



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERIAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Reingeniería y Desarrollo de un Portafolio Didáctico para la
Enseñanza y Diagnóstico del Sistema de Inyección
Electrónica del Chevrolet Grand Vitara (Motor J20A)**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Autor: Jara Dominguez, Digno Roberto

Tutor: García Ochoa, Erasmo Israel

GUAYAQUIL

2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo, Erasmo Israel García Ochoa, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Reingeniería y Desarrollo de un Portafolio Didáctico para la Enseñanza y Diagnóstico del Sistema de Inyección Electrónica del Chevrolet Grand Vitara (Motor J20A), realizado por Digno Roberto Jara Dominguez, ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Erasmo Israel García Ochoa

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Digno Roberto Jara Dominguez declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

Autor: Digno Roberto Jara Dominguez

C.I.: 1203447741

Dedicatoria

A mi familia y a Dios, por darme la fuerza, la paciencia y la motivación para culminar este trabajo de titulación. A las personas que me acompañaron durante el proceso académico, por su apoyo constante, por sus consejos y por recordarme que cada etapa se construye con esfuerzo y responsabilidad.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiarme y darme fuerzas para culminar este trabajo. También agradezco a mi familia, a mis docentes y a mi tutor, por su orientación durante el desarrollo del proyecto, y a la Universidad Internacional del Ecuador, por facilitar los espacios de aprendizaje donde se fortalece la formación práctica en el área automotriz.

Índice de contenido

Carátula.....	I
Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Índice de contenido.....	VI
Índice de tablas.....	VII
Índice de figuras	VII
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo I	5
Antecedentes	5
1.1 Tema.....	5
1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema	5
1.2.1 Planteamiento del problema	6
1.2.2 Formulación del problema	6
1.2.3 Sistematización del problema	6
1.3 Objetivos de la investigación.....	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Justificación y delimitación de la investigación	7
1.4.1 Justificación teórica.....	8
1.4.2 Justificación metodológica.....	8

1.4.3 Justificación práctica.....	8
1.4.4 Delimitación temporal.....	9
1.4.5 Delimitación geográfica.....	9
1.4.6 Delimitación del contenido	9
Capítulo II	10
Marco referencial.....	10
2.1 Marco teórico	10
2.1.1 Conceptos preliminares	10
2.1.2 Sistema de inyección electrónica multipunto en el motor J20A.....	11
2.1.3 Componentes electrónicos del sistema de inyección.....	11
2.1.4 Reingeniería aplicada a equipos didácticos automotrices	13
2.1.5 Diseño y desarrollo de módulos didácticos portátiles.....	13
2.1.6 Diagnóstico del sistema de inyección electrónica mediante herramientas de medición	14
2.2 Marco conceptual	15
2.2.1 Reingeniería	15
2.2.2 Portafolio didáctico portátil	15
2.2.3 Arquitectura electrónica y distribución física	15
2.2.4 Diagramas eléctricos y cableado original	15
2.2.5 Enseñanza y diagnóstico práctico	15
Capítulo III	17
Metodología.....	17
3.1 Enfoque metodológico	17
3.2 Diseño de investigación	17
3.3 Variables de estudio	18
3.4 Materiales, herramientas y recursos	19

3.5 Procedimiento de reingeniería.....	21
3.6 Consideraciones de seguridad.....	23
Capítulo IV	24
Desarrollo y análisis de resultados preliminares	24
4.1 Estado inicial del tablero didáctico	24
4.2 Diseño físico del portafolio	24
4.3 Distribución de componentes y reorganización del sistema	25
4.4 Integración del arnés eléctrico	26
4.5 Pruebas funcionales consideradas.....	28
4.6 Análisis didáctico del portafolio.....	29
4.7 Avance final del montaje físico del portafolio	31
4.8 Montaje final de componentes sobre el panel.....	33
4.9 Verificación preliminar y valor didáctico del resultado.....	39
Conclusiones	40
Recomendaciones.....	41
Referencias	42

Índice de tablas

Tabla 1 Componentes principales del sistema de inyección electrónica	12
Tabla 2 Variables de estudio	19
Tabla 3 Materiales, herramientas y recursos utilizados	19
Tabla 4 Etapas de reingeniería del tablero al portafolio	21
Tabla 5 Criterios de verificación eléctrica y funcional	28
Tabla 6 Comparación general del sistema antes y después de la reingeniería	29
Tabla 7 Registro de verificación visual del montaje final.....	39

Índice de figuras

Figura 1 Sistema de inyección electrónico Suzuki Motor J20A en tablero didáctico original	11
Figura 2 Diagrama de distribución del sistema de inyección electrónica J20A.....	12
Figura 3 Plano dimensional del maletín portátil	18
Figura 4 Estructura física del maletín abierto	20
Figura 5 Maletín cerrado en proceso de fabricación	20
Figura 6 Primer montaje del panel dentro del maletín portátil	22
Figura 7 Cuerpo de aceleración y sensor MAF instalado en el panel	25
Figura 8 Vista posterior del cableado durante la reorganización	26
Figura 9 Agrupación central del arnés eléctrico y puntos de conexión.....	27
Figura 10 Instalación de bisagras y herrajes en la estructura del maletín	31
Figura 11 Maletín didáctico terminado en formato cerrado	31
Figura 12 Vista interna del maletín antes del montaje final del panel	33
Figura 13 Panel frontal del portafolio con componentes principales instalados....	33
Figura 14 Zona de admisión con cuerpo de aceleración y sensor MAF instalados	34
Figura 15 Conjunto de bobinas y riel de inyectores ubicados en la zona central del panel.....	35
Figura 16 Zona de control con tablero de instrumentos, ECM y caja de fusibles y relés	36
Figura 17 Vista posterior del arnés eléctrico durante la reorganización del sistema	37
Figura 18 ECM ubicada en el panel didáctico del portafolio.....	38

Resumen

El presente trabajo de integración curricular desarrolla la reingeniería de un tablero didáctico del sistema de inyección electrónica Suzuki J20A, aplicado al Chevrolet Grand Vitara, con el fin de convertirlo en un portafolio didáctico portátil, más ordenado, seguro y fácil de transportar. El proyecto parte de un equipo recibido en formato de tablero fijo, con componentes reales como ECU, bobinas, inyectores, cuerpo de aceleración, sensores, tablero de instrumentos, conectores de diagnóstico y puntos de medición. La limitación principal del sistema original se relaciona con su tamaño, peso y baja movilidad, lo cual dificulta su uso en diferentes aulas y reduce la posibilidad de realizar prácticas fuera del laboratorio. Para resolver esta necesidad, se efectuó la adaptación física del sistema a un maletín, se reorganizó la ubicación de los elementos, se protegió el cableado y se definieron criterios de verificación eléctrica y funcional. La metodología empleada fue aplicada, descriptiva y técnica, ya que se trabajó directamente con el equipo real, con fotografías de avance, análisis del arnés y revisión de la distribución de componentes. Como resultado preliminar, se obtuvo una estructura portátil que conserva la lógica del sistema original, permite ordenar sensores y actuadores, y facilita el diagnóstico con multímetro, escáner y osciloscopio. El trabajo aporta una herramienta útil para la enseñanza de autotrónica, ya que acerca al estudiante a un sistema de inyección real, sin depender de un banco fijo pesado.

Palabras clave: inyección electrónica, portafolio didáctico, reingeniería, diagnóstico automotriz, motor J20A.

Abstract

This curricular integration project develops the reengineering of a Suzuki J20A electronic fuel injection teaching board, applied to the Chevrolet Grand Vitara, in order to transform it into a portable didactic portfolio that is safer, more organized, and easier to transport. The project starts from an original fixed board that includes real components such as the ECU, ignition coils, injectors, throttle body, sensors, instrument cluster, diagnostic connector, and measuring points. The main limitation of the original system is related to its size, weight, and low mobility, which makes it difficult to use in different classrooms and limits practical activities outside the laboratory. To solve this need, the system was physically adapted into a case, the components were reorganized, the wiring was protected, and electrical and functional verification criteria were defined. The methodology used was applied, descriptive, and technical, because the work was carried out directly on the real equipment, using progress photographs, harness analysis, and component distribution review. As a preliminary result, a portable structure was obtained, preserving the original logic of the system, allowing sensors and actuators to be organized, and facilitating diagnosis with a multimeter, scanner, and oscilloscope. This work contributes a useful tool for autotronics education, since it brings students closer to a real electronic injection system without depending on a heavy fixed bench.

