figura 17).

Figura 17

Montaje del Motor en el Banco de Pruebas

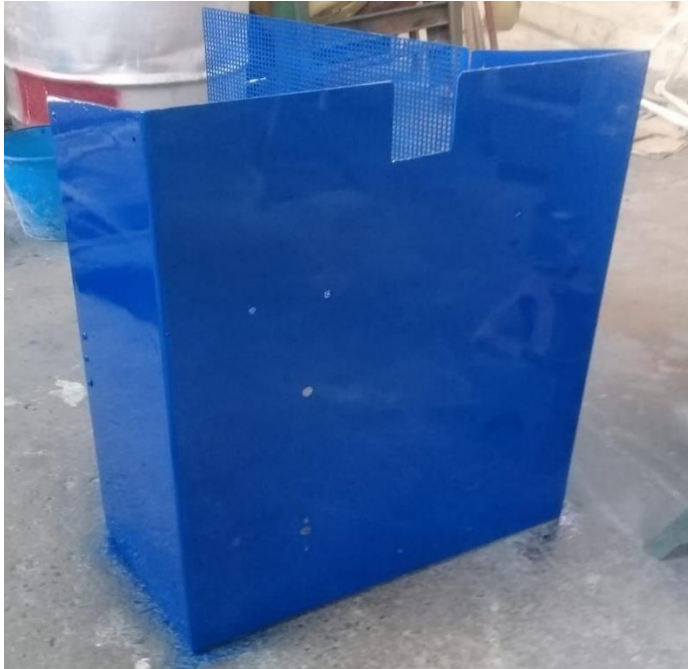


En la siguiente fase del proceso de implementación del panel de control, se lleva a cabo la fijación de la ECU en el interior de la estructura mediante pernos. Esta medida garantiza la estabilidad y protección de la ECU contra polvo y posibles manipulaciones que pudieran ocasionar daños.

Luego, se lleva a cabo la perforación de la cubierta del panel de mando, destinada a albergar los pines de conexión rápida, potenciómetros, cableado, interruptores, conectores y elementos de unión (Figura 18). Estos elementos desempeñan la función de transportar la información proveniente de los sensores y actuadores hacia el dispositivo de verificación.

Figura 18

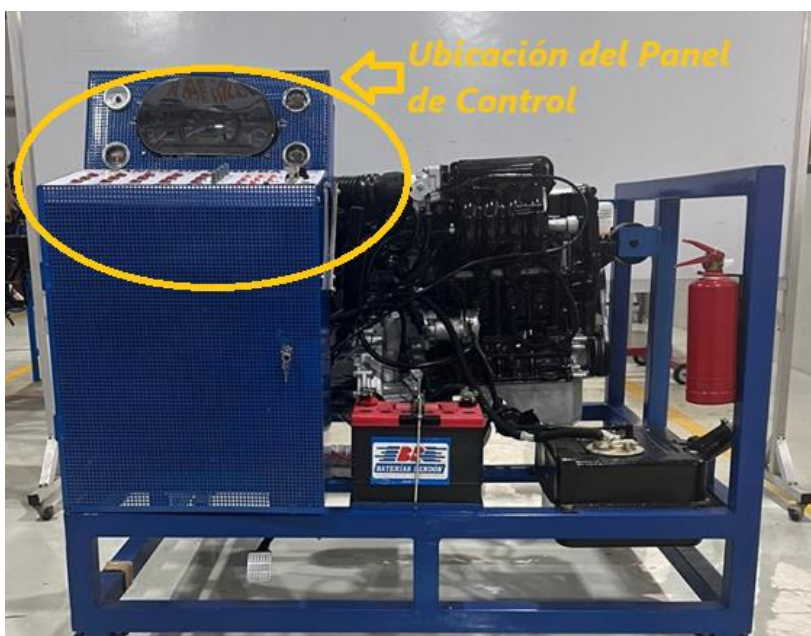
Cubierta del Panel de Control del Banco de Pruebas



Una vez montados los elementos el banco queda terminado como se muestra en la Figuras 19 que indica la ubicación del panel de control.

Figura 19

Ubicación del panel de Control en el Banco de Pruebas



Aquí, con el respaldo de un escáner de diagnóstico automotriz marca Launch, es posible verificar las señales emitidas por cada sensor para garantizar el correcto funcionamiento del motor. Estos sensores desempeñan un papel crucial al recopilar información esencial del motor, permitiendo que la Unidad de Control del Motor (ECU) sincronice el encendido mediante los actuadores (Noruña, 2019).

El banco de pruebas del motor 1.6L – Hyundai se diseña cumpliendo con las normas de seguridad establecidas en los talleres de la UIDE, con el objetivo de prevenir o reducir al mínimo posibles deterioros o daños en su estructura.

En las figuras 20, 21 y 22 se muestran diferentes vistas del banco de pruebas.

Figura 20

Vista Lateral de la Estructura del Banco de Pruebas

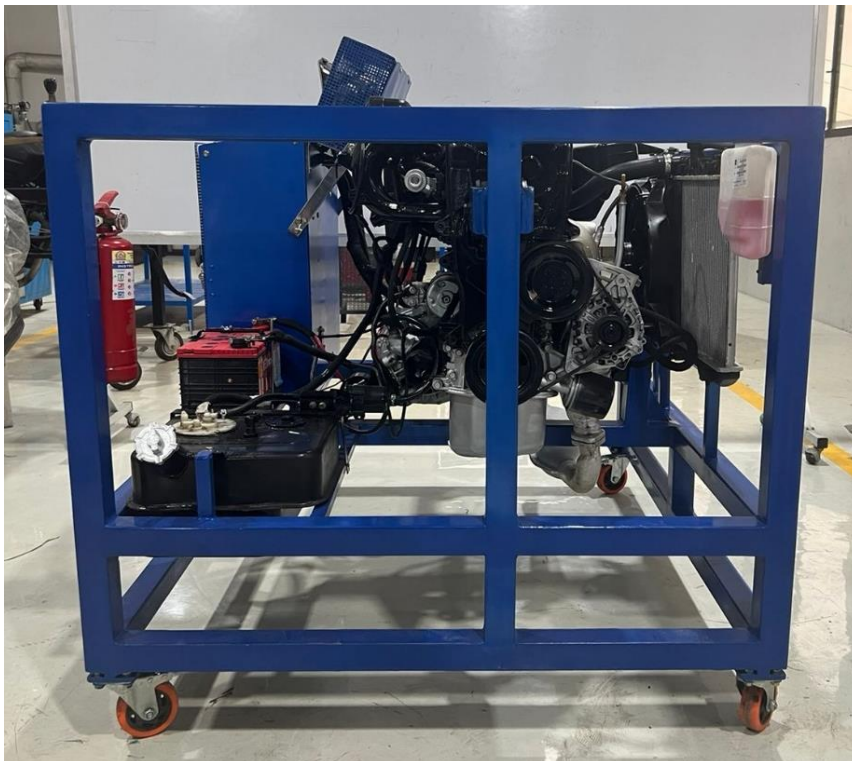


Figura 21

Vista Frontal del Banco de Pruebas

**Figura 22**

Vista Superior del Banco de Pruebas



Además, la estructura debe disponer de un espacio que facilite el acceso a sus distintos componentes o sistemas, como el sistema de inyección de combustible y el sistema de refrigeración, para llevar a cabo evaluaciones y pruebas mediante un adecuado proceso de desmontaje, montaje de piezas y mantenimiento.

La simulación de fallos puede realizarse utilizando los interruptores de encendido y apagado de cada uno de estos sistemas, lo que permite evaluar la respuesta del motor ante la activación o desactivación de dichos sensores. Por ejemplo, al desactivar el sensor del CKP, el motor se apaga automáticamente, ya que la ECU no puede determinar la posición del pistón número uno, lo que resulta en la pérdida de chispa y el consiguiente apagado del motor. Por otro lado, si se desconecta el sensor de oxígeno, el motor continúa funcionando, pero la entrega de la mezcla cambia de normal a pobre o rica para compensar cualquier discrepancia en la lectura de los gases de escape.

