



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE ECU'S DE
SISTEMA DE INYECCIÓN COMPARANDO PARÁMETROS DE
FUNCIONAMIENTO EN LOS MÓDULOS DE CONTROL DE LAS MAQUETAS DEL
LABORATORIO DE MOTORES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: ESTEBAN ALEXANDER SIMBA LLUGLLUNA
VICTOR EDUARDO VALENCIA CABEZAS

TUTOR: EDGAR VICENTE ROJAS REINOSO

Quito - Ecuador

2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Esteban Alexander Simba Lluglluna, con documento de identificación N° 1752637437 y Victor Eduardo Valencia Cabezas, con documento de identificación N° 1752511673 manifestamos que:

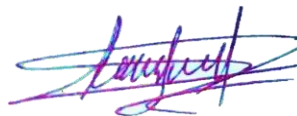
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 05 de marzo del año 2026

Atentamente,



Esteban Alexander Simba Lluglluna
1752637437



Victor Eduardo Valencia Cabezas
1752511673

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Esteban Alexander Simba Lluglluna con documento de identificación No.1752637437 y Victor Eduardo Valencia Cabezas con documento de identificación No. 1752511673 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Implementación de un equipo de comprobación de ecu's de sistema de inyección comparando parámetros de funcionamiento en los módulos de control de las maquetas del laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 05 de marzo del año 2026

Atentamente,



Esteban Alexander Simba Lluglluna
1752637437



Victor Eduardo Valencia Cabezas
1752511673

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edgar Vicente Rojas Reinoso con documento de identificación N° 0106065519, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE ECU'S DE SISTEMA DE INYECCIÓN COMPARANDO PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO EN LOS MÓDULOS DE CONTROL DE LAS MAQUETAS DEL LABORATORIO DE MOTORES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, realizado por Esteban Alexander Simba Lluglluna con documento de identificación N° 1752637437 y por Victor Eduardo Valencia Cabezas con documento de identificación N° 1752511673, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 de marzo del año 2026

Atentamente,



Ing. Edgar Vicente Rojas Reinoso. PhD.

0106065519

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto, en primer lugar, a mis padres, quienes han sido un pilar fundamental de mi vida y el mayor ejemplo de esfuerzo, amor y sacrificio. Gracias por su apoyo incondicional, por creer en mí en todo momento y por acompañarme con paciencia y comprensión a lo largo de este camino académico, cada logro alcanzado es reflejo de sus enseñanzas, valores y del esfuerzo constante que realizaron para brindarme la oportunidad de llegar hasta aquí.

Este proyecto representa no solo la culminación de una etapa académica, sino también el resultado del esfuerzo conjunto, del acompañamiento y del cariño de todas las personas que creyeron en mí y me impulsaron a seguir adelante. A todos ustedes, mis más sinceros agradecimiento y dedicación.

Simba Lluglluna Esteban Alexander

Dedico el presente proyecto, en primer lugar, a mis padres y a mis abuelitos, quienes han sido un apoyo fundamental a lo largo de mi vida y de mi etapa como estudiante. Gracias por sus consejos, su esfuerzo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Asimismo, dedico este trabajo a mi pareja, por su apoyo, comprensión y acompañamiento constante, aportando de manera significativa a mi crecimiento personal y académico.

Finalmente, dedico este logro a todos aquellos que formaron parte de mi proceso como estudiante de Ingeniería Automotriz, contribuyendo a que este objetivo se haga realidad.

Valencia Cabezas Victor Eduardo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer primero a Dios por darme la fuerza y constancia necesaria para no rendirme en los momentos más difíciles y acompañarme en cada paso de este camino.

A mis padres, mi más profundo agradecimiento por su amor incondicional, por su esfuerzo contante y por creer en mi incluso en los momentos de duda. Gracias por cada sacrificio, por su paciencia y por enseñarme a no rendirme.

A mis familiares, quienes de una u otra manera estuvieron presentes durante este proceso, les agradezco profundamente por su apoyo, consejos y palabras de ánimo. Su compañía y confianza fueron un impulso importante para continuar avanzando, incluso en los momentos de mayor dificultad.

De igual manera, agradezco a aquellas personas especiales que formaron parte de esta etapa de mi vida, quienes con su motivación, amistad y respaldo emocional contribuyeron a que este objetivo se hiciera realidad. Su paciencia, apoyo y confianza dejaron una huella significativa en este proceso.

A mi tutor de tesis, mi sincero agradecimiento por su guía, comprensión y dedicación. Su apoyo y sus consejos hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que directa o indirectamente, estuvieron presentes durante este proceso y aportaron con su apoyo para que este logro se haga realidad.

Esteban Alexander Simba Lluglluna

En primer lugar, agradezco a Dios por su constante presencia en mi vida personal y académica, ya que sin él no habría encontrado la fortaleza necesaria para seguir adelante. Su guía y la fe que depositó en mí no me permitieron rendirme, incluso en aquellos momentos en los que el esfuerzo parecía no ser suficiente, siendo fundamentales para alcanzar esta meta.

Agradezco profundamente a mis padres, Víctor y Alejandra porque sin su apoyo nada de esto habría sido posible. Su amor incondicional, sacrificio y guía constante me enseñaron a creer en mí misma, permitiéndome, tras muchas noches de desvelo, encontrar una luz que orientó mis acciones por el camino del bien y me impulsó a no rendirme hasta cumplir este objetivo. Asimismo, expreso mi más sincero agradecimiento a mis abuelitos Campo (QEPD) y Aida quienes con su cariño, enseñanzas y vivencias sembraron en mí valores como la

perseverancia, la fortaleza y el deseo de superación, los cuales fueron de gran ayuda para afrontar cada obstáculo a lo largo de mi vida.

De igual manera, agradezco a todos los educadores e ingenieros que formaron parte de mi formación académica, por su compromiso, paciencia y dedicación, y por demostrarme que con responsabilidad y esfuerzo todo es posible. De manera especial, agradezco a mi tutor de tesis, Ing. Vicente Rojas, quien con su orientación y enseñanzas contribuyó significativamente a mi crecimiento académico y profesional, permitiéndome evolucionar de estudiante a profesional con criterio y responsabilidad.

Finalmente agradezco a mi compañera de vida, mi novia, Karla, por el amor, la comprensión y el apoyo incondicional que me brindó a lo largo de este proceso. En los momentos en los que no me encontraba bien, supo ser paciente y comprensiva, ofreciéndome siempre palabras de aliento cuando el cansancio o la duda intentaban vencerme. Su compañía constante y su confianza en mí fueron un pilar fundamental para no rendirme y continuar hasta alcanzar esta meta.