Keywords: electronic fuel injection, didactic portfolio, reengineering, automotive diagnosis, J20A engine.

Introducción

La formación en ingeniería automotriz exige que el estudiante relacione la teoría con la práctica, sobre todo en los sistemas electrónicos del vehículo, porque la mayoría de fallas actuales no se explican solo desde la mecánica, también dependen de señales, sensores, actuadores, módulos de control y comunicación de diagnóstico. En este contexto, los tableros didácticos cumplen una función importante, ya que permiten observar el funcionamiento de un sistema real fuera del vehículo, con mayor seguridad y con acceso a puntos de medición.

El sistema de inyección electrónica del Chevrolet Grand Vitara con motor Suzuki J20A es un recurso adecuado para este tipo de aprendizaje, debido a que integra elementos representativos de la gestión electrónica del motor, como sensores de temperatura, flujo de aire, posición del acelerador, inyectores, bobinas, ECU, cuerpo de aceleración y conector de diagnóstico. Estos componentes trabajan en conjunto para controlar la mezcla aire combustible, el encendido y el ralentí, por esta razón, su estudio ayuda a comprender la lógica de operación de un motor moderno.

El equipo recibido por la Universidad se encontraba montado en un tablero didáctico de gran tamaño, este formato permitía observar los elementos, pero presentaba limitaciones de movilidad, almacenamiento y manipulación. Al ser un tablero fijo, resultaba poco práctico trasladarlo entre aulas, laboratorios o espacios de demostración, además, el cableado quedaba expuesto a movimientos, golpes y desconexiones accidentales. Esta situación reducía la vida útil del recurso y dificultaba la organización de prácticas con grupos de estudiantes.

Frente a esta necesidad, el presente trabajo propone la reingeniería del tablero original hacia un portafolio didáctico portátil. La idea principal no es cambiar la función electrónica del sistema, sino conservarla dentro de una estructura más compacta, ordenada y fácil de transportar. Para ello, se aprovechan los componentes originales y se redistribuyen

en un maletín fabricado para el proyecto, con espacios para ubicar el panel, proteger el arnés y permitir futuras mediciones.

La importancia del proyecto se encuentra en su valor práctico, porque permite contar con una herramienta de enseñanza que puede ser usada dentro y fuera del laboratorio. Además, al mantener componentes reales del vehículo, el estudiante puede practicar diagnóstico de manera más cercana a la realidad del taller, sin necesidad de trabajar directamente sobre un vehículo completo. Esto favorece el aprendizaje de señales, continuidad, alimentación, tierra, activación de actuadores y lectura de datos mediante instrumentos de medición.

El documento se organiza en cuatro capítulos. El primer capítulo presenta el problema, los objetivos, la justificación y las delimitaciones. El segundo capítulo desarrolla el marco referencial, con los conceptos técnicos necesarios para entender el sistema de inyección y la utilidad de un módulo didáctico. El tercer capítulo explica la metodología utilizada para el rediseño físico y eléctrico del portafolio. Finalmente, el cuarto capítulo analiza el avance del proyecto, la integración de los componentes y los criterios que deben cumplirse para validar el funcionamiento del sistema.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema

Reingeniería y desarrollo de un portafolio didáctico para la enseñanza y diagnóstico del sistema de inyección electrónica del Chevrolet Grand Vitara, motor J20A.

1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

La enseñanza de los sistemas de inyección electrónica requiere equipos que permitan observar, medir y diagnosticar señales reales, porque la gestión del motor depende de una unidad de control que recibe información de sensores y activa actuadores, de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor. Los textos técnicos de gestión electrónica señalan que la ECU interpreta señales de entrada, como temperatura, flujo de aire, posición del acelerador y régimen de giro, y con esa información controla la inyección y el encendido, por lo tanto, el aprendizaje práctico necesita acceso claro a esos elementos (Robert Bosch GmbH, 2006); (Denton, 2018).

El tablero didáctico original del sistema Suzuki J20A cumple con la función de mostrar los componentes, sin embargo, su formato físico genera dificultades, porque es pesado, ocupa mucho espacio y no se traslada con facilidad a diferentes aulas. En la práctica, esto hace que las demostraciones dependan del lugar donde se encuentre el tablero, y también aumenta el riesgo de que los cables se golpeen, se doblen o se desconecten durante el movimiento. La problemática no se centra en que los componentes no funcionen, sino en que el formato del equipo limita su uso pedagógico, su orden y su conservación.

En la educación de ingeniería, las actividades basadas en proyectos y laboratorios prácticos ayudan a que el estudiante desarrolle habilidades reales, especialmente cuando manipula sistemas, analiza fallas y toma decisiones técnicas con base en evidencias. La literatura sobre aprendizaje basado en proyectos indica que estas metodologías fortalecen la aplicación de conocimientos y la resolución de problemas en contextos cercanos a la

práctica profesional (Lavado-Anguera, Velasco-Quintana, & Terrón-López, 2024). Por esta razón, un recurso portátil de inyección electrónica tiene valor formativo, ya que convierte un tablero estático en una herramienta más flexible y accesible.

1.2.1 Planteamiento del problema

El sistema de inyección electrónica del motor J20A integra sensores, actuadores, alimentación, tierras, líneas de señal y unidad de control. Para que el estudiante comprenda su funcionamiento, necesita identificar cada elemento, relacionarlo con el diagrama eléctrico y comprobar sus señales con instrumentos de medición. Cuando el sistema está instalado en un tablero fijo de gran tamaño, el proceso de enseñanza se vuelve menos dinámico, porque el docente no puede trasladarlo con facilidad y el estudiante no siempre tiene acceso cómodo a los puntos de prueba.

El problema se evidencia en tres aspectos principales. Primero, existe una limitación de portabilidad, porque el tablero no puede moverse de manera sencilla entre espacios académicos. Segundo, existe una limitación de protección, porque parte del cableado queda expuesto y puede deteriorarse con el uso. Tercero, existe una limitación didáctica, porque la distribución original no siempre facilita el seguimiento ordenado de las conexiones. En consecuencia, se requiere una reingeniería que conserve el sistema real, pero que lo adapte a un maletín portátil, con mejor distribución, protección y acceso para diagnóstico.

1.2.2 Formulación del problema

¿De qué manera la reingeniería de un tablero didáctico fijo hacia un portafolio portátil mejora la enseñanza práctica y el diagnóstico del sistema de inyección electrónica del Chevrolet Grand Vitara con motor J20A?

1.2.3 Sistematización del problema

- ¿Qué componentes electrónicos del sistema de inyección J20A deben conservarse para mantener la función didáctica del equipo?

- ¿Cómo se organiza la distribución física del sistema dentro de un maletín portátil sin alterar la lógica del cableado original?
- ¿Qué puntos de medición y criterios de verificación permiten comprobar el funcionamiento básico del portafolio didáctico?
- ¿Qué ventajas didácticas ofrece el nuevo formato portátil frente al tablero fijo recibido por la Universidad?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un portafolio didáctico portátil para la enseñanza y diagnóstico del sistema de inyección electrónica del Chevrolet Grand Vitara con motor J20A, mediante la reingeniería del tablero original, la reorganización de sus componentes y la protección del cableado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los componentes electrónicos del sistema de inyección J20A que forman parte del tablero didáctico original.
- Diseñar la distribución física del portafolio didáctico, considerando espacio, portabilidad, orden, seguridad y acceso a puntos de medición.
- Reorganizar el arnés eléctrico y los elementos de control dentro del maletín, manteniendo la lógica del sistema original.
- Establecer criterios de verificación eléctrica y funcional para comprobar la operación básica del sistema didáctico.

1.4 Justificación y delimitación de la investigación

La investigación se justifica porque mejora un recurso existente y lo transforma en una herramienta más útil para la formación en autotrónica. En lugar de construir un sistema completamente nuevo, se aprovechan componentes reales del tablero original, lo cual reduce costos y permite conservar una experiencia de diagnóstico cercana a la de un vehículo real. Este enfoque es importante dentro de la enseñanza automotriz, porque los

sistemas electrónicos del vehículo requieren medición, interpretación de señales y comprensión de la relación entre sensores, ECU y actuadores (Bosch, 2022); (Halderman, 2020).