En la Figura 23 se aprecia el panel de control totalmente finalizado, incorporando los puntos de conexión de fácil acceso junto con los diagramas de conexión correspondientes a cada sensor y actuador.

Figura 23

Panel de Instrumentos y Simulador de Averías



Estos recursos visuales resultan de gran utilidad para comprender de manera más efectiva el funcionamiento del sistema.

3.5 Especificaciones del Motor Montado en el Banco de Pruebas

En lo que respecta a las características del motor, se puede mencionar la actualización del motor Alpha de Hyundai. Este motor tiene una capacidad de 1600 cc y opera bajo un diseño DOHC de 16 válvulas, con una relación de compresión de 10:1, proporcionando una potencia máxima de 110 HP a 6000 revoluciones. En cuanto a su eficiencia, este motor de 1600 cc registra un consumo de combustible de 8.4 litros por cada 100 kilómetros en ciudad, 5.2 litros en carretera, con un promedio de 6.4 litros. En términos de emisiones, este motor genera aproximadamente 152 gramos de CO₂ por kilómetro. En la Tabla 2 se muestran las especificaciones técnicas del motor del vehículo Hyundai Accent.

Tabla 2

Especificaciones Técnicas del Motor Hyundai 1.6 Litros

Especificación	Descripción
Motor:	En línea 4
Código del Motor:	G4ED
Combustible:	Gasolina
Alimentación:	MPI - Bosch ECFI
Situación:	Transversal
Cilindrada:	1599 cm ³ / 97.6 cu-in
Diámetro x Carrera:	76.5 x 87.0 mm 3.01 x 3.43 inches
Válvulas:	16 Válvulas
Sobrealimentación:	N/A
Relación de Compresión:	10.0
Potencia:	105 PS / 104 HP / 77 kW @ 5800 rpm
Par máximo:	143 Nm / 105 lb-ft @ 3000 rpm

Tomado de: <https://tecnicamotors.com/ficha-tecnica-del-motor/hyundai/g4fc/>

3.6 Metodología Aplicada

3.6.1 Métodos

En un principio se empieza con la recopilación de información y análisis del banco de prueba de un motor de combustión interna, escogiendo artículos científicos, libros, revistas, repositorios, blog automotrices y sitios web con notable información, su inicio, principales elementos, entre otros. Los contenidos teóricos del trabajo están desarrollados en 4 capítulos en los cuales se exponen los temas correspondientes al proceso de repotenciación y construcción, así como las alternativas que se pueden tomar con el fin de mejorar el banco de pruebas.

Durante el proceso de diseño y construcción, se presentan diversas opciones consideradas con el propósito de fundamentar tanto el diseño como la construcción. La selección de estas alternativas tiene como objetivo abordar las necesidades relacionadas con la operatividad, seguridad y manejo. Una vez evaluadas las opciones en función de estos requisitos, se determinará cuál de ellas es la más adecuada para ser implementada.

3.6.2 Tipo de Estudio

Se realiza un estudio descriptivo con el fin de entregar un banco de pruebas de un motor de combustión interna con inyección electrónica a gasolina totalmente operativo, aplicando todos los conocimientos obtenidos dentro y fuera de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador.

El estudio se ejecuta dentro del área automotriz, y se manipula directamente el motor, con la finalidad de obtener resultados reales, es decir, se trabaja directamente con el objeto de estudio. El estudio se basa en reemplazar las piezas que se encuentran en mal estado o que ya han cumplido su vida útil. Además de crear una nueva base para el motor para que de esta manera sea más fácil observar ciertos puntos del motor.

Para la construcción del banco de pruebas, tenemos que considerar el tipo de motor el número de sensores y actuadores con el cual está provisto, para de ahí partir con el diseño y estructura de este.

3.6.3 Investigación Exploratoria

Una investigación exploratoria sobre el diseño y construcción de un banco de pruebas de motor implica una indagación inicial y amplia en el campo de la ingeniería mecánica o afines, con el propósito de identificar y comprender los elementos clave involucrados en la creación de un banco de pruebas efectivo para motores de combustión. Esta investigación exploratoria del diseño y construcción de un banco de pruebas de motor implica una búsqueda exhaustiva de información y conocimientos relevantes, así como la realización de actividades prácticas para explorar y evaluar diferentes enfoques y soluciones.

3.6.4 Investigación Aplicada

La investigación aplicada en el diseño y construcción de un banco de pruebas de motor implica la exploración de diversas áreas técnicas y científicas para desarrollar un sistema que permita evaluar el rendimiento, la eficiencia y otros aspectos relevantes de los motores. En el proceso de diseño y construcción, se consideran varios aspectos, como la selección adecuada de componentes, la instrumentación precisa para la medición de variables relevantes (como la potencia, el par, la temperatura, etc.), la seguridad del equipo y de los operadores, la robustez del sistema, y la capacidad para simular diferentes condiciones de funcionamiento.

Capítulo IV

Pruebas de Funcionamiento y Simulación de Averías

4.1 Descripción

Evaluar el rendimiento de un motor y describir la eficacia de cada uno de sus componentes resulta fundamental para mejorar su funcionamiento. Para lograr este objetivo, es esencial desarrollar un banco de pruebas que optimice el desempeño de cada elemento, facilitando la implementación de planes de mantenimiento destinados a maximizar la productividad del motor. Este banco de pruebas posibilita la adquisición de conocimientos esenciales acerca de la capacidad del motor en su totalidad durante su operación.

En este contexto, un banco de pruebas se configura como un sistema compuesto por diversos elementos que posibilitan la simulación del comportamiento de un motor y sus características operativas en condiciones controladas. Para llevar a cabo esta simulación, se emplean instrumentos de control y medición específicos, según señalan Giraldo Aristizabal y Flórez Landazábal (2015).

Después de la instalación del motor y sus componentes, se requiere llevar a cabo pruebas piloto para evaluar su funcionamiento inicial. Esto es esencial para verificar que los parámetros del sistema muestren los valores previamente estimados. A partir de esta fase, se comienza a reconocer la importancia del banco de pruebas, ya que facilita la identificación de nuevas formas de optimizar el rendimiento mediante ajustes en las variables del sistema.

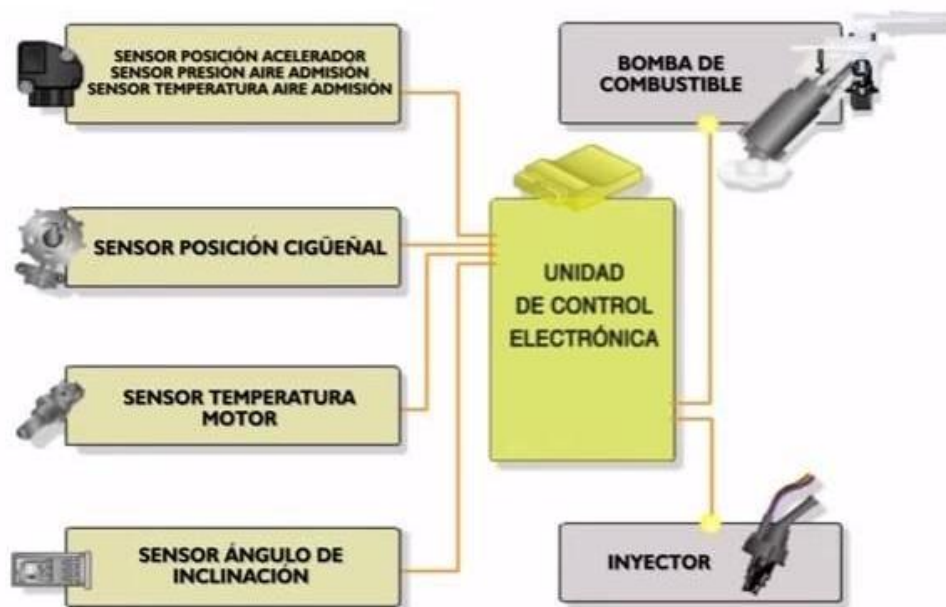
Además, el banco de pruebas desempeña un papel significativo en la formación del personal involucrado en la operación de motores de cuatro tiempos.