Valencia Cabezas Victor Eduardo

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA.....	4
Objetivo General.	6
Objetivos Específicos.....	6
Marco Teórico.....	8
Unidades de control electrónico	8
Bancos didácticos básicos.....	8
Bancos de comparación de ECU.....	8
Emulación de señales y protocolos de diagnóstico	9
Diagnóstico de ECU.....	10
Unidad de Control Electrónico (ECU).....	10
Estructura física de la ECU	10
Placa electrónica principal.....	10
Unidad de alimentación	11
Núcleo de procesamiento (microcontrolador)	12
Memorias internas	13
Circuitos de entrada de señales	14
Circuitos de salida y etapas de potencia	15
Circuitos de comunicación.....	15
CAPÍTULO I – ARMADO DEL BANCO	17
Diagnóstico de ECU en el banco de comprobación	17
1.2 Implementación del banco comprobador de ECU	19
1.2.1 Ensamblaje físico del banco comprobador.....	19

1.2.2 Integración del sistema de alimentación.....	20
1.2.3 Implementación de la simulación de señales de sensores	20
1.2.4 Integración de las salidas y actuadores de prueba	21
1.2.5 Configuración del software de diagnóstico	21
1.3 Simulación del funcionamiento del sistema.....	21
1.3.1 Simulación de señales de entrada	22
1.3.2 Respuesta de la ECU ante condiciones simuladas.....	22
1.3.3 Simulación de actuadores y salidas del sistema.....	22
1.3.4 Simulación del diagnóstico electrónico.....	23
1.3.5 Validación del funcionamiento en entorno simulado	23
CAPÍTULO 2-CONEXIÓN E INFRAESTRUCTURA DEL BANCO	24
2.1 Diseño del Sistema.....	24
2.2 Conexiones del banco de pruebas	26
2.3 Estructura general del banco	27
2.3.1 Cara superior	28
2.4 Cara posterior	30
2.5 Cara izquierda.....	30
2.6 Cara frontal.....	32
2.7 Cara derecha	33
2.8 Integración de las cuatro caras del banco	34
CAPITULO 3 – RESULTADOS Y USO.....	35
3.1. Objetivo de las pruebas de funcionamiento.....	35
3.2 Condiciones previas para la ejecución de las pruebas.....	35
3.3 Prueba del sistema de alimentación eléctrica	36
3.4 Prueba de simulación de sensores y actuadores.....	37
3.7 Prueba del sistema de comunicación y diagnóstico	40

3.8 Resultados de las pruebas de funcionamiento	43
Estudio comparativo de equipos comerciales	47
Construcción del banco modular	48
Simulación de condiciones operativas.....	49
Comparación con valores de referencia	50
Síntesis de resultados	53
CAPITULO 4. GESTION Y ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	53
4.1 Gestión del Proyecto.....	53
4.2 Organización del Equipo	54
4.3 Evidencias objetivas de coordinación.....	54
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS.....	60
Anexo 1.....	60
Anexo 2.....	73
Anexo 3.....	102
Anexo 4.....	1
Anexo 5.....	2
Anexo 6.....	10
Anexo 7.....	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Placa electrónica principal</i>	11
Figura 2. <i>Unidad de alimentación</i>	12
Figura 3. <i>Microcontrolador</i>	13
Figura 4. <i>Memorias internas</i>	14
Figura 5. <i>Circuito de entrada de señales</i>	15
Figura 6. <i>Circuito de comunicación</i>	17
Figura 7. <i>Metodología del sistema</i>	18
Figura 8. <i>Diagrama eléctrico del banco de pruebas de la ECU del Aveo Family</i>	25
Figura 9. <i>Panel de conexión del banco de pruebas</i>	27
Figura 10. <i>Estructura general del banco ensamblado</i>	28
Figura 11. <i>Diagrama eléctrico de la cara superior del banco de pruebas</i>	29
Figura 12. <i>Cara posterior del banco con conectores de alimentación y puerto USB</i>	30
Figura 13. <i>Cara izquierda del banco de pruebas</i>	31
Figura 14. <i>Cara frontal del banco de pruebas</i>	33
Figura 15. <i>Cara derecha del banco de pruebas</i>	33
Figura 16. <i>Banco de pruebas implementado en un solo perfil para mejorar la facilidad del uso del equipo</i>	34
Figura 17. <i>Verificación inicial del banco de pruebas de la computadora Aveo</i>	36
Figura 18. <i>Prueba del sistema de alimentación eléctrica conectado mediante una fuente de poder que entregue 12V</i>	37
Figura 22. <i>Panel de conexión del banco de pruebas</i>	43
Figura 23. <i>Proceso de comprobación</i>	45
Figura 24. <i>Conexión de Modulo electrónico con Banco de Pruebas</i>	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Requisitos y criterios de aceptación (Criterio 1)</i>	5
Tabla 2. <i>Normativa y criterios técnicos aplicables</i>	16
Tabla 3. <i>Matriz de riesgos – FMEA simple</i>	25
Tabla 4. <i>Datos de conexión para Unidad de Control Chevrolet Aveo</i>	36
Tabla 5. <i>Pines de conexión para diagnóstico</i>	38
Tabla 6. <i>Señales de sensores y actuadores</i>	39
Tabla 7. <i>Comparativa valores Referenciales del fabricante vs recopilados mediante Banco de Pruebas</i>	42
Tabla 8. <i>Plan de pruebas cuantitativo</i>	44
Tabla 9. <i>Comparación referencial entre banco de pruebas desarrollado y bancos de pruebas comercializados</i>	47
Tabla 10. <i>Registros de señales CKP y sensores</i>	49
Tabla 11. <i>Comparación de valores medidos vs referencia del fabricante</i>	50
Tabla 12. <i>Matriz de verificación</i>	52

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo el diseño e implementación de un banco de comprobación de Unidades de Control Electrónico (ECU) para sistemas de inyección electrónica, orientado a su aplicación en el laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana. El banco fue desarrollado tomando como caso de estudio la ECU del vehículo Chevrolet Aveo Family, con el propósito de simular, fuera del vehículo, condiciones representativas de operación del motor en un entorno seguro, controlado y didáctico. La metodología empleada contempló el análisis de equipos comerciales de comprobación de ECU, lo que permitió identificar limitaciones en términos de flexibilidad, costos y adaptación al entorno académico, justificando así la construcción de un banco propio con enfoque pedagógico. El diseño del sistema se basó en una arquitectura modular, integrando una fuente de alimentación regulada, módulos de simulación de sensores, salidas para la verificación de la respuesta de la ECU, interfaces de comunicación y elementos de visualización de parámetros eléctricos. Asimismo, se implementó una distribución funcional del banco en distintas caras, facilitando la organización de las conexiones, la comprensión del flujo de señales y la interacción del usuario durante las prácticas de laboratorio. Las pruebas de funcionamiento permitieron evaluar la correcta simulación de señales de entrada, el monitoreo de salidas de la ECU, la comunicación mediante protocolos automotrices como OBD-II, CAN y K-Line, y la estabilidad del sistema bajo condiciones operativas controladas. Los resultados obtenidos fueron contrastados con valores técnicos de referencia, confirmando que el banco opera dentro de rangos aceptables para fines académicos y permite realizar diagnósticos funcionales de manera no invasiva. Adicionalmente, se elaboraron guías y protocolos de laboratorio que complementan el uso del banco, fortaleciendo el proceso de enseñanza–aprendizaje y promoviendo el desarrollo de competencias en diagnóstico electrónico automotriz. En conclusión, el banco de comprobación de ECU desarrollado constituye un aporte significativo para la infraestructura académica de la carrera, al ofrecer una herramienta didáctica confiable, segura y adaptable, que contribuye a la formación de profesionales capaces de comprender y analizar el funcionamiento de los sistemas de inyección electrónica frente a los desafíos tecnológicos actuales del sector automotriz.

Palabras Claves: Diseño, banco, pruebas, ECU, inyección electrónica.