1.4.1 Justificación teórica

Desde el punto de vista teórico, el proyecto relaciona los principios de inyección electrónica con la arquitectura de control de un motor de combustión interna. La ECU recibe señales, procesa datos y activa los inyectores y bobinas, por lo que el estudiante debe comprender la función de cada elemento y la manera en que se comunica con el sistema. El portafolio didáctico permite observar esta relación en un solo conjunto, y ayuda a unir conceptos de electricidad automotriz, sensores, actuadores y diagnóstico electrónico (Denton, 2018); (Robert Bosch GmbH, 2006)

1.4.2 Justificación metodológica

Desde el punto de vista metodológico, el proyecto aplica un proceso ordenado de revisión, desmontaje, distribución, armado y verificación. Esta secuencia permite documentar el cambio del tablero fijo al maletín portátil, y sirve como guía para proyectos similares de reingeniería de bancos didácticos. Además, el uso de fotografías de avance y tablas de control facilita la revisión del proceso, porque cada etapa queda relacionada con una evidencia física del proyecto.

1.4.3 Justificación práctica

Desde el punto de vista práctico, el portafolio facilita el traslado del sistema, mejora el orden de los componentes y permite que las prácticas se realicen en espacios más reducidos. También ayuda a proteger el cableado, porque el arnés queda ubicado dentro de una estructura cerrada, con menor exposición a golpes o movimientos. De esta manera, la Universidad cuenta con una herramienta que puede apoyar clases, demostraciones y actividades de diagnóstico sin depender de un banco fijo.

1.4.4 Delimitación temporal

El desarrollo del proyecto se realiza entre marzo y septiembre de 2026. Este periodo comprende la revisión del tablero original, el desmontaje de componentes, la fabricación del maletín, el montaje del panel y la verificación inicial del sistema.

1.4.5 Delimitación geográfica

La investigación se realiza en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, dentro del entorno académico de la Universidad Internacional del Ecuador, principalmente en el área vinculada a la carrera de Ingeniería Automotriz y al laboratorio de autotrónica.

1.4.6 Delimitación del contenido

El trabajo se limita al sistema de inyección electrónica del motor J20A, con énfasis en la adaptación didáctica de sensores, actuadores, ECU, tablero de instrumentos, conectores y puntos de medición. No se incluye la reparación interna de la ECU, ni el análisis mecánico del motor completo, ni la construcción de un motor funcional con combustión. El alcance principal es la reingeniería del recurso didáctico, su portabilidad y su utilidad para diagnóstico eléctrico y electrónico.

Capítulo II

Marco referencial

2.1 Marco teórico

El marco teórico reúne los conceptos necesarios para comprender el sistema de inyección electrónica del motor J20A y la importancia de convertirlo en un recurso didáctico portátil. Para este proyecto se consideran tres ideas principales, primero, la gestión electrónica del motor, segundo, la función de sensores y actuadores, y tercero, la utilidad de los módulos didácticos para el aprendizaje práctico. La electrónica automotriz moderna se basa en la medición de variables físicas, el procesamiento de señales y la activación de elementos de salida, por esta razón, un equipo didáctico debe permitir ver y medir esa relación (Bosch, 2022); (Denton, 2018).

2.1.1 Conceptos preliminares

La inyección electrónica es un sistema de control que administra la cantidad de combustible que ingresa al motor, de acuerdo con las condiciones de operación. A diferencia de sistemas antiguos, el control no depende únicamente de elementos mecánicos, sino de señales eléctricas que llegan a una unidad de control. Esta unidad, conocida como ECU, procesa la información y envía órdenes a los actuadores para controlar el funcionamiento del motor (Robert Bosch GmbH, 2006).

En un sistema didáctico, los conceptos más importantes son alimentación, tierra, señal, referencia de 5 voltios, activación de actuadores y comunicación de diagnóstico. Estos conceptos permiten que el estudiante comprenda por qué un sensor no solo se observa físicamente, también debe comprobarse con instrumentos. De igual manera, un actuador no solo se identifica por su forma, sino por la respuesta que produce cuando recibe una orden de la ECU.

2.1.3 Componentes electrónicos del sistema de inyección

El sistema de inyección electrónica se organiza en componentes de entrada, unidad de control y componentes de salida. Los componentes de entrada corresponden principalmente a sensores, porque informan a la ECU sobre las condiciones del motor. La unidad de control interpreta esas señales y decide el tiempo de inyección, el avance de encendido y otras estrategias de control. Los componentes de salida son actuadores, como inyectores, bobinas y válvulas, que ejecutan las órdenes de la ECU (Denton, 2018); (Halderman, 2020)

La Tabla 1 resume los componentes principales que se consideran dentro del portafolio didáctico, de esta manera, se puede relacionar cada elemento con su función y con el tipo de práctica que permite realizar. Esta organización facilita que el estudiante no memorice piezas de forma aislada, sino que entienda el sistema como un conjunto de señales y respuestas.

Tabla 1

Componentes principales del sistema de inyección electrónica

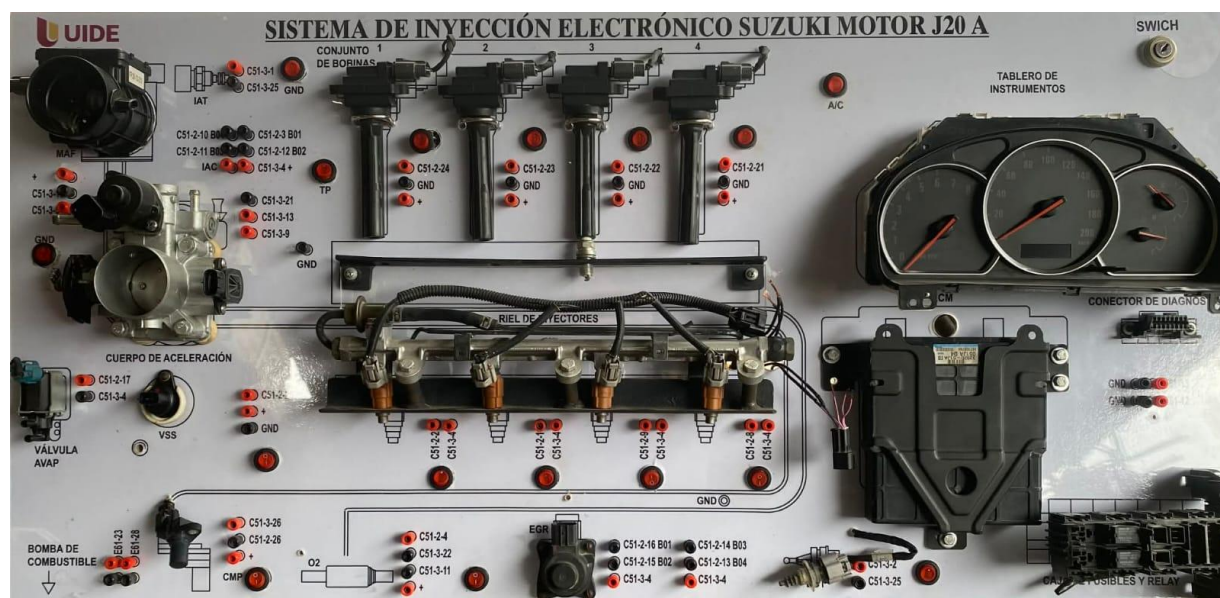
Componente	Función principal	Uso didáctico dentro del portafolio
ECU	Procesa señales de sensores y controla actuadores.	Permite explicar la lógica de control y la comunicación de diagnóstico.
Sensor MAF/IAT	Mide el flujo de aire y la temperatura de admisión.	Permite verificar alimentación, tierra y señal de entrada.
TPS / cuerpo de aceleración	Informa la posición de apertura del acelerador.	Permite relacionar movimiento mecánico con variación de voltaje.
Inyectores	Pulverizan combustible según el pulso enviado por la ECU.	Permiten analizar activación, pulsos y continuidad eléctrica.
Bobinas de encendido	Generan la chispa para la combustión.	Permiten estudiar activación y control de encendido.
Conector de diagnóstico	Permite acceso a datos y códigos de falla.	Facilita prácticas con escáner automotriz.
Tablero de instrumentos	Muestra información del sistema y señales de advertencia.	Ayuda a observar respuestas visibles del sistema.

Nota. La tabla organiza los elementos de acuerdo con su función dentro del sistema y su utilidad en prácticas de diagnóstico.

Además de los componentes físicos, el proyecto conserva la referencia visual del diagrama del tablero. En la figura 2 se aprecia la distribución gráfica del sistema, la cual sirve como guía para ubicar sensores, actuadores, conectores y puntos de medición dentro del nuevo formato portátil.