De manera similar, la funcionalidad del banco de pruebas no solo se limita al desarrollo de su potencial, sino que también se extiende al ámbito educativo. El banco de pruebas puede facilitar análisis detallados sobre la interacción entre cada uno de sus componentes. Algunos bancos de pruebas están diseñados específicamente para entornos académicos, ya que ofrecen

una mayor visualización de cada componente. Estos están destinados a proporcionar conocimientos a través de prácticas que permitan establecer conexiones entre la teoría y la experimentación, brindando acceso al motor y sus elementos para medir diversos parámetros, como temperatura, consumo de combustible, consumo de aire, revoluciones, presión de los cilindros, entre otros. En la Figura 24 se aprecia los sensores de un sistema de inyección a gasolina.

Figura 24

Sensores



Tomado de: <https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/gestion-electronica-motor-rfs-xu10j4rs-306-gti-xsara-vts/>

4.2 Pruebas de Funcionamiento del Banco de Pruebas

Las pruebas de funcionamiento del banco de pruebas para el motor Hyundai Accent 1.6 litros son esenciales para verificar su rendimiento y asegurar que cumpla con los estándares establecidos. Además, la simulación de fallas proporciona información valiosa sobre cómo responde el motor en situaciones adversas. A continuación, se describen algunos procedimientos generales para estas pruebas.

Dentro de las pruebas de funcionamiento se tiene:

1. Arranque y Ralentí:

- Verificar la capacidad de arranque del motor y observa su comportamiento en ralentí para asegurarte de que funcione suavemente.

2. Aceleración y Desaceleración:

- Realizar pruebas de aceleración gradual y desaceleración para evaluar la respuesta del motor a diferentes niveles de carga y ver si hay alguna irregularidad.

3. Control de Emisiones:

- Monitorizar las emisiones del escape para asegurarte de que cumple con las regulaciones ambientales aplicables.

4. Sistema de Inyección de Combustible:

- Verificar el correcto funcionamiento del sistema de inyección de combustible, incluyendo la cantidad y timing de la inyección.
- Comparación de valores de los sensores.
- Pruebas de los inyectores.

5. Sistema de Encendido:

- Evaluar la eficacia del sistema de encendido, asegurándose de que la chispa se produce en el momento adecuado.

6. Refrigeración:

- Comprobar el sistema de refrigeración para garantizar que el motor se mantiene a la temperatura adecuada durante diferentes condiciones de funcionamiento.

Dentro del punto de la simulación de fallas se considera:

1. Desactivación de Sensores:

- Simular fallos desactivando temporalmente sensores clave, como los sensores de posición del cigüeñal (CKP) o de oxígeno, para evaluar cómo responde el motor.

2. Problemas de Combustión:

Introducir condiciones de mezcla de aire y combustible incorrectas para simular problemas de combustión, como mezcla rica o pobre, y observa la respuesta del motor.

3. Fallas en el Sistema de Encendido:

- Simular fallos en el sistema de encendido, como pérdida de chispa en una bujía, para evaluar el impacto en el rendimiento del motor.

4. Problemas de Control Electrónico:

- Introducir fallos en la unidad de control del motor (ECU) para evaluar la capacidad de respuesta del sistema de gestión del motor ante situaciones anómalas.

5. Pruebas de Sobrecarga:

- Someter el motor a condiciones de carga extrema para evaluar su resistencia y capacidad para funcionar de manera segura en condiciones exigentes.

Se diseña un simulador de averías para realizar las pruebas de funcionamiento del banco de pruebas para el motor Hyundai Accent 1.6 (Figura 25).

Figura 25

Simulador de Averías



Es fundamental realizar estas pruebas con cuidado y siguiendo los protocolos de seguridad. Además, la documentación detallada de los procedimientos y resultados es esencial para el análisis y la mejora continua del banco de pruebas. Utilizar instrumentos de medición precisos y sensores confiables para monitorear parámetros críticos como velocidad del motor, temperatura del refrigerante, presión de aceite, temperatura del escape, entre otros (Figura 26).

Figura 26

Herramientas y Procedimientos de Diagnóstico



Tomado de: <https://autosoporte.com/>

4.3 Problemas Comunes de los Vehículos a Inyección a Gasolina

Para identificar la fuente principal del inconveniente, es crucial llevar a cabo un proceso de diagnóstico que involucre los siguientes pasos:

- **Análisis de códigos de fallas:** Se puede emplear herramientas especializadas para obtener información detallada sobre los errores que el motor está registrando. Este enfoque proporciona una comprensión precisa de la naturaleza del problema.

- Inspección visual: Es posible descubrir problemas como cables sueltos, tuberías agrietadas o piezas dañadas mediante una observación visual directa del motor.
- Verificación de sensores y actuadores: El sistema de inyección incluye diversos componentes electrónicos que pueden requerir una verificación específica para asegurar su correcto funcionamiento.

En resumen, si se identifica alguno de estos síntomas, es imperativo realizar un diagnóstico exhaustivo para identificar la causa subyacente y prevenir un mayor deterioro del sistema de inyección de combustible del automóvil.

4.4 Pruebas de Funcionamiento de los Sensores y Actuadores

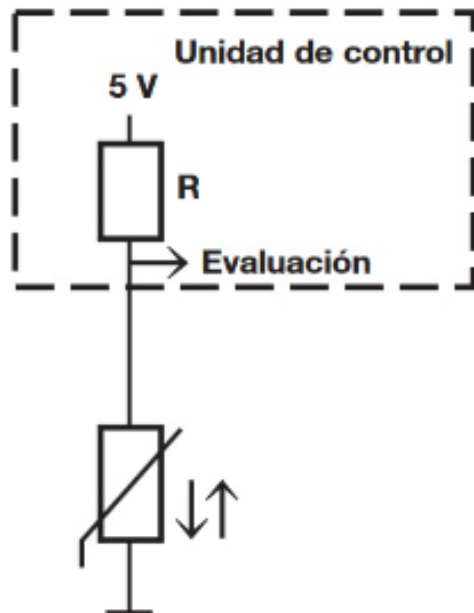
En este segmento, se proporciona una concisa explicación sobre el funcionamiento fundamental de cada elemento en el sistema de control electrónico del motor 1.6L Hyundai 16 válvulas, así como detalles acerca de las pruebas de operación realizadas en los sensores y actuadores.

4.4.1 Pruebas del Sensor de Temperatura del Refrigerante - ECT

La mayoría de los sensores de temperatura están formados por resistencias térmicas con un coeficiente de temperatura negativo (NTC). Estos sensores constan de un elemento resistivo fabricado con un material semiconductor.

La resistencia eléctrica experimenta variaciones significativas y predecibles en respuesta a cambios en la temperatura: la resistencia de la resistencia térmica NTC disminuye con el aumento de la temperatura y aumenta cuando la temperatura disminuye.

La Figura 27 muestra el diagrama que representa los puntos de medición de estos sensores.

Figura 27*Sensor ECT*

Tomado de: <https://www.hella.com/techworld/mx/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores-204/>

Comprobar si las conexiones eléctricas de los cables del sensor, del enchufe y del propio sensor están correctamente conectadas y si presentan alguna rotura o corrosión.

Se registra la resistencia interna del sensor. La resistencia depende de la temperatura:

- Con el motor frío, ohmiaje elevado; en caliente, ohmiaje bajo.

Dependiendo del fabricante:

- 25 °C 2,0 – 6 k Ω , o 80 °C aproximadamente 300 Ω .
- Tener en cuenta los datos sobre valores nominales especiales.

Verificar la integridad del cableado que se dirige hacia la unidad de control es fundamental, ya que todos los cables deben mantener continuidad y estar conectados a tierra.