ABSTRACT

The present thesis aimed at the design and implementation of a test bench for Electronic Control Units (ECUs) in electronic fuel injection systems, oriented to its application in the engine laboratory of the Automotive Engineering program at Universidad Politécnica Salesiana. The bench was developed using the ECU of a Chevrolet Aveo Family vehicle as a case study, with the purpose of simulating, outside the vehicle, representative operating conditions of the engine in a safe, controlled, and didactic environment. The methodology included the analysis of commercial ECU test equipment, which allowed identifying limitations in terms of flexibility, cost, and adaptation to the academic environment, thus justifying the construction of a pedagogically oriented bench. The system design was based on a modular architecture, integrating a regulated power supply, sensor simulation modules, outputs for verifying ECU responses, communication interfaces, and elements for visualizing electrical parameters. In addition, a functional distribution of the bench was implemented across different panels, facilitating the organization of connections, the understanding of signal flow, and user interaction during laboratory practices. Functional tests allowed evaluating the correct simulation of input signals, monitoring ECU outputs, communication through automotive protocols such as OBD-II, CAN, and K-Line, and system stability under controlled operating conditions. The results obtained were compared with technical reference values, confirming that the bench operates within acceptable ranges for academic purposes and enables non-invasive functional diagnostics. Furthermore, laboratory guides and protocols were developed to complement the use of the bench, strengthening the teaching–learning process and promoting the development of competencies in automotive electronic diagnostics. In conclusion, the ECU test bench developed represents a significant contribution to the academic infrastructure of the program, by offering a reliable, safe, and adaptable didactic tool that contributes to the training of professionals capable of understanding and analyzing the operation of electronic fuel injection systems in the face of current technological challenges in the automotive sector.

Keywords: Design, bench, testing, ECU, electronic fuel injection

INTRODUCCIÓN

La creciente incorporación de sistemas electrónicos en los motores modernos, especialmente la dependencia de los sistemas de inyección respecto de la Unidad de Control Electrónico (ECU), ha generado una necesidad creciente de herramientas didácticas que permitan un análisis práctico y seguro de su funcionamiento. La gestión electrónica de motores se consolidó a finales del siglo XX, cuando la demanda de eficiencia energética y la exigencia de cumplir con normas de emisión más estrictas hicieron insostenible el control puramente mecánico de inyección y encendido. Las ECUs modernas permiten regular de manera precisa la mezcla aire-combustible, el tiempo de encendido y la apertura de válvulas mediante algoritmos preprogramados que responden a las señales recibidas de múltiples sensores. Esta transición tecnológica ha generado la necesidad de que los futuros ingenieros comprendan no solo los fundamentos mecánicos, sino también los principios electrónicos, la interpretación de datos en tiempo real y el manejo de protocolos de comunicación estándar, como OBD-II, CAN y K-Line, elementos esenciales en el diagnóstico y análisis de motores actuales (Alderete Quispe, 2023).

En el ámbito académico, la comprensión de estos sistemas representa un desafío significativo debido a la complejidad de los componentes electrónicos y a la limitada disponibilidad de equipos especializados para el análisis detallado de parámetros de operación. En el laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, los bancos didácticos existentes permiten observar el funcionamiento general de los sistemas de inyección electrónica, pero presentan limitaciones para analizar en profundidad el comportamiento interno de las ECUs, tales como tiempos de inyección, estrategias de encendido, señales PWM y procesos de adaptación almacenados en memoria. Esta restricción dificulta la comprensión de los algoritmos de control y de la lógica de funcionamiento que gobierna los sistemas modernos, impactando directamente en la formación práctica y en la preparación profesional de los estudiantes (Nandakumar, 2024).

Los bancos didácticos se pueden clasificar en tres niveles de complejidad, cada uno con un aporte particular a la enseñanza y formación práctica. Los bancos básicos reproducen circuitos simplificados de inyección y encendido, facilitando la observación de parámetros fundamentales en un entorno seguro, mientras que los bancos intermedios, conocidos como bancos de comparación de ECU, permiten evaluar las unidades de control fuera del vehículo, verificar códigos de diagnóstico, detectar fallas internas y emular señales de sensores y actuadores, aportando una visión más integral del funcionamiento del sistema. Los bancos con simulación Hardware-in-the-Loop (HIL) representan el nivel más avanzado, integrando modelos matemáticos y físicos que simulan en tiempo real las condiciones de operación del motor, incluyendo arranque en frío, aceleración, carga parcial o plena carga. Estos sistemas permiten validar software y hardware de control en escenarios críticos, imposibles de replicar de manera segura en un motor real, fortaleciendo así la formación académica y la investigación aplicada (David, 2024).

El análisis de sensores y actuadores constituye un componente central para la comprensión de los sistemas de control electrónico. Los sensores transforman magnitudes físicas como temperatura, presión o posición en señales eléctricas interpretables por la ECU, mientras que los actuadores ejecutan las acciones indicadas por la unidad de control, incluyendo la apertura de válvulas, el encendido de bobinas y la activación de inyectores. La relación entrada-proceso-salida permite a los estudiantes observar cómo la información generada por los sensores influye directamente en la respuesta del sistema, un aspecto fundamental para el aprendizaje del diagnóstico electrónico avanzado (Alemán, 2024).

Asimismo, el dominio de protocolos de comunicación estandarizados como OBD-II, CAN y K-Line resulta determinante para el acceso a información operativa durante pruebas de laboratorio. Estos protocolos facilitan la lectura de códigos de falla, la supervisión de parámetros del motor y la reprogramación de unidades de control, habilitando la validación sistemática de las ECUs y la identificación de inconsistencias funcionales. La correcta interpretación de estas tramas de comunicación es una competencia altamente demandada en la industria automotriz, pero que actualmente

enfrenta limitaciones en el laboratorio debido a la falta de equipos que permitan simular condiciones controladas y analizar señales en tiempo (Navarrete Fiallos, 2023).

El diagnóstico de una ECU mediante bancos de prueba se desarrolla generalmente en tres etapas: la lectura de códigos de falla almacenados en la memoria de la unidad, la revisión de parámetros en tiempo real para comprobar la coherencia de las señales emitidas y recibidas, y la activación controlada de actuadores para verificar el funcionamiento del sistema sin necesidad de instalar la ECU en un vehículo real. Esta metodología permite evaluar la respuesta del módulo frente a señales simuladas, detectar fallas internas y fortalecer la interpretación de datos en condiciones de laboratorio, constituyendo una base pedagógica para la formación de competencias técnicas avanzadas (Gabriel, 2024).

El análisis situacional en el laboratorio de motores de la Universidad Politécnica Salesiana evidencia que, si bien existen infraestructuras básicas para la enseñanza de sistemas de inyección electrónica, los bancos disponibles no permiten un acceso preciso a los parámetros internos de las ECUs ni la simulación de condiciones de operación específicas. Esta limitación reduce la posibilidad de experimentar con escenarios críticos, aumenta el riesgo de daño a componentes reales y restringe la repetición de prácticas necesarias para consolidar el aprendizaje práctico. Además, los estudiantes presentan dificultades para interpretar los datos provenientes de los sensores, los códigos de fallo y las tramas de comunicación, competencias imprescindibles para su desempeño profesional (Barbier, 2022).

En consecuencia, se hace evidente la necesidad de contar con un banco de comprobación de ECUs que permita operar la unidad de control de manera independiente, simular señales de sensores, analizar salidas hacia actuadores y comunicarse mediante protocolos estandarizados. Esta herramienta proporcionará un entorno seguro, pedagógico y de alta fidelidad, en el cual los estudiantes podrán comprender en detalle los sistemas de inyección electrónica, interpretar señales en tiempo real, validar algoritmos de control y comparar el desempeño de diferentes unidades de control, fortaleciendo sus competencias técnicas y su preparación (Guamaní Baños, 2025).