Figura 2

Sistema de inyección electrónico Suzuki Motor J20A en tablero didáctico original



2.1.4 Reingeniería aplicada a equipos didácticos automotrices

La reingeniería consiste en analizar un sistema existente y modificar su diseño para mejorar su utilidad, sin perder su función principal. En este caso, el sistema original ya cumple una función didáctica, pero su forma física no responde completamente a las necesidades actuales de movilidad y protección. Por eso, la reingeniería se orienta a cambiar la estructura del tablero, reducir el volumen del equipo y mejorar el orden del cableado.

En equipos didácticos automotrices, la reingeniería no debe alterar la lógica del sistema, porque el objetivo es que el estudiante practique con conexiones y componentes reales. Por esta razón, el nuevo portafolio mantiene sensores, actuadores y ECU, pero

cambia la forma de presentación. El resultado esperado es una herramienta más fácil de transportar, almacenar y usar durante las clases, sin perder la posibilidad de diagnóstico.

2.1.5 Diseño y desarrollo de módulos didácticos portátiles

Los módulos didácticos portátiles permiten llevar el aprendizaje práctico a diferentes espacios. Su diseño se relaciona con criterios de ergonomía, seguridad, protección eléctrica, facilidad de acceso y claridad visual. En ingeniería, los proyectos prácticos ayudan a que los estudiantes desarrollen competencias reales, porque obligan a planificar, construir, probar y corregir, no solo a repetir información teórica (Lavado-Anguera, Velasco-Quintana, & Terrón-López, 2024); (Ghannam & Chan, 2021)

Un módulo portátil de inyección electrónica debe mantener una distribución clara, porque el estudiante necesita seguir el recorrido de las señales desde el sensor hasta la ECU y desde la ECU hasta el actuador. También debe permitir que los instrumentos se conecten de manera segura, evitando cortocircuitos y manipulaciones innecesarias del arnés principal. Por esta razón, el diseño del maletín se plantea con una base para el panel, un espacio interno para el cableado y una estructura que protege el sistema cuando está cerrado.

2.1.6 Diagnóstico del sistema de inyección electrónica mediante herramientas de medición

El diagnóstico del sistema de inyección electrónica se apoya en herramientas como multímetro, escáner y osciloscopio. El multímetro permite comprobar voltajes, continuidad, resistencia y tierras. El escáner permite revisar códigos de falla y datos de operación cuando el sistema de diagnóstico está activo. El osciloscopio permite observar formas de onda, pulsos de inyección y señales variables en el tiempo. Estas herramientas ayudan a que el estudiante analice el comportamiento real del sistema y no solo su ubicación física (Denton, 2018); (Halderman, 2020).

Dentro del portafolio didáctico, los puntos de medición deben estar organizados para que el estudiante pueda realizar comprobaciones sin dañar conectores originales. Este aspecto es importante, porque muchas fallas en sistemas electrónicos aparecen por falsos contactos, tierras deficientes, pérdida de alimentación o señales fuera de rango. Por eso, el diseño del equipo debe combinar orden, seguridad y facilidad de medición.

También se considera el conector de diagnóstico, porque este permite relacionar el portafolio con la lectura de fallas y con la comunicación OBD del sistema, manteniendo una referencia compatible con la distribución de pines usada en diagnóstico automotriz (SAE International, 2016).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Reingeniería

La reingeniería es el proceso de rediseñar un sistema existente para mejorar su desempeño, su uso o su adaptación a una nueva necesidad. En este proyecto, la reingeniería no cambia la finalidad del tablero, sino su forma física y su organización, con el objetivo de convertirlo en un equipo portátil.

2.2.2 Portafolio didáctico portátil

El portafolio didáctico portátil es una estructura tipo maletín que contiene componentes reales de un sistema automotriz y que permite transportar, proteger y utilizar el equipo en actividades de enseñanza. Su valor se encuentra en que facilita la práctica fuera de un banco fijo, y permite que el docente lleve el sistema a distintos espacios de clase.

2.2.3 Arquitectura electrónica y distribución física

La arquitectura electrónica es la relación entre sensores, ECU, actuadores, alimentación y comunicación. La distribución física es la manera en que esos elementos se colocan dentro del maletín. En un módulo didáctico, ambos aspectos deben trabajar juntos, porque una buena ubicación física ayuda a comprender la arquitectura del sistema.

2.2.4 Diagramas eléctricos y cableado original

Los diagramas eléctricos representan las conexiones entre los elementos del sistema. En este proyecto sirven como guía para conservar la lógica del cableado original y evitar conexiones erróneas durante el traslado al maletín. El cableado original es importante porque mantiene la relación real entre pines, sensores y actuadores, ver anexo 1.

2.2.5 Enseñanza y diagnóstico práctico

La enseñanza y diagnóstico práctico se entiende como el aprendizaje mediante la manipulación de componentes reales, la medición de señales y la interpretación de resultados. En este caso, el portafolio permite que el estudiante observe el sistema, mida sus señales y relacione cada componente con una función específica dentro de la gestión electrónica del motor.

Capítulo III

Metodología

La metodología del proyecto se desarrolló a partir del equipo real recibido, de la necesidad de hacerlo portátil y de la revisión del estado físico de los componentes. A diferencia de una investigación únicamente documental, este trabajo se apoyó en actividades de diseño, adaptación, armado y revisión del sistema. El propósito fue transformar un tablero fijo en un portafolio didáctico que conserve la función de enseñanza y diagnóstico.

3.1 Enfoque metodológico

El enfoque metodológico fue aplicado, descriptivo y técnico. Fue aplicado, porque se trabajó sobre un problema real de movilidad y uso del tablero didáctico. Fue descriptivo, porque se documentó el estado inicial, el avance de fabricación del maletín, la ubicación de componentes y la reorganización del cableado. Fue técnico, porque el proceso dependió de criterios eléctricos, de distribución física, seguridad y diagnóstico automotriz.

El trabajo se orientó a resolver una necesidad práctica de laboratorio, por eso se tomaron decisiones en función de la facilidad de transporte, el orden del sistema y la posibilidad de realizar mediciones. La metodología no buscó modificar la estrategia de control de la ECU, sino adaptar el soporte físico para que el sistema pueda usarse como recurso de enseñanza.

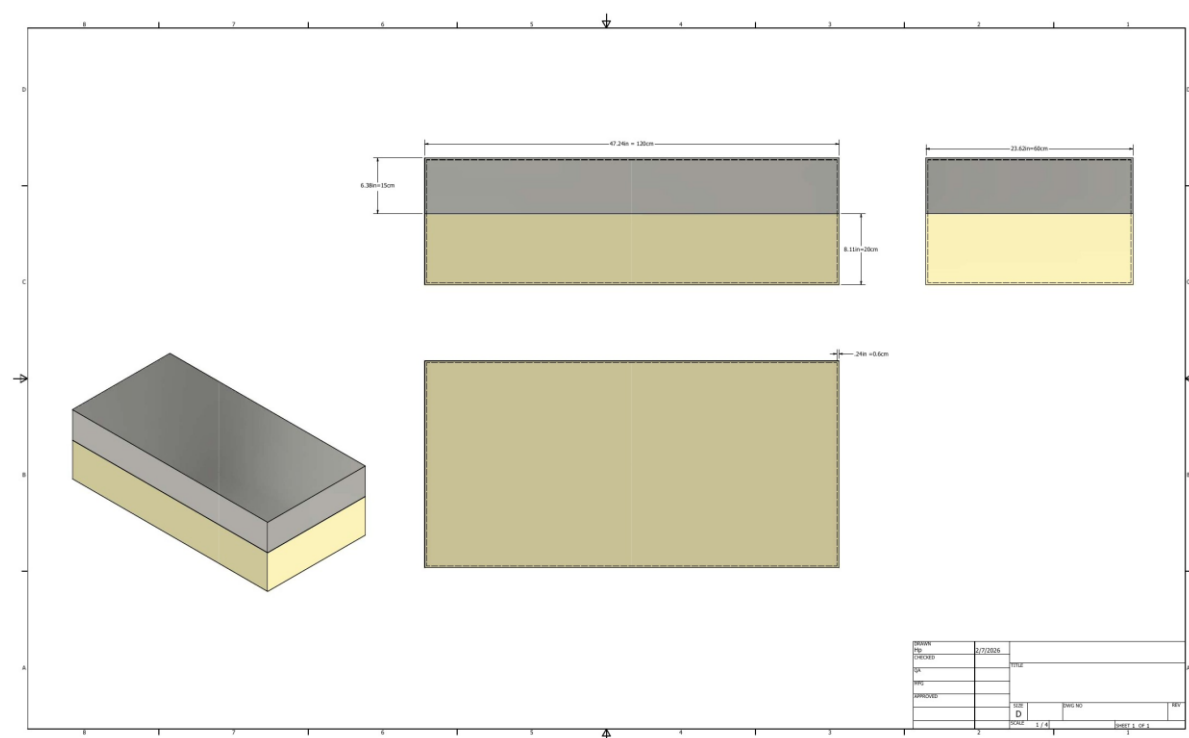
3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación corresponde a un desarrollo tecnológico de tipo aplicado. El proceso se dividió en etapas, primero se identificó el estado del tablero recibido, luego se analizó la distribución de los componentes, después se fabricó el maletín, se realizó el traslado progresivo del panel y se reorganizó el arnés eléctrico. Finalmente, se definieron criterios de verificación para revisar alimentación, tierras, continuidad y respuesta de componentes.