- Utilizar un ohmímetro para medir la resistencia entre el enchufe del sensor de temperatura y el enchufe que se ha retirado de la unidad de control. Se espera que

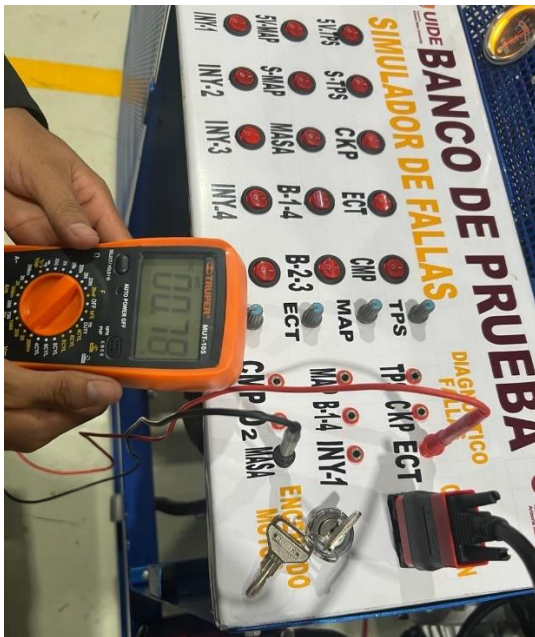
el valor nominal sea aproximadamente 0 Ohm (es necesario contar con un esquema eléctrico para la correcta asignación de los pines en la unidad de control).

- Proceder a verificar cada pin del enchufe del sensor utilizando el ohmímetro, tomando como referencia la masa del enchufe retirado de la unidad de control. En este caso, el valor nominal esperado es de $>30\text{ M}\Omega$.

En la Figura 28 se observan las mediciones tomadas con el motor a temperatura ambiente y luego con el motor a temperatura ideal.

Figura 28

Mediciones del Sensor ECT



Los valores obtenidos son:

- Temperatura ambiente: 3,59 V.
- Temperatura ideal: 0,78 V.

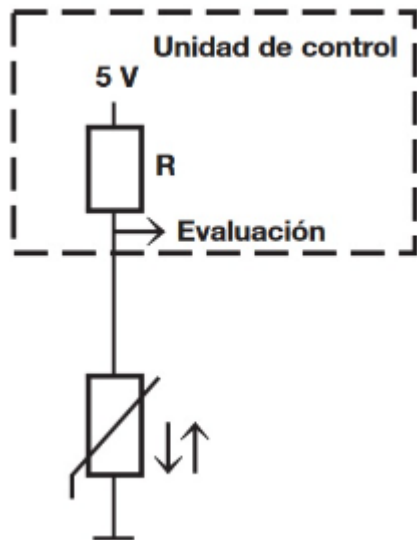
4.4.2 Pruebas del Sensor de Temperatura de Aire - IAT

A la semejanza del sensor ECT, el sensor IAT es un termistor NTC (Termistor con Coeficiente de Temperatura Negativo) que registra la temperatura del aire ingresante al motor;

a medida que la temperatura aumenta, el nivel de voltaje del sensor disminuye. En la Figura 29 se presenta el esquema de los puntos de medición del sensor.

Figura 29

Sensor IAT



Tomado de: <https://www.hella.com/techworld/mx/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores-204/>

Comprobar si las conexiones eléctricas de los cables que conectan el sensor, el conector y el propio sensor están correctamente instaladas y si presentan algún signo de deterioro, fractura o corrosión.

Se mide la resistencia interna del sensor, la cual varía según la temperatura: cuando el motor está frío, la resistencia es alta; mientras que cuando está caliente, la resistencia es baja.

Dependiendo del fabricante:

25 °C 2,0 – 6 k Ω , o 80 °C aprox. 300 Ω .

Verificar la integridad del cableado que conecta a la unidad de control, dado que todos los cables deben demostrar continuidad y estar conectados a tierra.

- Utilizar un ohmímetro para medir la resistencia entre el conector del sensor de temperatura y el conector retirado de la unidad de control. Se espera obtener un

valor nominal de aproximadamente 0 ohmios (se requiere un diagrama eléctrico para identificar la asignación de pines en la unidad de control).

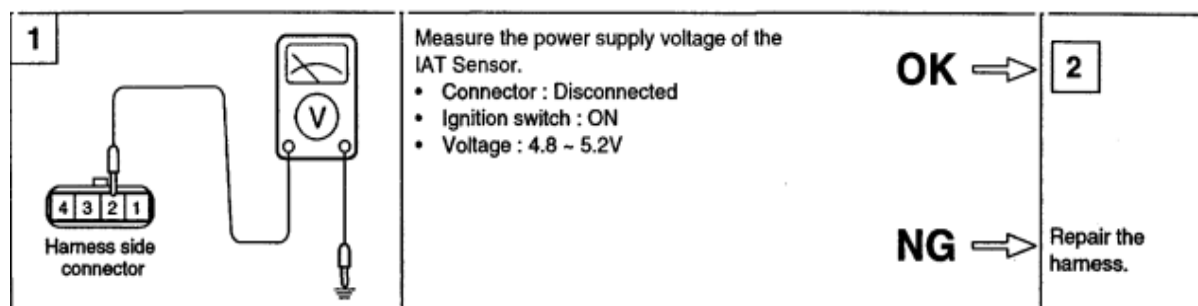
- Probar cada pin del conector del sensor utilizando el ohmímetro y conectándolo a tierra al conector retirado de la ECU. El valor nominal esperado $>30\text{ M}\Omega$.

En la Figura 26 se observan las mediciones tomadas en el sensor IAT.

Según el fabricante el sensor debe estar entre los valores de la Figura 30.

Figura 30

Mediciones del Sensor IAT



Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

Los valores obtenidos son:

- Valor: 4,82 V.

Figura 31

Mediciones del Sensor IAT-Motor en Funcionamiento

Check item	Data display	Check conditions	Engine state	Test specification
Intake air temperature sensor	Air temperature	Ignition switch : ON or engine running	When 0°C (32°F)	4.0 ~ 4.4V
			When 20°C (68°F)	3.3 ~ 3.7V
			When 40°C (104°F)	2.5 ~ 2.9V
			When 80°C (176°F)	1.0 ~ 1.4V

Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

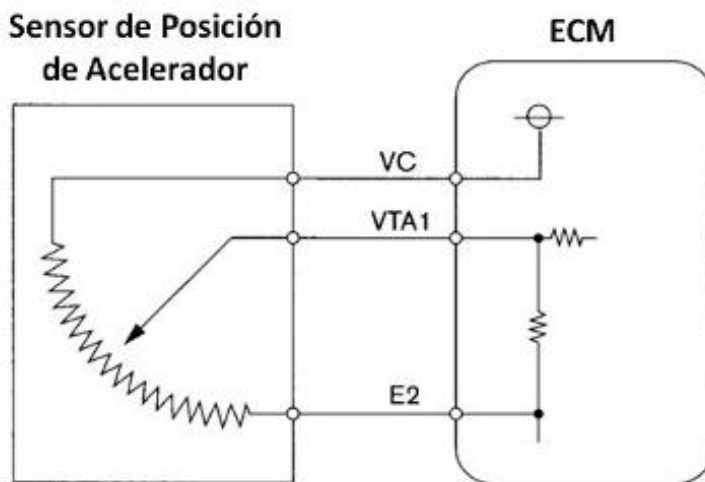
4.4.3 Pruebas del Sensor de Posición del Acelerador - TPS

El potenciómetro de la mariposa tiene la función de medir el grado de apertura de la válvula de mariposa. Los datos obtenidos se envían a la unidad de control y se utilizan como referencia para calcular la cantidad óptima de combustible requerida. Este componente se instala directamente sobre el eje de la válvula de mariposa.

En la Figura 32 se presenta el esquema de los puntos de medición del sensor.

Figura 32

Sensor TPS



Tomado de: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/1959-2/>

- Confirmar la correcta conexión de los cables del sensor, el conector y el propio sensor, y examinar si muestran algún signo de daño, rotura o corrosión.
- Evaluar el estado del potenciómetro de la mariposa en busca de posibles fallos.
- Realizar una medición de resistencia en el potenciómetro de la mariposa, siguiendo un esquema eléctrico para la asignación de los pines.
- Emplear un ohmímetro para verificar la resistencia con la válvula de mariposa cerrada, luego abrir gradualmente la válvula y observar cualquier cambio en la resistencia (detectando posibles interrupciones en el contacto deslizante durante la medición).