La presente investigación, enmarcada en el contexto de la autotrónica y los sistemas de control, tiene como objetivo principal analizar y validar la implementación de un banco de comprobación de ECUs aplicado a los bancos didácticos del laboratorio de motores, evaluando su utilidad como herramienta académica para la enseñanza de diagnóstico electrónico y control de sistemas de inyección. Este objetivo se sustenta en la necesidad de garantizar que los estudiantes adquieran competencias sólidas en la interpretación de señales eléctricas, la simulación de fallas, el uso de protocolos de comunicación y la comprensión integral de la gestión electrónica del motor. Se espera que los resultados de esta investigación proporcionen evidencia sobre la efectividad de los bancos de comprobación como recurso didáctico, facilitando la transferencia de conocimientos teóricos a habilidades prácticas aplicables en la industria automotriz actual.

PROBLEMA

En la actualidad, los motores de combustión interna incorporan sistemas de inyección electrónica cuya gestión depende, de forma central, de la Unidad de Control Electrónico (ECU). Esta arquitectura incrementa la complejidad de los procesos de diagnóstico y análisis de parámetros, y en el ámbito académico suele dificultar la comprensión práctica y segura de la interacción entre señales, sensores y actuadores cuando no se dispone de equipamiento especializado para pruebas controladas (Alderete Quispe, 2023).

En el laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS), los bancos didácticos disponibles permiten una visualización general del funcionamiento de los sistemas; sin embargo, la ausencia de equipos orientados al análisis detallado de parámetros de operación de las ECU limita la práctica de diagnóstico electrónico y restringe la simulación de fallas representativas de condiciones reales.

Como consecuencia, se prevé que esta limitación repercuta en el proceso formativo, al dificultar el dominio de protocolos de comunicación usados en la industria (por ejemplo, OBD-II, CAN y K-Line) y al impedir la recreación controlada de escenarios críticos de operación del motor que permitan validar la respuesta de la ECU mediante medición e

interpretación de señales en tiempo real. En este contexto, la preparación para responder a exigencias del mercado laboral donde el diagnóstico electrónico y la resolución de fallas son competencias clave se verá restringida (Alemán, 2024).

Ante ello, la investigación planteará la implementación de un equipo/banco de comprobación de ECU para sistemas de inyección electrónica, orientado a analizar parámetros en tiempo real y a fortalecer la conexión entre teoría y práctica mediante metodologías de diagnóstico en un entorno académico seguro. Esta contribución beneficiará principalmente a la comunidad estudiantil de la Carrera de Ingeniería Automotriz, al incorporar una herramienta pedagógica alineada con protocolos estandarizados y prácticas de diagnóstico aplicadas en el sector (Caiza, 2023).

Adicionalmente, la pertinencia técnica se sustentará en la disponibilidad de componentes electrónicos y software compatibles con protocolos de diagnóstico, así como en la posibilidad de ejecutar procesos típicos de verificación (lectura de códigos de falla, revisión de parámetros en tiempo real y activación controlada de actuadores) y en el uso de plataformas especializadas para validación sistemática de ECU en bancos de prueba.

Delimitación del problema.

La delimitación espacial se establecerá en la UPS, Sede Quito – Campus Sur, específicamente en el laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz, donde se analizarán los módulos de control (ECU) y su interacción con los bancos/maquetas didácticas disponibles.

La delimitación sectorial y técnica se centrará en el campo de la autotrónica, los sistemas eléctricos y la electrónica de control, con énfasis en sistemas de inyección electrónica y en la comparación/lectura de parámetros asociados a operación de la ECU mediante protocolos OBD-II, CAN y K-Line, como se muestra en la **Tabla 1**. El alcance funcional incluirá la simulación de condiciones de operación y la observación de variables como tiempos/ancho de pulso de inyección, tiempos de encendido, voltajes de sensores y señales PWM de actuadores, bajo un entorno de práctica controlado (Guzmán Valle, 2024).

Tabla 1 *Requisitos y criterios de aceptación (Criterio 1)*

ID	Requisito medible	Métrica	Criterio de aceptación	Verificación	Evidencia
R1	Alimentación estable para ECU y módulos	V/A	12 V \pm 5% y 5 V \pm 5%; sin caídas >0.2 V bajo carga	Medición con multímetro + prueba bajo carga	Tabla 7 + Figuras de osciloscopio Tabla 6
R2	Simulación CKP/CMP funcional	Hz / forma de onda	ECU habilita inyección/encendido dentro del rango de frecuencia definido	Osciloscopio + diagnóstico	Captura señal CKP/CMP
R3	Comunicación de diagnóstico estable	% éxito / tiempo	Lectura de DTC y PIDs sin pérdida por 10 min	Escáner OBD-II/CAN	Registro de pruebas
R4	Protección eléctrica	Evento	No daño ante inversión de polaridad; fusible actúa	Prueba controlada	Foto/registro

Fuente: Elaboración propia

Objetivo General.

Implementar un equipo de comprobación de ECU's de sistemas de inyección electrónica mediante parámetros de funcionamiento en los laboratorios de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito

Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio comparativo de equipos comerciales de comprobación de ECUs, evaluando su compatibilidad con protocolos de comunicación estándar (CAN, LIN,

OBD-II) y sistemas de control. Este análisis permitirá seleccionar la tecnología más adecuada como referencia técnica, considerando su aplicabilidad didáctica y su alineación con los objetivos formativos de la carrera.

- Construir un banco de pruebas modular que integre sensores y actuadores representativos de los sistemas vehiculares estudiados en la carrera. El diseño priorizará la seguridad, la interactividad y la versatilidad, permitiendo conectar diferentes ECUs y simulando condiciones reales de funcionamiento para un aprendizaje práctico y significativo.
- Emplear el banco para simular condiciones operativas del motor y medir las señales de entrada y salida de la ECU. Esto incluye evaluar parámetros como tensión, frecuencia y tiempo de respuesta, verificando el comportamiento del sistema en un entorno controlado y seguro que replique escenarios reales de diagnóstico.
- Comparar los resultados de las pruebas con valores de referencia técnicos para determinar la precisión y confiabilidad del banco didáctico. El análisis identificará posibles desviaciones y permitirá validar la efectividad del equipo como herramienta de diagnóstico y formación especializada.
- Desarrollar material didáctico y protocolos de laboratorio que faciliten el uso del banco en actividades académicas y proyectos de investigación. El objetivo es fortalecer las competencias técnicas de los estudiantes y fomentar la aplicación del conocimiento en contextos reales de la industria automotriz.

Marco Teórico

Unidades de control electrónico

Las Unidades de Control Electrónico (ECU, por sus siglas en inglés) constituyen el núcleo de los sistemas modernos de gestión del motor. Estas computadoras reciben información en forma de señales eléctricas provenientes de distintos sensores (oxígeno, caudalímetro, temperatura del refrigerante, posición del cigüeñal, entre otros) y procesan dichos datos mediante algoritmos pre programados. A partir de este análisis, la ECU determina parámetros críticos como el tiempo de inyección, el encendido y la apertura de válvulas, enviando las órdenes correspondientes a los actuadores (Castelo, Bonilla, Orozco, & Jácome, 2018).

De esta forma, la ECU reemplaza procesos mecánicos tradicionales con un control electrónico más eficiente, adaptable y preciso, permitiendo un mejor equilibrio entre eficiencia energética, reducción de emisiones y rendimiento del motor (Guamaní Baños & Mocha Moreira, 2025) Además, desempeña un papel clave en el diagnóstico automotriz gracias a la integración de protocolos estandarizados de comunicación como OBD-II, CAN-BUS y K-Line, que facilitan no solo la lectura de fallas, sino también la visualización de parámetros en tiempo real y la reprogramación de la unidad (Navarrete Fiallos, 2023).