La Figura 3 presenta el plano dimensional del maletín, el cual sirvió como referencia para establecer el tamaño general de la estructura. Esta etapa fue necesaria antes de ubicar los componentes, porque el espacio disponible condiciona la distribución interna, el cierre del maletín y la protección del cableado.

Figura 3

Plano dimensional del maletín portátil



Fuente: Plano del proyecto.

A partir de este plano, el proyecto siguió una secuencia lógica, donde cada etapa dependió de la anterior. Primero se definió el espacio, luego se verificó la ubicación de los elementos más grandes, como cuerpo de aceleración, tablero de instrumentos y ECU, y finalmente se consideró el paso del cableado por la parte posterior del panel.

3.3 Variables de estudio

Las variables de estudio se definieron de acuerdo con el objetivo de reingeniería del tablero. No se evaluó el rendimiento de un motor en funcionamiento, sino la adaptación del

sistema didáctico, por ello las variables se relacionan con portabilidad, distribución, seguridad, accesibilidad y verificación eléctrica. La Tabla 2 presenta las variables que guían el análisis del proyecto.

Tabla 2

Variables de estudio

Variable	Tipo	Descripción	Criterio de revisión
Portabilidad	Dependiente	Facilidad para mover y almacenar el sistema.	El equipo debe transportarse como maletín.
Distribución física	Dependiente	Orden de sensores, actuadores, ECU y puntos de medición.	Los componentes deben ser visibles y accesibles.
Protección del cableado	Dependiente	Nivel de resguardo del arnés frente a golpes y manipulación.	El arnés debe quedar protegido en la parte interna.
Continuidad eléctrica	Control	Verificación de conexión entre pines y componentes.	No deben existir cables abiertos o falsos contactos.
Seguridad de uso	Control	Reducción de riesgos de corto circuito o contacto accidental.	Se deben identificar alimentación, tierra y puntos de medición.

Nota. Las variables se enfocan en la adaptación física y funcional del sistema didáctico.

3.4 Materiales, herramientas y recursos

Para ejecutar el proyecto se utilizaron los componentes originales del tablero y materiales de fabricación para el maletín. También se requirieron herramientas manuales y de comprobación eléctrica, ya que el trabajo no consistió únicamente en ensamblar una estructura, también fue necesario revisar el cableado, ordenar terminales y preparar puntos de medición. La Tabla 3 resume los principales recursos utilizados.

Tabla 3

Materiales, herramientas y recursos utilizados

Recurso	Uso dentro del proyecto	Observación
Tablero didáctico original	Base de componentes y diagrama del sistema.	Se conservan sensores, actuadores, ECU y conectores.
Maletín de madera/MDF	Estructura portátil para contener el sistema.	Permite cerrar y proteger el panel.
Arnés eléctrico original	Conexión entre sensores, actuadores y ECU.	Se reorganiza para adaptarlo al nuevo espacio.
Terminales y conectores	Unión de cables y puntos de prueba.	Deben quedar firmes e identificados.
Multímetro	Medición de continuidad, voltaje y tierra.	Herramienta básica de

Cinta aislante y protección de arnés	Aislamiento y agrupación de cables.	verificación.
Taladro, esmeril y herramientas manuales	Corte, perforación y ajuste de la estructura.	Ayuda a mejorar el orden y la seguridad.
		Usadas durante la fabricación y montaje.

Nota. Los recursos se seleccionaron de acuerdo con la disponibilidad del proyecto y la necesidad de mantener bajo costo.

La estructura del maletín se fabricó con una base amplia y una tapa que permite proteger el panel cuando no está en uso. En la Figura 4 se observa el maletín abierto durante el proceso de construcción, antes de la instalación completa de todos los elementos del sistema.

Figura 4

Estructura física del maletín abierto



Fuente: Fotografía del proceso de fabricación.

La tapa y la base cumplen una función importante, porque permiten que el equipo se transporte cerrado, y que al abrirse funcione como soporte de visualización. La Figura 5 muestra el maletín cerrado en proceso de fabricación, donde se aprecia la idea de convertir el tablero en un conjunto más compacto.

Figura 5

Maletín cerrado en proceso de fabricación



Fuente: Fotografía del proceso de fabricación.

3.5 Procedimiento de reingeniería

El procedimiento se organizó en etapas para evitar daños en el sistema original. En cada etapa se observó la ubicación de los elementos, se verificó el espacio disponible y se revisó que el cableado no quede forzado. La Tabla 4 resume el procedimiento seguido durante la adaptación del tablero al portafolio didáctico.

Tabla 4

Etapas de reingeniería del tablero al portafolio

Etapas	Actividad realizada	Resultado esperado
1. Revisión inicial	Observación del tablero original, componentes y puntos de conexión.	Identificar qué elementos deben conservarse.
2. Diseño del maletín	Definición de medidas, base, tapa y espacio interno.	Contar con una estructura portátil adecuada.
3. Preparación del panel	Ubicación del diagrama y revisión de los puntos de montaje.	Mantener una lectura clara del sistema.
4. Traslado de componentes	Instalación de cuerpo de aceleración, tablero, ECU y demás elementos.	Conservar la relación visual del tablero original.
5. Reorganización del arnés	Agrupación, protección e identificación de cables.	Reducir desorden y riesgo de daño.
6. Verificación	Revisión de continuidad, alimentación y tierras antes de energizar.	Comprobar que no existan fallas básicas de conexión.

Nota. La secuencia permite avanzar de forma ordenada, sin perder la lógica del sistema original.

En el montaje inicial se colocó el panel dentro del maletín, conservando la referencia gráfica del sistema. En la Figura 6 se observa el primer montaje, donde todavía no se encuentran instalados todos los componentes, pero ya se aprecia el cambio de un tablero vertical a una estructura tipo portafolio.

Figura 6

Primer montaje del panel dentro del maletín portátil



Durante el traslado de los componentes se mantuvo la ubicación de los elementos principales de manera similar al diagrama, porque esto ayuda a que el estudiante pueda identificar cada parte sin confundirse. Sin embargo, se ajustaron las posiciones de acuerdo con la profundidad del maletín, el espacio de la tapa y la salida del arnés hacia la parte posterior.

3.6 Consideraciones de seguridad

Las consideraciones de seguridad se enfocaron en evitar cortocircuitos, falsos contactos y manipulación innecesaria del cableado. Antes de energizar el sistema, se debe comprobar continuidad, aislamiento básico, polaridad de alimentación y conexión a tierra. Además, los puntos de medición deben estar identificados para que el estudiante no conecte instrumentos en zonas incorrectas.

El portafolio debe usarse con alimentación controlada y bajo supervisión del docente o encargado del laboratorio. Aunque el sistema trabaja con baja tensión automotriz, una conexión incorrecta puede generar cortocircuitos, daño en sensores o falla en la ECU.

Capítulo IV

Desarrollo y análisis de resultados preliminares

En este capítulo se describe el avance del proyecto a partir de las evidencias fotográficas y de la reorganización física del sistema. Los resultados presentados son preliminares, porque el equipo aún requiere pruebas finales de continuidad, alimentación y respuesta de actuadores antes de considerarse completamente terminado. Sin embargo, el proceso ya permite analizar el cambio del tablero fijo hacia un portafolio didáctico portátil.