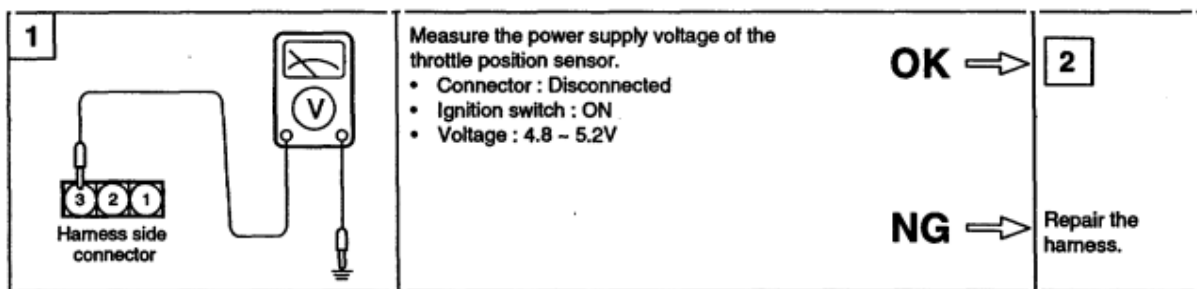
- Verificar la resistencia con la válvula de mariposa completamente abierta, siguiendo las indicaciones proporcionadas por el fabricante.

En la Figura 33 se observan las mediciones tomadas en el sensor TPS.

Según el fabricante debe estar entre los valores de la Figura 34.

Figura 33

Mediciones del Sensor TPS



Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

Los valores obtenidos son:

- Valor: 4,9 V.

Figura 34

Mediciones del Sensor TPS-Motor en Funcionamiento

Check item	Check condition	Test specification
Throttle position sensor output voltage (TP Sensor side connector No.1 or ECM harness side connector No.16)	At idle rpm	0.25 ~ 0.8V
	Wide open throttle	4.0 ~ 4.8V

Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

El valor obtenido del voltaje fue de 0,57 voltios a ralentí rpm (Figura 35).

En la Figura 36 se observa la forma de onda que genera el TPS, usando un osciloscopio.

Figura 35*Mediciones del Sensor TPS-Motor en Funcionamiento***Figura 36***Mediciones del Sensor TPS- Osciloscopio*

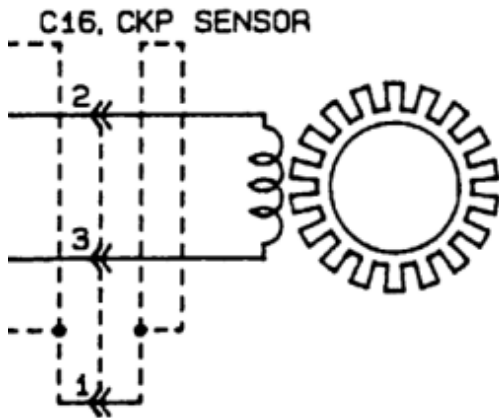
4.4.4 Pruebas del Sensor de Posición del Cigüeñal - CKP

Los sensores ubicados en el cigüeñal tienen la función de calcular tanto las revoluciones como la posición del eje de este. Por lo general, se sitúan en las proximidades del volante de

inercia, sobre una corona dentada. El esquema de los puntos de medición del sensor se muestra en la Figura 37.

Figura 37

Sensor CKP



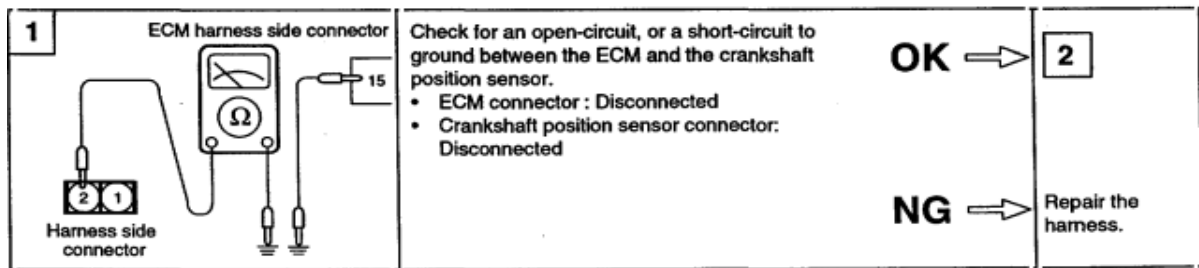
Tomado de: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

Identificación de errores: En el proceso de identificación de fallos, se sugiere seguir estos pasos:

- Revisar el registro de fallas.
- Verificar la integridad de las conexiones eléctricas de los cables del sensor, del enchufe y del propio sensor, buscando posibles roturas o corrosión.
- Inspeccionar visualmente si hay daños externos o acumulación de suciedad.
- La verificación directa del sensor del cigüeñal puede resultar complicada si no se conoce el tipo exacto de sensor. Antes de proceder con la comprobación, es necesario confirmar si se trata de un transmisor inductivo o de tipo Hall.

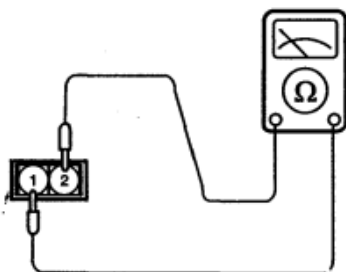
En la Figura 38 se observan las mediciones tomadas en el sensor CKP.

Según el fabricante debe estar entre los valores de 0,4 a 0,6 k Ω (Figura 39).

Figura 38*Mediciones del Sensor CKP*

Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

- Si el sensor está equipado con un conector de dos polos, es probable que sea un sensor inductivo.
- Se evalúa la resistencia interna, una posible conexión a tierra y la señal. Para esto, se desconecta el enchufe y se verifica la resistencia interna del sensor. Si el valor de la resistencia interna está comprendido entre 200 y 1000 ohmios (dependiendo del valor nominal), indica que el sensor está funcionando correctamente. Si la resistencia es de 0 ohmios, indica un cortocircuito, y si es de varios megohmios, indica una interrupción en el circuito.

Figura 39*Mediciones del Sensor CKP*

Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

En la Figura 40 se observa la forma de onda que genera el CKP, usando un osciloscopio.

En la Figura 41 se observa la forma de onda que genera el CKP, usando un multímetro.

Figura 40

Valores de Mediciones del Sensor CKP-Motor en Funcionamiento



Figura 41

Mediciones del Sensor CKP - Osciloscopio



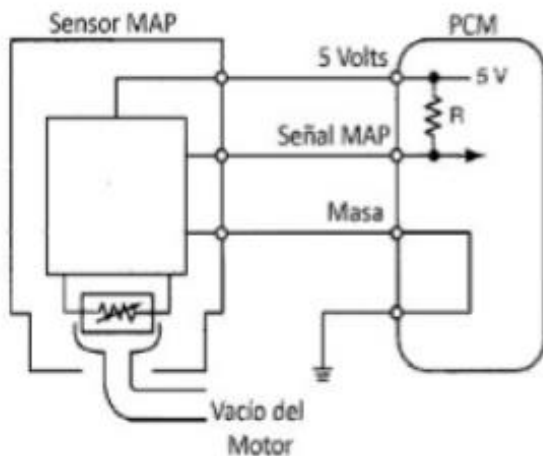
4.4.5 Pruebas del Sensor de Presión Absoluta del Múltiple - MAP

Este sensor genera una señal cuya intensidad está directamente relacionada con la presión de vacío presente en el colector de admisión. Durante el funcionamiento del motor y bajo cargas significativas, el vacío en el colector de admisión disminuye a medida que se abre el acelerador.

En la Figura 42 se presenta el esquema de los puntos de medición del sensor.