Bancos didácticos básicos

Los bancos didácticos básicos están diseñados principalmente para la enseñanza, permitiendo que los estudiantes comprendan la interacción entre sensores, actuadores y la ECU en condiciones controladas. Estos equipos reproducen circuitos simplificados de inyección electrónica y encendido, facilitando la observación de parámetros como el tiempo de inyección, la apertura de válvulas y las señales de encendido. Su principal ventaja radica en que ofrecen un entorno seguro y pedagógico para introducir al estudiante en los fundamentos del diagnóstico electrónico (Aguilar, 2022).

Bancos de comparación de ECU

Los bancos de comparación de ECU representan un nivel intermedio, ya que se enfocan en la evaluación de las unidades de control fuera del vehículo. Mediante la emulación de señales eléctricas provenientes de sensores y actuadores, permiten comprobar la respuesta de la ECU en diferentes escenarios simulados. Estos bancos son útiles para validar salidas, comprobar códigos de diagnóstico y detectar fallas internas, convirtiéndose en herramientas versátiles tanto en instituciones educativas como en talleres especializados

Bancos con simulación HIL (Hardware-in-the-Loop)

En el nivel más avanzado se encuentran los bancos con simulación HIL, que integran modelos matemáticos y físicos capaces de reproducir en tiempo real el comportamiento del motor y sus condiciones de operación, tales como arranque en frío, aceleración, carga parcial o plena carga. Esta simulación de alta fidelidad permite evaluar con precisión la respuesta de la ECU frente a situaciones críticas, incluso aquellas que serían riesgosas de replicar en un vehículo real. Por esta razón, los sistemas HIL son ampliamente utilizados en investigación y desarrollo, pues facilitan la validación temprana de software y hardware de control (*Lucas, 2016*)

Emulación de señales y protocolos de diagnóstico

La emulación de señales constituye un elemento central en los bancos de prueba. A través de microcontroladores y generadores de señal es posible simular diferentes condiciones de funcionamiento, tales como ralentí, aceleración parcial o plena carga. Esto ofrece la posibilidad de observar cómo reacciona la ECU en escenarios que, en un vehículo real, podrían ser costosos o peligrosos de provocar. Investigaciones recientes destacan que un banco especializado permite incluso simular fallas controladas para verificar la correcta activación de los códigos de diagnóstico (DTC) (*Guzmán Valle, 2024*).

En los últimos años, protocolos como OBD-II y CAN-BUS se han consolidado como estándares de la industria automotriz, ya que posibilitan el acceso a datos en tiempo real, la lectura de fallas y los procesos de reprogramación. Herramientas avanzadas como *ecu.test* han integrado estos protocolos para la validación sistemática de las ECU en bancos de prueba, garantizando precisión, compatibilidad y eficiencia en el análisis (*Gabriel, 2024*).

Diagnóstico de ECU

El diagnóstico de una ECU mediante bancos de prueba sigue, en general, tres etapas principales: 1. Lectura de códigos de falla (DTC) almacenados en la memoria de la unidad. 2. Revisión de parámetros en tiempo real, lo cual permite comprobar la coherencia de las señales emitidas y recibidas. 3. Activación controlada de actuadores, que facilita verificar el funcionamiento del sistema sin necesidad de instalar la ECU en un vehículo real (Barbier et al., 2022; Gabriel et al., 2024). En este sentido, los protocolos de comunicación OBD-II y CAN-BUS se consolidan como los más utilizados en la industria automotriz, no solo por su capacidad para transmitir información en tiempo real, sino también por su compatibilidad con herramientas de diagnóstico y software especializado como ecu. Test. Estas plataformas han permitido sistematizar el análisis de las ECU, optimizando tiempos y garantizando resultados confiables en pruebas de laboratorio (Guamaní Baños, 2025).

Unidad de Control Electrónico (ECU)

Estructura física de la ECU

La Unidad de Control Electrónico (ECU) se encuentra alojada dentro de una carcasa metálica sellada, diseñada para proteger los componentes electrónicos internos frente a vibraciones, interferencias electromagnéticas y variaciones térmicas. Esta carcasa cumple además la función de disipador térmico, permitiendo evacuar el calor generado por los circuitos de potencia durante el funcionamiento (Caiza, 2023).

En uno de sus extremos, la ECU dispone de un conector multipolar, a través del cual se realiza la alimentación eléctrica, la recepción de señales provenientes de los sensores y el envío de señales de control hacia los actuadores. Dicho conector está integrado directamente a la placa electrónica mediante pines soldados, garantizando continuidad eléctrica y estabilidad mecánica.

Placa electrónica principal

En el interior de la ECU se localiza una placa electrónica multicapa, sobre la cual se distribuyen los distintos circuitos funcionales del sistema. Esta placa integra tanto componentes de bajo consumo como elementos de potencia, organizados de acuerdo con su función dentro del control del sistema de inyección electrónica.

La placa presenta zonas diferenciadas destinadas a la alimentación, procesamiento de datos, comunicación y control de actuadores. Estas zonas se encuentran interconectadas mediante pistas conductoras internas, lo que permite el flujo de señales digitales y analógicas entre los distintos módulos electrónicos.

En la siguiente imagen **Figura 1** se puede apreciar las partes que conforman una unidad de control electrónico.

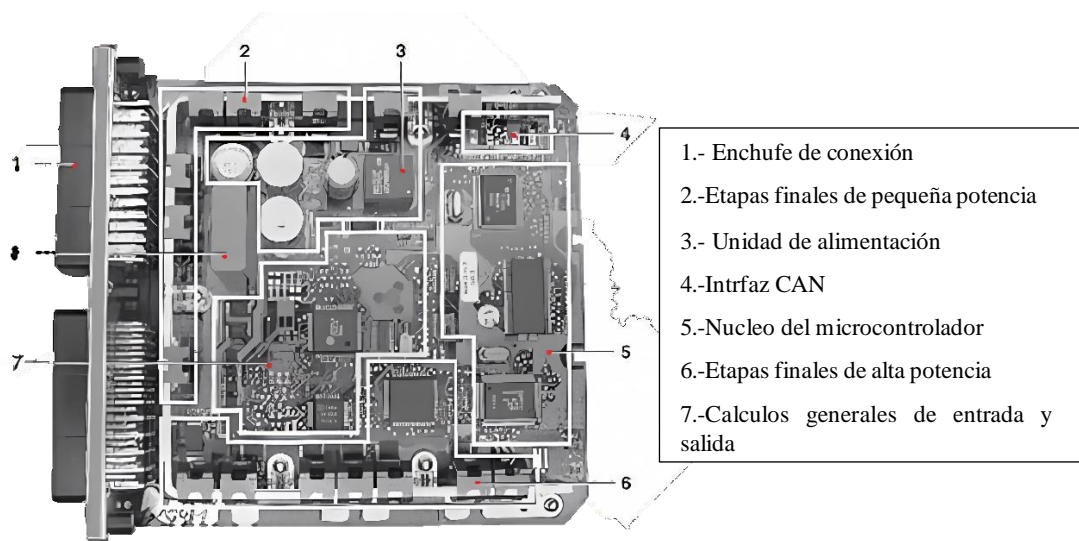


Figura 1. Placa electrónica principal

Fuente: Villa, (2016)

Unidad de alimentación

La unidad de alimentación se encarga de recibir la tensión proveniente del sistema eléctrico automotriz y acondicionarla para el funcionamiento interno de la ECU. Este circuito incluye reguladores de voltaje, diodos de protección y condensadores de filtrado,

los cuales estabilizan la tensión y protegen a los componentes electrónicos frente a picos eléctricos o inversiones de polaridad (David, 2024).