4.1 Estado inicial del tablero didáctico

El tablero inicial presentaba una distribución amplia de los componentes, con el panel gráfico al frente y el cableado ubicado por detrás. Esta configuración permitía observar el sistema de manera general, pero no era práctica para transporte. El tamaño del tablero obligaba a manipularlo entre varias personas, y el cableado quedaba expuesto a movimientos durante cualquier traslado. Esta condición justificó el rediseño físico del equipo.

El análisis del estado inicial permitió confirmar que el proyecto no necesitaba fabricar un sistema desde cero, sino reubicar los componentes existentes. Esta decisión redujo la complejidad del trabajo, porque se aprovechó el tablero original, el diagrama impreso y los componentes reales, pero también exigió cuidado para no perder conexiones durante el desmontaje.

4.2 Diseño físico del portafolio

El diseño físico del portafolio respondió a la necesidad de proteger y transportar el sistema. La estructura tipo maletín permite cerrar el equipo cuando no se utiliza, y abrirlo para que el panel quede visible durante la práctica. Esta solución mejora la movilidad, reduce el espacio de almacenamiento y permite que el docente lleve el recurso a diferentes áreas de clase.

El cambio de formato representa una mejora importante frente al tablero original. En el tablero fijo, el equipo depende de un soporte grande, mientras que en el maletín se

concentra el sistema en una estructura más compacta. Esto no solo mejora la portabilidad, también ayuda a cuidar los componentes cuando el equipo se guarda después de una práctica.

4.3 Distribución de componentes y reorganización del sistema

La distribución de componentes se realizó considerando el tamaño de cada elemento y su función dentro del sistema. Los componentes más grandes, como el cuerpo de aceleración, el tablero de instrumentos y la ECU, requieren una ubicación estable, porque soportan conectores y cables. Los sensores y actuadores más pequeños se ubican de manera que el estudiante pueda identificarlos y medirlos sin desarmar el equipo.

El cuerpo de aceleración y el sensor MAF son elementos importantes en la zona de admisión, porque permiten explicar la relación entre aire, posición del acelerador y señales enviadas a la ECU. En la Figura 7 se observa el montaje del cuerpo de aceleración en el panel, lo cual ayuda a que el estudiante relacione la pieza real con el diagrama impreso del sistema.

Figura 7

Cuerpo de aceleración y sensor MAF instalado en el panel



La ubicación de los elementos debe permitir la lectura del diagrama, pero también debe evitar que los cables queden tensos. Por esta razón, el montaje se realizó con revisión constante de la parte posterior del panel, ya que ahí se encuentra la mayor concentración del arnés eléctrico y los puntos de conexión.

4.4 Integración del arnés eléctrico

La integración del arnés eléctrico fue una de las etapas más delicadas del proyecto. En la parte posterior del panel se encuentran uniones, terminales, cables de alimentación, cables de tierra y líneas de señal. Si estos cables no se organizan correctamente, pueden aparecer falsos contactos, confusión durante el diagnóstico o daños en los conectores. La Figura 8 muestra la vista posterior durante el proceso de reorganización.

Figura 8

Vista posterior del cableado durante la reorganización

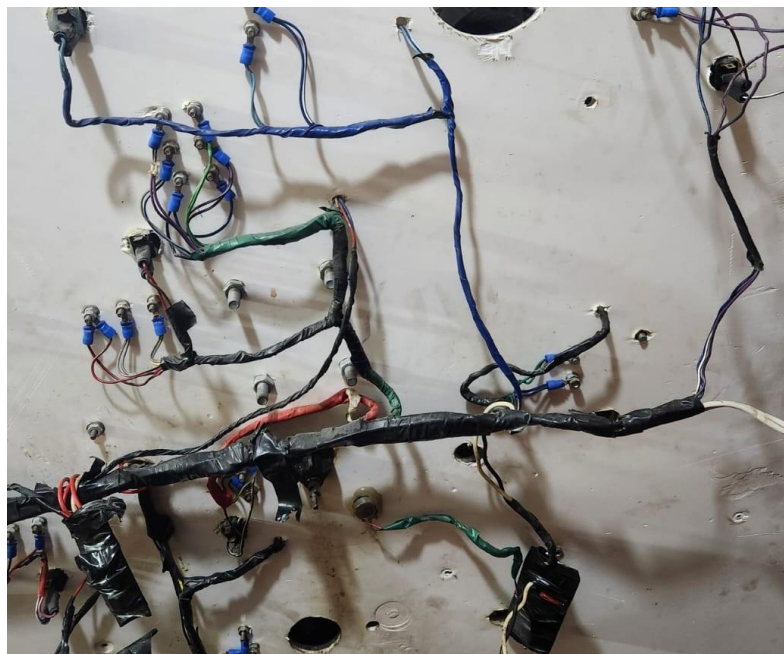


El arnés se agrupó por zonas para evitar que los cables queden sueltos y para facilitar su seguimiento. En el centro del panel se observa una concentración de conductores

que deben ser protegidos y asegurados, como se muestra en la Figura 9. Esta zona requiere especial atención, porque reúne conexiones que alimentan diferentes partes del sistema.

Figura 9

Agrupación central del arnés eléctrico y puntos de conexión



El orden del arnés también tiene valor didáctico, porque un cableado más claro permite explicar de mejor manera la relación entre alimentación, tierra y señal. Además, facilita el mantenimiento del equipo, ya que cualquier revisión posterior puede realizarse sin desmontar todos los componentes del portafolio.

4.5 Pruebas funcionales consideradas

Las pruebas funcionales consideradas se plantean antes de energizar el sistema de manera completa. Esta decisión es necesaria para proteger la ECU y los sensores. La primera verificación corresponde a continuidad, la segunda a polaridad de alimentación, la tercera a tierras y la cuarta a presencia de señales de referencia. Luego de estas revisiones, se puede avanzar a pruebas con escáner, lectura de datos y observación de activación de actuadores.

La Tabla 5 presenta los criterios de verificación que deben aplicarse al portafolio. Estos criterios no reemplazan el manual de taller, pero sirven como una guía inicial para revisar el estado del montaje y evitar fallas básicas durante la primera energización.

Tabla 5

Criterios de verificación eléctrica y funcional

Prueba	Instrumento	Criterio esperado	Observación
Continuidad de cableado	Multímetro	Continuidad entre pin y componente correspondiente.	Realizar antes de conectar alimentación.
Alimentación principal	Multímetro	Presencia de 12 V en líneas de alimentación definidas.	Usar fusible de protección.
Tierras del sistema	Multímetro	Baja resistencia entre tierra del sistema y negativo.	Revisar puntos GND del panel.
Referencia de sensores	Multímetro	Presencia de referencia de 5 V cuando aplique.	No forzar sensores sin confirmar pines.
Comunicación de diagnóstico	Escáner automotriz	Reconocimiento de la ECU o lectura de datos.	Aplicar después de revisar alimentación.
Señal de actuadores	Osciloscopio o lámpara de prueba adecuada	Pulso de activación en inyectores o bobinas, si el sistema lo permite.	No usar cargas que puedan dañar la ECU.

Nota. Verificados de manera progresiva.

4.6 Análisis didáctico del portafolio

Desde el punto de vista didáctico, el portafolio mejora la forma en que se presenta el sistema de inyección. El estudiante puede observar los componentes reales, seguir el diagrama impreso, ubicar puntos de medición y relacionar las señales con la función de cada pieza. Esta ventaja es importante porque permite explicar fallas comunes, como pérdida de alimentación, sensor sin tierra, señal fuera de rango o actuador sin activación.

La Tabla 6 compara el estado del tablero antes y después de la reingeniería. La comparación muestra que el principal beneficio no se encuentra en aumentar la complejidad del sistema, sino en hacerlo más útil, ordenado y transportable para el proceso de enseñanza.

Tabla 6*Comparación general del sistema antes y después de la reingeniería*

Aspecto evaluado	Tablero original	Portafolio didáctico portátil
Movilidad	Difícil traslado por tamaño y peso.	Traslado más práctico en formato maletín.
Protección	Componentes y cables más expuestos.	Mayor protección al cerrarse el maletín.
Orden del sistema	Distribución amplia, con cables visibles detrás.	Distribución compacta y cableado agrupado.
Uso en aula	Depende del lugar donde se encuentre el tablero.	Puede llevarse a diferentes espacios de enseñanza.
Diagnóstico	Permite mediciones, pero con menor comodidad.	Facilita acceso planificado a puntos de medición.
Almacenamiento	Ocupa más espacio físico.	Puede almacenarse de forma más compacta.