Figura 42

Sensor MAP



Tomado de: <https://mecanicaparatodosblog.wordpress.com/2022/05/10/sensor-map-sensor-de-presion-absoluta-del-multiple/>

- Verificar si las conexiones eléctricas de los cables del sensor, del conector y del propio sensor están debidamente conectadas y si muestran algún tipo de daño, rotura o corrosión.
- Lo primero que debe hacerse si el sensor MAP falla es: hacer un escaneo al motor.
- Con el multímetro en Voltios DC, prueba el cable de alimentación del sensor con el terminal rojo del multímetro.
- El terminal negro de multímetro también debe estar en el negativo de la batería.
- Coloca el encendido en ON sin encender el motor.

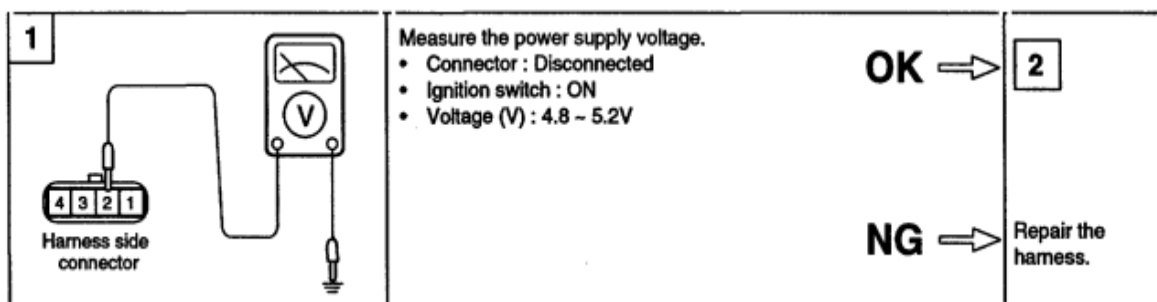
- El multímetro debe medir aproximadamente 4,5 V a 5 V.

En la Figura 43 se observan las mediciones tomadas en el sensor MAP.

Según el fabricante debe estar entre los valores de la Figura 44.

Figura 43

Mediciones del Sensor MAP



Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

Los valores obtenidos son:

- Valor: 5,0 V.

Figura 44

Mediciones del Sensor MAP-Motor en Funcionamiento

Check item	Data display	Check conditions	Engine state	Test specification
MAP sensor	Intake manifold pressure	<ul style="list-style-type: none"> • Engine coolant temperature : 80 to 95° (176 to 205°F) • Lamps, electric cooling fan, accessory units : ALL OFF • Transaxle : Neutral (P range for vehicle with A/T) • Steering wheel : Neutral 	IG. KEY "ON"	800 ~ 1080 mb
			Idle	190 ~ 390 mb

Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

El valor obtenido del voltaje fue de 2,96 voltios a ralentí rpm (Figura 45).

Figura 45

Valores de Mediciones del Sensor MAP-Motor en Funcionamiento



4.4.6 Pruebas del Inyector

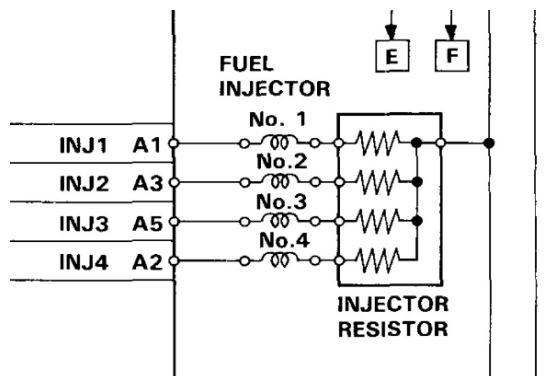
Un inyector de combustible es un dispositivo para atomizar e inyectar combustible en un motor de combustión interna. El inyector atomiza el combustible y lo fuerza directamente a la cámara de combustión en el punto preciso del ciclo de combustión.

Los inyectores más nuevos también pueden medir la cantidad de combustible según lo dicta y controla el módulo de control electrónico (ECM).

En la Figura 46 se presenta el esquema de los puntos de medición del actuador.

Figura 46

Actuador-Inyector de Combustible



Tomado de: https://www.researchgate.net/figure/The-injector-wire-diagram_fig4_268410283

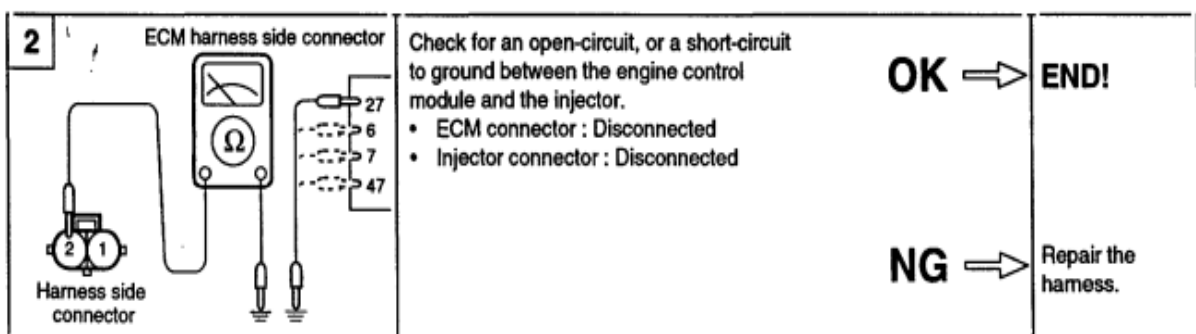
- Verificar si las conexiones eléctricas de los cables del inyector, del conector y del propio actuador están debidamente conectadas y si muestran algún tipo de daño, rotura o corrosión.
- Con su vehículo apagado, desconecte el conector eléctrico de su inyector de combustible.
- Utilizar un multímetro para tomar una lectura de resistencia.
- Consultar el manual de servicio del motor o en línea para conocer el valor correcto (la mayoría de los inyectores de combustible deben leer entre 10 y 18 ohmios).
- Un inyector de combustible tiene una bobina electromagnética que, cuando se carga, abre un pasador que rocía combustible.
- La bobina electromagnética se abre y se cierra con 5-12 voltios CC según el fabricante.

En la Figura 47 se observan las mediciones tomadas en el inyector.

Según el fabricante debe estar entre los valores de la Figura 48.

Figura 47

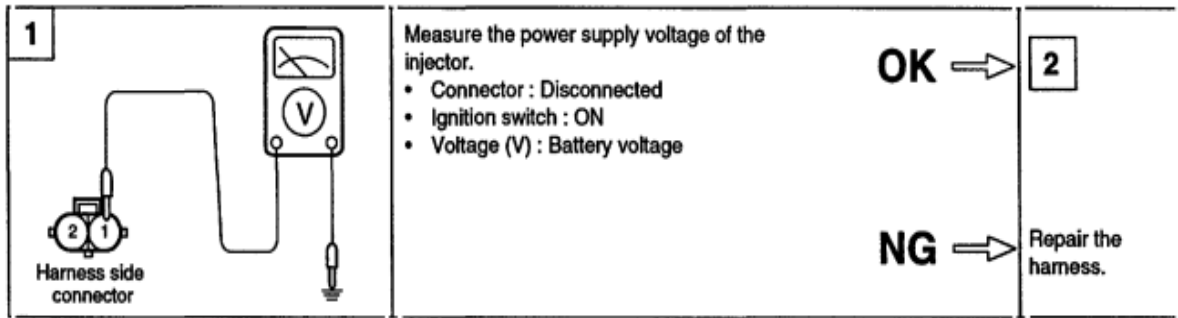
Mediciones del Inyector-Resistencia



Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

Los valores obtenidos son:

- Valor: 13,5 V.

Figura 48*Mediciones del Inyector*

Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

El valor obtenido del voltaje fue de 13,5 voltios (Figura 49).