Desde esta sección se distribuyen los distintos niveles de voltaje requeridos por el microcontrolador, las memorias y los circuitos de entrada y salida, asegurando un funcionamiento estable del sistema, como se muestra en la **Figura 2**.

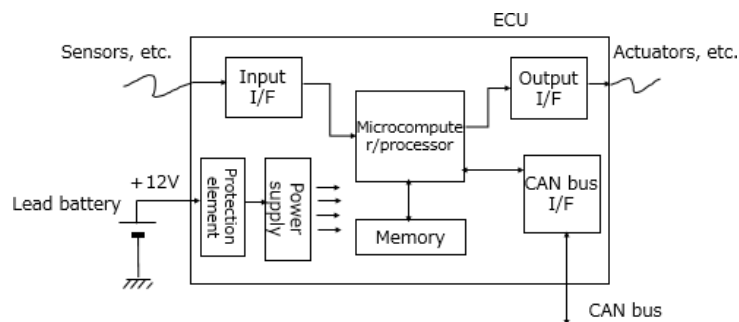


Figura 2. Unidad de alimentación.

Fuente: Panasonic Industrial Devices & Solutions (2019).

Núcleo de procesamiento (microcontrolador)

El núcleo de la ECU está constituido por un microcontrolador, el cual actúa como el centro de procesamiento del sistema. Este componente ejecuta los algoritmos de control almacenados en la memoria interna y procesa la información recibida desde los sensores del motor.

El microcontrolador recibe señales digitalizadas, las compara con los mapas de funcionamiento y genera las señales de salida correspondientes para el control del sistema de inyección y encendido. Su operación se realiza de manera continua y sincronizada con las señales de referencia del motor .

Microcontrolador

La **Figura 3** representa el microcontrolador utilizado en el banco de pruebas ECU, donde se observa la tarjeta electrónica con su circuito impreso (PCB) de color verde, equipada con componentes esenciales como resistencias, capacitores, circuitos integrados y conectores de entrada/salida.



Figura 3. *Microcontrolador*

Fuente: (Readchip Electronics Technology, s/f)

Memorias internas

La ECU incorpora diferentes tipos de memoria electrónica destinadas al almacenamiento de datos y programas. La memoria ROM contiene el software base y los mapas de control del motor, los cuales no se modifican durante el funcionamiento normal **Figura 4**. La memoria RAM almacena información temporal relacionada con las condiciones instantáneas de operación del motor, mientras que la memoria EEPROM conserva datos de adaptación y códigos de falla, incluso cuando la unidad se encuentra sin alimentación (Gabriel, 2024).

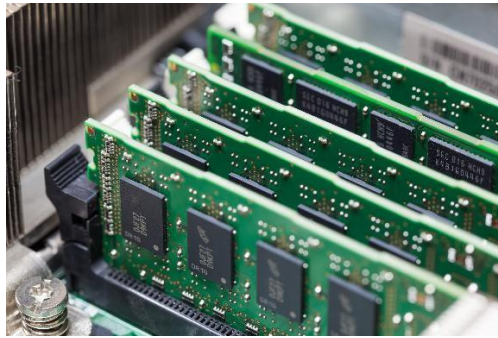


Figura 4. Memorias internas

Fuente: Arrow Electronics, (2020)

En la figura 4 se observan los módulos de memoria RAM instalados en paralelo sobre la tarjeta madre de un sistema electrónico, representando una de las memorias internas que puede incorporar la ECU, compuesto por circuitos integrados montados sobre placas verdes, conectadas a ranuras específicas que permiten el acceso rápido a datos temporales durante el funcionamiento del motor. Esta disposición física facilita la lectura y escritura de información en tiempo real, siendo esencial para el procesamiento dinámico de señales y parámetros operativos del vehículo.

Circuitos de entrada de señales

Los circuitos de entrada están destinados a recibir las señales provenientes de los sensores del sistema de inyección electrónica. Estas señales pueden ser analógicas o digitales y corresponden a variables como temperatura, presión, posición y velocidad.

Antes de ser procesadas por el microcontrolador, las señales son acondicionadas mediante circuitos de adaptación que ajustan niveles de voltaje, eliminan ruido eléctrico y garantizan la compatibilidad con los rangos de operación internos de la ECU.

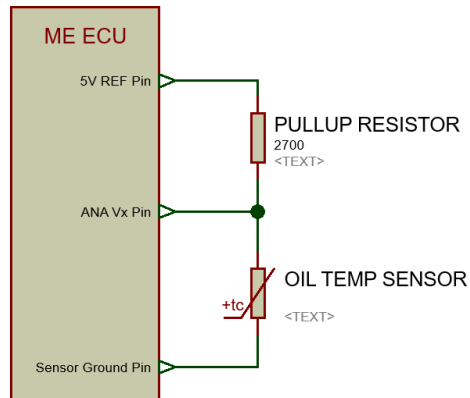


Figura 5. Circuito de entrada de señales

Fuente: ATSG, (2014)

En la **Figura 5** se muestra el circuito de entrada de señales correspondiente al sensor de temperatura de aceite, conectado a una unidad de control electrónico del motor (ME ECU). El esquema evidencia tres pines principales: el pin de referencia de 5V (5V REF), el pin de señal analógica (ANA Vx) y el pin de tierra del sensor (Sensor Ground)

Circuitos de salida y etapas de potencia

Las señales de salida generadas por la ECU son amplificadas a través de etapas de potencia, las cuales permiten accionar los actuadores del sistema, como inyectores, bobinas de encendido, relés y electroválvulas. Estas etapas están compuestas por transistores de potencia y dispositivos de conmutación que soportan corrientes elevadas.

Los circuitos de salida se encuentran protegidos contra sobre corrientes y cortocircuitos, asegurando la integridad del sistema durante su operación (Barbier, 2022).

Circuitos de comunicación

La ECU integra circuitos dedicados a la comunicación mediante protocolos automotrices como CAN-BUS, K-Line y OBD-II (**Tabla 2**). Estos circuitos permiten el intercambio de información con equipos de diagnóstico externos y otros módulos electrónicos del vehículo.

A través de estos sistemas de comunicación se accede a datos en tiempo real, códigos de falla y parámetros internos de funcionamiento, facilitando el análisis y diagnóstico del sistema electrónico.

Tabla 2. Normativa y criterios técnicos aplicables

Norma / Protocolo	Exigencia	Verificación en banco	Evidencia
OBD-II ISO-15031	Lectura de DTC y PIDs	Escáner conectado al banco	Registro de diagnóstico
CAN ISO-11898	Comunicación estable entre ECU y actuadores	Captura de trama CAN	Osciloscopio
K-Line ISO-14230	Comunicación serial	Lectura de parámetros básicos	Registro escáner
Seguridad eléctrica	Protección ante sobre corriente	Fusibles y diodos	Foto/bitácora

Fuente: Elaboración propia

La tabla presentada convierte los estándares y protocolos automotrices en requisitos verificables, asegurando que el banco de pruebas ECU no solo cumpla con objetivos académicos, sino también con criterios técnicos reconocidos en la industria.