Nota. La comparación resume los beneficios esperados de la adaptación, según el avance físico observado.

En conjunto, los resultados preliminares muestran que la reingeniería del equipo es viable. El tablero original se transforma en una herramienta más compacta, el panel mantiene la referencia visual del sistema y el arnés puede reorganizarse dentro del maletín. Aún es necesario completar la verificación eléctrica final, pero el avance físico ya responde al objetivo principal del proyecto.

4.7 Avance final del montaje físico del portafolio

Con las fotografías finales se evidencia que el proyecto avanzó desde una estructura tipo caja hacia un maletín didáctico con mejor presentación, mayor protección y facilidad de transporte. En esta etapa se colocaron perfiles de aluminio, cantoneras, bisagras, cerradura y refuerzos, estos elementos ayudan a que el equipo pueda cerrarse y abrirse sin que el panel quede expuesto durante el traslado.

El montaje de los herrajes se realizó de manera progresiva, verificando que las uniones queden firmes y que la tapa pueda sostener el peso del panel. En la Figura 10 se observa la instalación de la bisagra principal, la cual permite unir la base con la tapa y conservar el movimiento de apertura del portafolio.

Figura 10

Instalación de bisagras y herrajes en la estructura del maletín



Después de instalar las bisagras, cantoneras y perfiles laterales, el maletín adquiere una estructura más rígida y segura. La Figura 11 muestra el portafolio en posición cerrada, donde se aprecia que el sistema ya no depende de un tablero fijo, sino de una estructura transportable, más cercana a un equipo de práctica portátil.

Figura 11

Maletín didáctico terminado en formato cerrado



La parte interna del maletín se preparó para recibir el panel frontal y el arnés eléctrico. En la Figura 12 se observa el espacio interno disponible, este espacio permite alojar el sistema y también protege el cableado posterior cuando el portafolio está cerrado.

Figura 12

Vista interna del maletín antes del montaje final del panel



4.8 Montaje final de componentes sobre el panel

El montaje final del panel se realizó conservando la relación entre el diagrama impreso y los componentes reales. Esta decisión es importante, porque el estudiante puede identificar el símbolo del sistema, observar el componente físico y luego ubicar sus puntos de medición. En la Figura 13 se presenta una vista general del panel ya instalado dentro del maletín, donde se observan las bobinas, el riel de inyectores, el cuerpo de aceleración, la ECU, el tablero de instrumentos y la caja de fusibles y relés.

Figura 13

Panel frontal del portafolio con componentes principales instalados



En la zona izquierda del panel se ubicaron los elementos relacionados con la admisión de aire. El cuerpo de aceleración, el sensor MAF, la válvula AVAP y sus puntos de prueba se colocaron de forma visible, como se muestra en la Figura 14, de esta manera el usuario puede relacionar la entrada de aire con las señales que recibe la ECU.

Figura 14

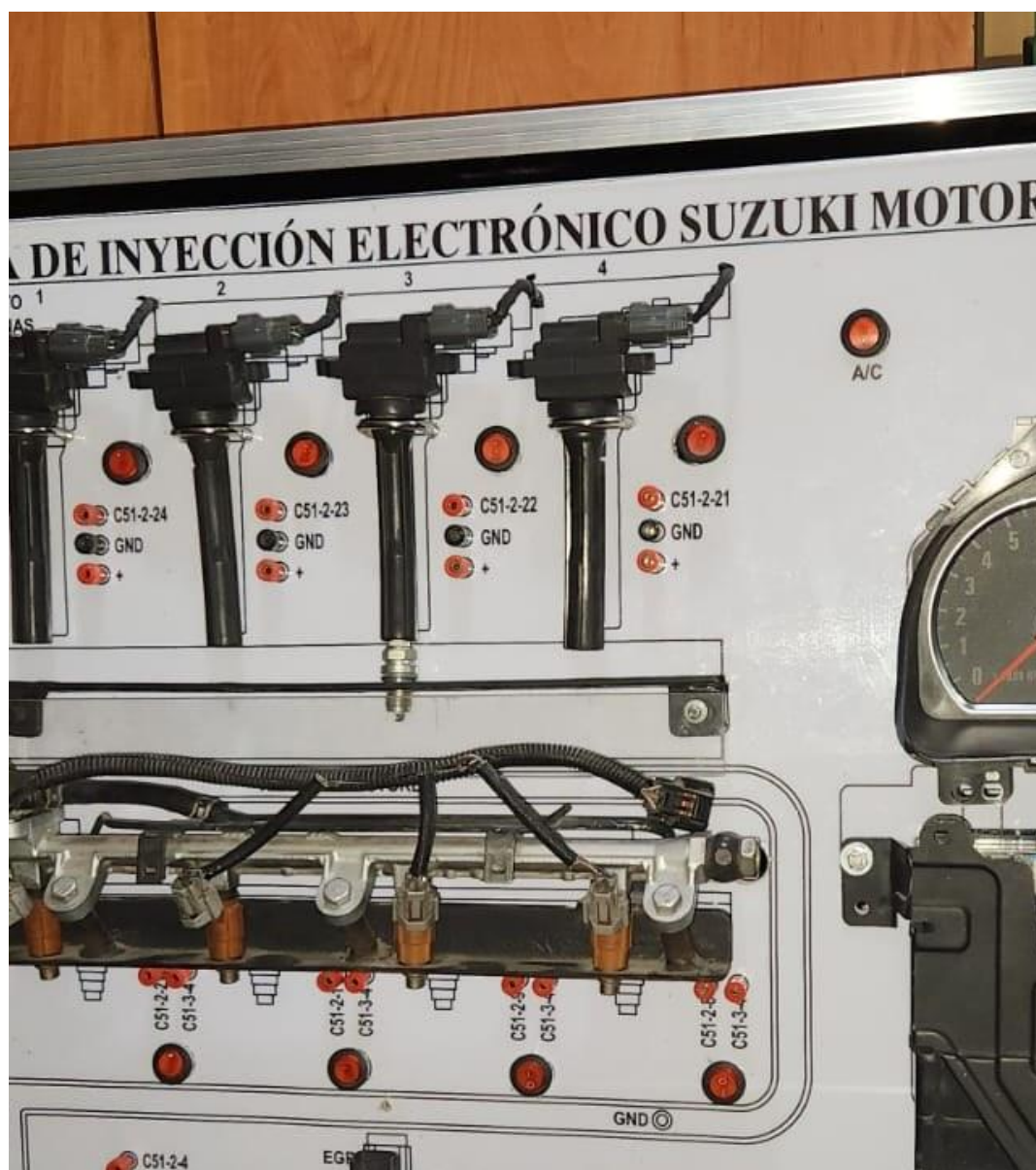
Zona de admisión con cuerpo de aceleración y sensor MAF instalados



En la parte central se mantuvieron las bobinas de encendido y el riel de inyectores. Esta ubicación ayuda a explicar la secuencia de encendido y la inyección de combustible por cilindro. La Figura 15 permite observar cómo se organizaron las bobinas, los puntos de alimentación, tierra y señal, además del riel de inyectores con sus conectores.

Figura 15

Conjunto de bobinas y riel de inyectores ubicados en la zona central del panel



En la zona derecha del panel se ubicaron elementos de control y visualización, como el tablero de instrumentos, la ECM y la caja de fusibles y relés. En la Figura 16 se observa esta distribución, la cual permite explicar el enlace entre la unidad de control, las protecciones eléctricas y la información que recibe el conductor.