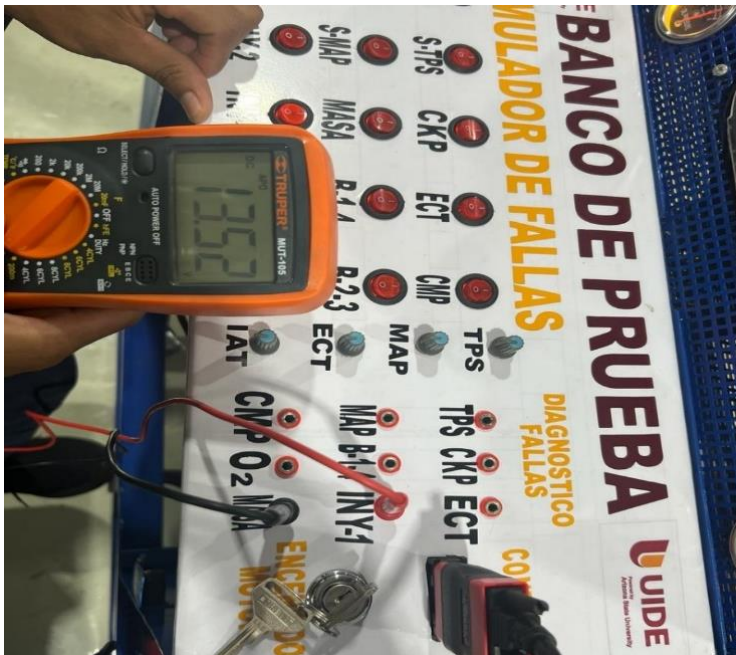
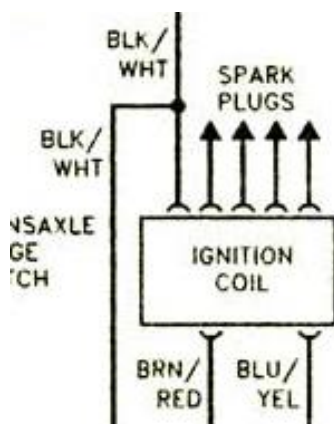
Figura 49*Mediciones del Inyector-Alimentación*

Figura 50*Mediciones del Inyector - Osciloscopio***4.4.6 Pruebas de las Bobinas de Encendido**

Una bobina de encendido es un componente vital del sistema de encendido de un vehículo. Es responsable de convertir el bajo voltaje de la batería en el alto voltaje necesario para producir chispas en las bujías. La bobina de encendido actúa como un transformador y utiliza inducción electromagnética para generar el alto voltaje necesario para una combustión eficiente en el motor. En la Figura 51 se presenta los puntos de medición del actuador.

Figura 51*Actuador-Bobina de Encendido*

Tomado de: <https://automecanico.com/auto2012/dhyundai11.jpg>

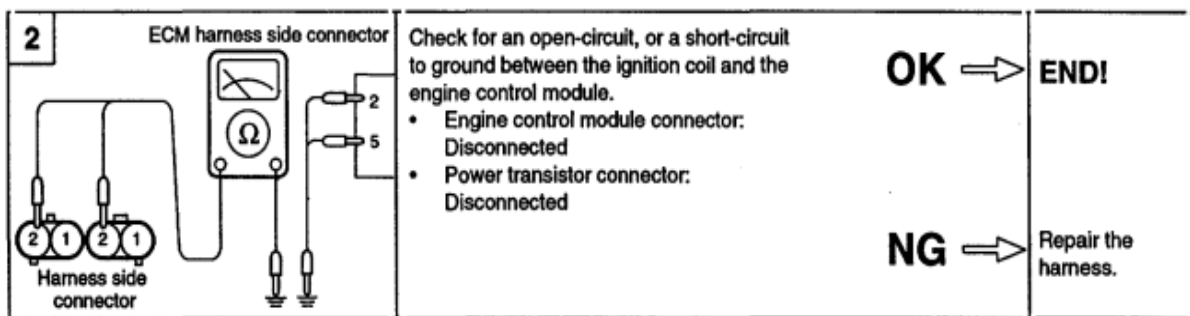
- Verificar si las conexiones eléctricas de los cables de las bobinas, del conector y del propio actuador están debidamente conectadas y si muestran algún tipo de daño, rotura o corrosión.
- Con su vehículo apagado, desconecte el conector eléctrico de su bobina de encendido.
- Utilizar un multímetro para tomar una lectura de resistencia.
- Para diagnosticar un paquete de bobina, configurar el multímetro en el rango de 200 ohmios, coloque las sondas positiva y negativa en los terminales idénticos de una bobina y verifique la lectura del multímetro.
- Un valor entre 0,3 ohmios y 1,0 ohmios significa que la bobina está en buen estado, según el modelo.

En la Figura 52 se observan las mediciones tomadas en la bobina.

Según el fabricante debe estar entre los valores de la Figura 53.

Figura 52

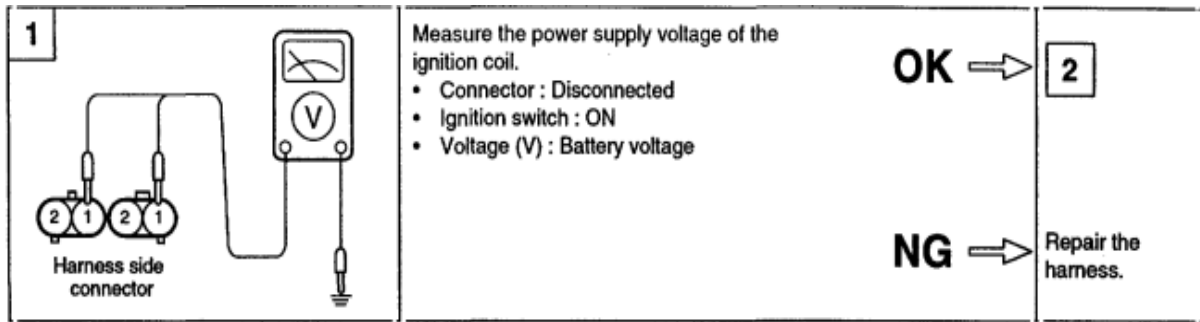
Mediciones de la Bobina -Resistencia



Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

Los valores obtenidos son:

- Valor: 12,8 V.

Figura 53*Mediciones de la Bobina*

Tomado de: <https://manualesdetaller.cl/manual-de-taller-hyundai-accent-2010-2011-2012-2013-2014>

El valor obtenido del voltaje fue de 12,89 voltios (Figura 54).

Figura 54*Mediciones de la Bobinas de Encendido*

Figura 55*Mediciones de la Bobina - Osciloscopio*

4.4.7 Lectura de Códigos y Verificación de Indicador de Mal Funcionamiento (MIL)

Si los componentes del sistema MFI (sensores, ECM, inyector, etc.) presentan falla, interrupción del suministro de combustible o falta de suministro de la cantidad adecuada de combustible para diversas operaciones del motor se pueden encontrar las siguientes situaciones.

1. El motor arranca con dificultad o no arranca en absoluto.
2. Inactivo inestable.
3. Mala manejabilidad.

Si se observa alguna de las condiciones anteriores, primero se realiza un diagnóstico de rutina que incluye revisiones básicas del motor (mal funcionamiento del sistema de encendido, ajuste incorrecto del motor, etc.). Luego, se inspecciona los componentes del sistema MFI con un escáner y verifica posibles códigos de falla.

Se procede a conectar y se verifica que encienda una lámpara indicadora de mal funcionamiento para notificar que hay un problema con el vehículo. Sin embargo, la MIL se apaga automáticamente después de 3 ciclos de conducción secuenciales posteriores sin que se produzca el mismo mal funcionamiento. Inmediatamente después de girar el interruptor de

encendido (posición ON - no arrancar), la MIL se ilumina continuamente para indicar que la MIL opera normalmente.

Se realiza una INSPECCIÓN:

- Después de encender la llave de encendido, se asegura de que la luz se ilumina durante unos 5 segundos y luego se apaga.
- Si la luz no se enciende, se verifica si hay un circuito abierto en el arnés, un fusible o una bombilla fundidos.