OBD-II: La exigencia principal es la lectura de códigos de diagnóstico (DTC) y parámetros en tiempo real (PIDs). La verificación mediante escáner conectado al banco garantiza que el sistema reproduce condiciones reales de diagnóstico, aportando evidencia de funcionalidad y compatibilidad.

CAN: Este protocolo asegura la comunicación estable entre la ECU y los actuadores. La captura de tramas CAN en osciloscopio confirma que el banco reproduce fielmente la dinámica de comunicación de un vehículo moderno, validando la arquitectura modular implementada.

K-Line: Aunque más antiguo, sigue siendo relevante en ciertos sistemas. La lectura de parámetros básicos mediante escáner demuestra que el banco mantiene compatibilidad con tecnologías previas, ampliando su aplicabilidad didáctica.

Seguridad eléctrica: La protección ante sobre corriente mediante fusibles y diodos constituye un requisito crítico. La evidencia fotográfica y la bitácora de pruebas confirman que el diseño incorpora medidas de seguridad que previenen daños en la ECU y en los módulos de potencia.

Mediante la **Figura 6** se aprecia el proceso de análisis de datos mediante el CAN high y CAN low.

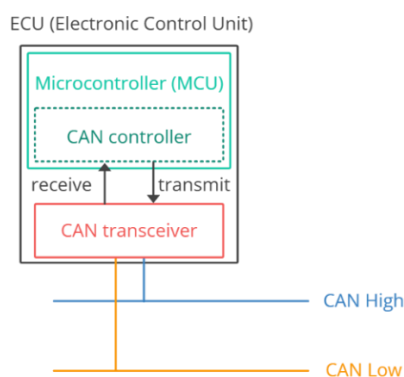


Figura 6. Circuito de comunicación

Fuente: CSS Electronics, (2025)

CAPÍTULO I – ARMADO DEL BANCO

Diagnóstico de ECU en el banco de comprobación

La **Figura 7** ilustra el proceso metodológico de simulación empleado en el banco comprobador de ECU, estructurado en cinco etapas secuenciales. Cada bloque representa una fase crítica del diagnóstico electrónico: desde la generación controlada de señales de entrada hasta la validación integral del sistema en entorno simulado. Este esquema permite visualizar la lógica operativa del banco, facilitando la comprensión del flujo de información entre sensores simulados, la unidad de control y los actuadores de prueba, así como la interacción con el software de diagnóstico.

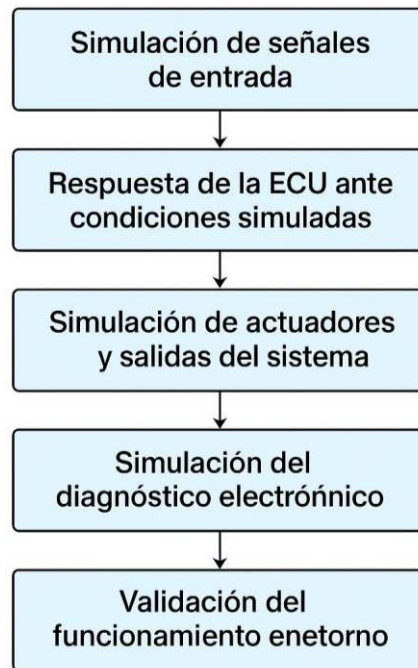


Figura 7. Metodología del sistema

Fuente: Elaboración propia

El diagnóstico de una Unidad de Control Electrónico (ECU) en un banco de pruebas se estructura en tres etapas funcionales que definen el diseño del sistema de comprobación. En primer lugar, se contempla la lectura de los códigos de falla (DTC) almacenados en la memoria interna de la unidad, lo que permite identificar anomalías registradas durante su funcionamiento previo.

En una segunda etapa, el diseño del banco permite la revisión de parámetros en tiempo real, con el fin de verificar la coherencia entre las señales de entrada provenientes de los sensores simulados y las señales de salida generadas por la ECU hacia los actuadores. Este análisis posibilita evaluar el comportamiento lógico del módulo frente a distintas condiciones de operación.

Finalmente, el sistema incorpora la activación controlada de actuadores, lo que permite comprobar la respuesta de la ECU sin necesidad de instalarla en un vehículo real, garantizando un entorno de pruebas seguro y controlado (Barbier et al., 2022; Gabriel et al., 2024).

Para la ejecución de estas etapas, el diseño del banco considera la integración de protocolos de comunicación automotriz estandarizados, entre los cuales destacan OBD-II y CAN-BUS, debido a su capacidad para transmitir información en tiempo real y su compatibilidad con herramientas de diagnóstico y software especializado como ecu.test. Estas plataformas permiten sistematizar el análisis de las ECU, optimizando los tiempos de diagnóstico y garantizando resultados confiables en pruebas de laboratorio (Automotriz et al., 2024).

1.2 Implementación del banco comprobador de ECU

La etapa de implementación corresponde a la materialización del diseño propuesto del banco comprobador de Unidades de Control Electrónico, integrando los componentes electrónicos, eléctricos y de software definidos previamente. En esta fase se ejecuta el ensamblaje físico del sistema, la interconexión de subsistemas y la configuración funcional que permite la operación real de la ECU en un entorno de laboratorio controlado.

La implementación se desarrolla considerando las condiciones existentes en el laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz, asegurando compatibilidad con las maquetas didácticas disponibles y respetando los estándares de seguridad eléctrica y electrónica propios de los sistemas automotrices.

1.2.1 Ensamblaje físico del banco comprobador

El ensamblaje del banco comprobador se realiza sobre una estructura fija que permite el montaje seguro de la ECU, la interfaz electrónica de simulación y los elementos de conexión. La disposición física de los componentes responde a criterios de accesibilidad, orden y protección, facilitando la observación de señales y la manipulación durante las prácticas académicas.

La ECU se instala de forma independiente, conectada mediante su conector multipolar a la interfaz del banco, replicando las condiciones eléctricas reales de operación sin requerir su instalación en un vehículo. Esta configuración permite aislar la unidad de control y concentrar el análisis en su comportamiento electrónico.

La interfaz electrónica se ensambla como el elemento intermedio entre la ECU y el usuario, integrando circuitos de acondicionamiento de señales, módulos de simulación de sensores y salidas hacia actuadores de prueba. Todos los componentes se fijan de manera segura, evitando vibraciones o desconexiones involuntarias durante la operación.

1.2.2 Integración del sistema de alimentación

La alimentación del banco comprobador se implementa mediante una fuente regulada capaz de suministrar los niveles de tensión requeridos por la ECU y los circuitos auxiliares. Esta fuente reproduce las condiciones del sistema eléctrico automotriz, garantizando estabilidad en el suministro y protección frente a variaciones de voltaje.

Se incorporan elementos de protección como fusibles, diodos de protección contra inversión de polaridad y condensadores de filtrado, con el fin de preservar la integridad de la ECU durante las pruebas. La distribución de la alimentación se realiza de manera diferenciada hacia el microcontrolador, memorias, circuitos de entrada y etapas de potencia, asegurando un funcionamiento confiable del sistema.

1.2.3 Implementación de la simulación de señales de sensores

La simulación de señales se implementa mediante circuitos electrónicos capaces de generar señales analógicas y digitales equivalentes a las producidas por los sensores del sistema de inyección electrónica. Estas señales representan variables como temperatura, presión, posición y velocidad del motor.