Figura 16

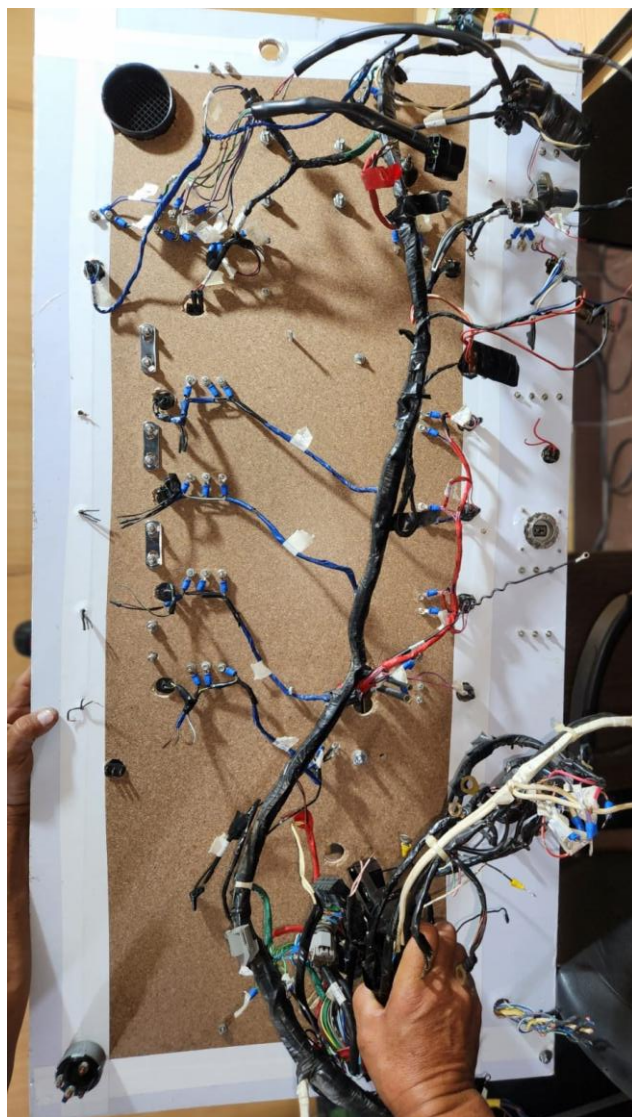
Zona de control con tablero de instrumentos, ECM y caja de fusibles y relés



La parte posterior del panel también fue considerada dentro del proceso, porque allí se encuentra el arnés eléctrico que permite conectar los elementos del sistema. La Figura 17 muestra la reorganización posterior del cableado, donde se evidencia la necesidad de conservar el orden, sujetar los ramales y evitar que existan cables tensionados o sin identificación.

Figura 17

Vista posterior del arnés eléctrico durante la reorganización del sistema



La ECM se mantuvo como elemento central de control, debido a que recibe las señales de sensores y activa los actuadores del sistema. En la Figura 18 se observa la unidad instalada sobre el panel, esto facilita su identificación durante las prácticas y permite explicar la importancia de no manipular sus conectores sin una revisión previa.

Figura 18

ECM ubicada en el panel didáctico del portafolio



4.9 Verificación preliminar y valor didáctico del resultado

Luego del montaje físico, la revisión preliminar se enfocó en confirmar que los componentes se encuentren sujetos, que los puntos de conexión sean accesibles y que el arnés pueda revisarse antes de energizar el sistema. Esta verificación todavía no reemplaza una prueba eléctrica completa, pero permite asegurar que el portafolio ya cuenta con una distribución funcional para continuar con la etapa de comprobación.

La Tabla 7 resume los aspectos revisados a partir del montaje final observado en las fotografías. Esta tabla sirve como guía para continuar el trabajo, porque ordena los puntos que deben verificarse antes de realizar pruebas con alimentación.

Tabla 7

Registro de verificación visual del montaje final

Elemento revisado	Evidencia observada	Función didáctica	Estado preliminar
Maletín y herrajes	Perfiles, cantoneras, bisagras y cerradura instalados	Protege el equipo y facilita su transporte	Instalado
Panel frontal	Componentes distribuidos sobre el diagrama impreso	Permite relacionar símbolo, componente y punto de medición	Instalado
Bobinas e inyectores	Elementos ubicados en la zona central con puntos de prueba	Facilita prácticas de encendido e inyección	Instalado
Cuerpo de aceleración y MAF	Elementos ubicados en la zona de admisión	Permite explicar entrada de aire y señales de control	Instalado
ECM y caja de relés	Componentes ubicados en el lado derecho del panel	Permite explicar control, alimentación y protección eléctrica	Instalado
Arnés posterior	Cableado agrupado por zonas y conservado dentro del panel	Permite revisar continuidad y orden de conexión	Pendiente de comprobación eléctrica

Nota. La verificación se realizó a partir de la evidencia visual del montaje final del proyecto.

Con esta organización, el portafolio deja de ser solo una adaptación física y se convierte en una herramienta de enseñanza más práctica. El estudiante puede observar el sistema completo, seguir las conexiones, ubicar puntos de medición y comprender mejor cómo se relacionan sensores, actuadores y ECU dentro de la inyección electrónica.

Conclusiones

La reingeniería del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica J20A permitió transformar un equipo fijo y pesado en un portafolio didáctico portátil, manteniendo los componentes principales del sistema y mejorando su facilidad de transporte. Esta modificación responde directamente al problema inicial, porque el equipo deja de depender de una estructura estática y puede trasladarse con mayor facilidad a diferentes espacios de práctica.

El proceso de montaje confirmó que los componentes originales pueden conservarse dentro de una nueva distribución, siempre que se respete la relación entre sensores, actuadores, ECU, alimentación, tierra y puntos de medición. La ubicación del cuerpo de aceleración, bobinas, riel de inyectores, tablero de instrumentos, ECM y caja de fusibles permite que el sistema mantenga una lectura didáctica clara.

La fabricación del maletín, junto con la instalación de perfiles, cantoneras, bisagras y cerradura, mejora la protección del sistema y aporta una presentación más ordenada. Esto ayuda a que el equipo pueda manipularse con mayor seguridad, y también mejora su apariencia como recurso académico para prácticas de autotrónica.

El montaje final muestra un avance importante del proyecto, sin embargo, todavía se debe completar la verificación eléctrica completa antes de utilizar el portafolio en prácticas con alimentación. Es necesario comprobar continuidad, polaridad, alimentación de 12 V, tierras, señales de 5 V y respuesta de actuadores, para evitar daños en los componentes electrónicos.

Recomendaciones

Se recomienda elaborar una matriz de continuidad completa, donde se registre cada pin, color de cable, componente asociado y resultado de medición. Esta matriz debe realizarse antes de energizar el sistema, porque permite detectar errores de conexión y evitar daños en la ECU.

Se debe identificar de manera clara los puntos de alimentación, tierra, señal y referencia de 5 V, utilizando etiquetas resistentes y visibles. Esto reduce el riesgo de conexión incorrecta durante las prácticas y facilita que los estudiantes comprendan la función de cada punto de prueba.

Antes de realizar pruebas funcionales, se recomienda usar una fuente protegida con fusible y avanzar de forma progresiva. Primero se deben comprobar continuidad y polaridad, luego alimentación y tierras, después señales de sensores, y finalmente activación de actuadores.

Para fortalecer la tesis final, se recomienda agregar una tabla con mediciones reales, capturas de escáner, lectura de códigos de falla, pruebas con multímetro y, si es posible, formas de onda de inyectores o bobinas. Estas evidencias permitirán pasar de un análisis preliminar de montaje a un análisis técnico de funcionamiento.

También se recomienda tomar fotografías finales con buena iluminación y fondo limpio, especialmente del portafolio cerrado, abierto, del arnés posterior y de las pruebas de diagnóstico. Estas imágenes pueden mejorar la presentación del capítulo de resultados y facilitar la comprensión del proceso realizado.

Referencias

- AutoEDU. (2025). Sensors and actuators educational trainer MSD01. AutoEDU Educational Automotive Trainers.
- Bosch, R. (2022). Automotive handbook (11th ed.). John Wiley & Sons.
- Denton, T. (2018). Automobile electrical and electronic systems (5th ed.). Routledge.
- Erjavec, J., & Thompson, R. (2020). Automotive technology: A systems approach (7th ed.). Cengage Learning.
- Ghannam, R., & Chan, C. K. Y. (2021). Teaching undergraduate students to think like real-world systems engineers: A technology-based hybrid learning approach.
- Halderman, J. D. (2020). Automotive technology: Principles, diagnosis, and service (6th ed.). Pearson.
- Lavado-Anguera, S., Velasco-Quintana, P. J., & Terrón-López, M. J. (2024). Project-Based Learning (PBL) as an experiential pedagogical methodology in engineering education: A systematic review. *Education Sciences*, 14(6), 617.
<https://doi.org/10.3390/educsci14060617>
- Robert Bosch GmbH. (2006). Gasoline engine management: Systems and components. John Wiley & Sons.
- SAE International. (2016). SAE J1962: Diagnostic connector equivalent to ISO/DIS 15031-3. SAE International.
- Suzuki Motor Corporation. (2006). Grand Vitara service manual: Engine and electrical diagnosis. Suzuki Motor Corporation.

Anexo 1

Diagrama eléctrico.