Luego se efectúa un AUTO DIAGNÓSTICO:

- La ECM monitorea las señales de entrada y salida (algunas señales en todo momento y los demás bajo condiciones especificadas).
- Cuando el ECM detecta una irregularidad, registra el código de diagnóstico de falla y envía la señal al conector de enlace de datos.
- Los resultados del diagnóstico se pueden leer con la ayuda del escáner de diagnóstico automotriz en este caso un Launch PAD VII.
- Los códigos de diagnóstico de problemas (DTC) permanecen en la ECM mientras se mantenga la energía de la batería. Sin embargo, los códigos de diagnóstico de problemas se borrarán cuando terminal de la batería o el control del motor se desconecte.

4.5 Análisis de los Resultados

El banco de pruebas debe cumplir con ciertos criterios mínimos para su uso en actividades de laboratorio. Estos criterios incluyen:

- Observar y reconocer cada componente del motor para comprender su disposición y ensamblaje.
- Poner en marcha el motor con el fin de explicar el funcionamiento detallado de cada una de sus partes.

- Simular fallas físicas mediante la interacción del docente con los estudiantes, conectando y desconectando diferentes elementos. Esto permitirá que, al encender el motor, no funcione correctamente, brindando así la oportunidad de evaluar las razones detrás de cada error.
- Visualizar en una pantalla, a través del sistema OBDII, los códigos de falla generados y otros datos técnicos del motor, como rpm, temperaturas, presiones, compensadores, tiempos, entre otros.

El análisis de resultados del diseño y construcción de un banco de pruebas de motor implica evaluar diversos aspectos para determinar su eficacia y funcionalidad. Algunos puntos clave a considerar en este análisis incluyen:

- Precisión de las mediciones: Evaluar la precisión de las mediciones realizadas durante las pruebas, asegurando que los datos recopilados sean confiables y precisos. Los resultados obtenidos estaban dentro de los límites y valores dados por el fabricante.
- Reproducibilidad de los resultados: Verificar si los resultados obtenidos son consistentes y reproducibles, lo que garantiza la fiabilidad del banco de pruebas. Para lo cual se realizaron varias mediciones y bajo diversas condiciones y se verifica que los datos obtenidos permiten el correcto funcionamiento del motor y simular averías.
- Seguridad: Evaluar la seguridad del diseño y las medidas de protección implementadas para garantizar la integridad de los operadores y el equipo durante las pruebas. En conjunto con los docentes de la universidad se verifica que cumpla dicha normativa y se realizan las mejoras necesarias.

- **Facilidad de uso y mantenimiento:** Evaluar la facilidad con la que se puede operar el banco de pruebas y realizar tareas de mantenimiento, lo que puede influir en la productividad y la eficiencia general.
- **Cumplimiento de los objetivos de diseño y construcción:** Comparar los resultados obtenidos con los objetivos establecidos durante la fase de diseño y construcción para determinar si se han alcanzado las metas previstas.

Al realizar un análisis exhaustivo de estos aspectos, se puede evaluar de manera integral el éxito del diseño y la construcción del banco de pruebas de motor y determinar áreas de mejora para futuras iteraciones o proyectos similares.

Conclusiones

El estado del banco de pruebas del motor Hyundai Accent 1.6 litros se presenta como una tarea crucial para asegurar su funcionamiento óptimo. A través de un análisis exhaustivo, se busca identificar cualquier posible problema o área de mejora en el banco de pruebas. Este proceso de diagnóstico permite implementar las acciones correctivas necesarias, garantizando así que el banco de pruebas esté en condiciones ideales para llevar a cabo pruebas precisas y confiables en el motor Hyundai Accent 1.6 litros. La evaluación sistemática y la subsiguiente implementación de mejoras contribuyen a mantener la eficiencia y la exactitud de las pruebas, asegurando que el banco de pruebas cumpla con los estándares requeridos para la investigación y el desarrollo en el ámbito automotriz.

El diseño de la nueva estructura permite la simulación de fallas y proporciona valiosa información sobre cómo el motor responde ante situaciones adversas o posibles problemas. Esto facilita la identificación temprana de posibles fallos y contribuye al desarrollo de estrategias de diagnóstico y solución de problemas más efectivas.

Las pruebas de funcionamiento y simulación de averías, en conjunto, permiten la realización de pruebas que contribuyen significativamente al aseguramiento de la calidad y confiabilidad del banco de pruebas, así como a la mejora continua de los procedimientos y protocolos utilizados en la simulación de condiciones no ideales del motor. Además, proporciona datos valiosos que pueden ser utilizados para la investigación y desarrollo de nuevos componentes o tecnologías que optimicen el rendimiento del motor en el Hyundai Accent 1.6 litros. En resumen, este proceso es fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de las pruebas en el banco y para mantener la integridad y eficiencia del motor en condiciones diversas.

Recomendaciones

Hay que examinar cuidadosamente el estado del banco y proponer algunos cambios a realizar y hay que tener presente medidas de seguridad rigurosas para proteger al personal durante todo el proceso.

Durante el desarrollo del proyecto hay que seguir protocolos de prueba estandarizados que aborden específicamente los aspectos clave del motor Hyundai Accent 1.6 litros. Esto garantizará consistencia en los resultados y facilitará la comparación entre pruebas.

Se recomienda documentar meticulosamente cada fase de las pruebas de funcionamiento y simulación de fallas, incluyendo configuraciones, condiciones de prueba, resultados y cualquier anomalía observada. Esta documentación será crucial para el análisis posterior y para comprender el rendimiento del motor.

Bibliografía

- Alegre, J. (2022). Análisis CFD de la influencia de la aerodinámica en el consumo energético de vehículos en formación (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/handle/10251/183892>
- Álvarez, E. E. (2019). Repotenciación de un motor estándar. [Tesis de Pregrado, Universidad San Francisco De Quito]. Archivo Digital. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7149/1/137145.pdf>
- 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://dominodelasciencias.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. [Tesis de Pregrado, Universidad ECCI]. Archivo Digital. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3231>
- 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". [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Archivo Digital. 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. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo Digital. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16521>

- 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). [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo Digital. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16012>
- 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. Universidad Internacional del Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2762/1/TUIDE-204.pdf>
- 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>
- Dosnet Consultores. (2023). HYUNDAI Accent 1.6 112 Cv GLS 4P. <https://www.cochesyconcesionarios.com/fichas/hyundai/accent/119188058-prestaciones-dimensiones.html>
- Embragatges I Derivats-EIDE. (2022). Bancos de prueba. <https://eide.net/bancos-de-prueba/>
- Fernández, H. R. (2023). Propuesta de mejora aerodinámica de un autobús (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). <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. Archivo Digital. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4269/1/T-UIDE-0053.pdf>

- Fierro, R., & Ordoñez, A. (2018). La ingeniería automotriz. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo Digital. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17060/1/La%20ingenieri%CC%81a%20automotriz.pdf>
- Gamboa, C. (2020). Diseño Aerodinámico De La Carrocería De Un Vehículo Para La Participación En La Competencia De Eficiencia Energética Shell Eco Marathon En La Categoría Prototipo. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1376>
- 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=HGtMCzBE8qR0ZpLKIOmHHwgcGi0#v=onepage&q=Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna&f=false>
- Grupo EuroLab. (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.>
- 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>
- 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.

- Llanes Cedeño, E. A., Carguachi Caizatoa, J. B., & Rocha Hoyos, J. C. (2018). Evaluación energética y exérgica en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6L. Enfoque UTE, 9(4), 221-232. <https://doi.org/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). [Tesis de Pregrado, Universidad Libre]. Archivo Digital. [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](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)
- Morales, S. C., & Lomas, S. M. (2023). Construcción de un túnel de viento con espejos Schlieren para la visualización del efecto aerodinámico en vehículos a escala para el taller de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25847>
- 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. [Tesis de Pregrado, Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo Digital.
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/9843>

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

Pico, G. M. (2019). Sistema avanzado de asistencia al conductor empleando visión artificial en vehículos de transporte público (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrerade Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29951>

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 (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay). <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10841>

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>

Salinas, M. (2023). Qué motor trae un Hyundai Accent. <https://mundotuerca.cl/que-motortrae-un-hyundai-accent/>

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>

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. [Tesis de Pregrado, Instituto

Superior Tecnológico Vida Nueva]. Archivo Digital.

<http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/228>.