Los circuitos de simulación permiten modificar de manera controlada los valores de las señales, reproduciendo diferentes condiciones de operación del motor. Antes de ingresar a la ECU, las señales son acondicionadas para ajustarse a los rangos de voltaje y características eléctricas requeridas, garantizando compatibilidad y evitando daños en la unidad de control.

Esta implementación permite que la ECU procese la información simulada como si proviniera de un motor en funcionamiento real, habilitando el análisis de su respuesta interna y de las señales generadas hacia los actuadores.

1.2.4 Integración de las salidas y actuadores de prueba

Las salidas de la ECU se conectan a cargas y dispositivos de prueba que representan a los actuadores del sistema de inyección electrónica, tales como inyectores, bobinas de encendido y relés. Estas conexiones se realizan a través de etapas de potencia que permiten manejar corrientes elevadas de forma segura.

La implementación de estas salidas posibilita observar el comportamiento de la ECU frente a diferentes escenarios simulados, verificando la coherencia entre las señales de entrada y las respuestas generadas. Asimismo, se incorporan mecanismos de protección contra sobre corriente y cortocircuito, garantizando la seguridad del sistema durante las prácticas de laboratorio.

1.2.5 Configuración del software de diagnóstico

Como parte de la implementación, se instala y configura el software de diagnóstico compatible con los protocolos de comunicación automotriz utilizados por la ECU. Este software permite establecer comunicación directa entre el banco comprobador y la unidad de control, facilitando la lectura de parámetros en tiempo real, códigos de falla y datos internos de funcionamiento.

La configuración del software se realiza asegurando la correcta identificación de la ECU, la selección del protocolo adecuado (OBD-II, CAN o K-Line) y la visualización estable de la información durante las pruebas. Esta integración software–hardware constituye un elemento clave para el funcionamiento del banco, ya que habilita el diagnóstico electrónico sin necesidad de un vehículo real.

1.3 Simulación del funcionamiento del sistema

La etapa de simulación tiene como finalidad verificar el comportamiento funcional de la Unidad de Control Electrónico (ECU) cuando opera en conjunto con el banco comprobador implementado, bajo condiciones controladas y sin la necesidad de un motor en funcionamiento real. Esta fase permite analizar la respuesta de la ECU frente a

diferentes escenarios operativos, garantizando que los procesos de control y diagnóstico se desarrollen conforme a lo esperado.

La simulación se realiza reproduciendo de manera artificial las señales que normalmente provienen de los sensores del motor, así como las condiciones eléctricas del sistema automotriz. De esta forma, la ECU procesa la información recibida como si se encontrara instalada en un vehículo, permitiendo evaluar su desempeño de manera segura y repetible.

1.3.1 Simulación de señales de entrada

Durante esta etapa se simulan las señales correspondientes a los sensores del sistema de inyección electrónica, tales como temperatura del motor, presión del colector de admisión, posición del acelerador y velocidad del cigüeñal. Estas señales se generan mediante los módulos de simulación integrados en el banco comprobador, permitiendo variar sus valores de forma controlada.

La modificación progresiva de las señales de entrada posibilita recrear distintos regímenes de funcionamiento del motor, desde condiciones de ralentí hasta escenarios de carga elevada. Antes de ingresar a la ECU, las señales simuladas son acondicionadas eléctricamente para asegurar compatibilidad con los rangos de operación internos de la unidad de control, evitando errores de lectura o daños en los circuitos.

1.3.2 Respuesta de la ECU ante condiciones simuladas

Una vez ingresadas las señales simuladas, la ECU ejecuta los algoritmos de control almacenados en su memoria interna y genera las señales de salida correspondientes. Durante la simulación se analiza la coherencia entre las variables de entrada y las respuestas obtenidas, verificando que la unidad de control reaccione de acuerdo con los mapas de funcionamiento establecidos.

Este proceso permite observar el comportamiento lógico de la ECU frente a variaciones de temperatura, presión y velocidad, así como identificar posibles inconsistencias en la interpretación de las señales o en la generación de comandos hacia los actuadores.

1.3.3 Simulación de actuadores y salidas del sistema

Las señales de salida generadas por la ECU durante la simulación son dirigidas hacia cargas de prueba que representan los actuadores reales del sistema de inyección electrónica. Estas cargas permiten visualizar y medir el comportamiento de las señales de control, tales como pulsos de inyección y activación de bobinas de encendido.

La simulación de actuadores facilita la verificación del correcto funcionamiento de las etapas de potencia del banco comprobador, así como la sincronización de las señales generadas por la ECU. De este modo, se comprueba que las salidas responden de forma adecuada a los cambios producidos en las señales de entrada simuladas.

1.3.4 Simulación del diagnóstico electrónico

Como parte del proceso de simulación, se establece comunicación entre la ECU y el software de diagnóstico a través de los protocolos automotrices correspondientes. Esta simulación permite acceder a parámetros en tiempo real, verificar el registro de códigos de falla y evaluar el comportamiento del sistema ante condiciones anómalas simuladas.

La generación controlada de fallas, como la alteración o interrupción de señales de sensores, posibilita comprobar la capacidad de la ECU para detectar errores y almacenar información diagnóstica en su memoria interna. Esta etapa resulta fundamental para validar la funcionalidad del banco comprobador como herramienta didáctica y de análisis electrónico.

1.3.5 Validación del funcionamiento en entorno simulado

Finalmente, la simulación permite validar el funcionamiento integral del sistema implementado, confirmando la correcta interacción entre la ECU, el banco comprobador y el software de diagnóstico. Los resultados obtenidos en esta fase evidencian que la unidad de control puede operar de manera estable y predecible bajo condiciones simuladas, sin requerir la presencia de un vehículo real.

Esta validación previa constituye un paso indispensable antes de proceder a la fase de pruebas y resultados, ya que garantiza que el sistema se encuentra en condiciones adecuadas para la evaluación experimental y el análisis de desempeño.

CAPÍTULO 2-CONEXIÓN E INFRAESTRUCTURA DEL BANCO

2.1 Diseño del Sistema

El presente capítulo describe el diseño y la infraestructura de un banco de pruebas destinado a la verificación funcional de la Unidad de Control Electrónico (ECU) del vehículo Chevrolet Aveo Family. El sistema fue concebido para simular, fuera del vehículo, condiciones representativas de operación del motor, permitiendo el análisis de señales de entrada y salida, la verificación de respuestas de la ECU y la comunicación con equipos de diagnóstico, todo ello en un entorno seguro y controlado.

El banco de pruebas fue diseñado con un enfoque académico, priorizando la comprensión de los sistemas electrónicos del motor y el fortalecimiento de las competencias en diagnóstico automotriz. Para ello, se incorporaron módulos de simulación de sensores, salidas para la verificación de actuadores, y compatibilidad con protocolos de comunicación automotriz como OBD-II, CAN y K-Line.

Desde el punto de vista estructural, el banco integra una fuente de alimentación regulada (12 V y 5 V), una placa electrónica de simulación basada en criterios funcionales del equipo MARK 50 —adaptados a los requerimientos específicos del Aveo Family—, una pantalla digital para la visualización de parámetros eléctricos, conectores DB15 y DB25, y una caja metálica distribuida en varias caras funcionales que facilitan la organización del sistema.

En la siguiente imagen **Figura 8** se visualiza el diagrama de conexión del banco de pruebas.

Señal CKP fuera de rango	Configuración errónea	ECU no habilita inyección	7	Osciloscopio + ajuste	Captura señal
--------------------------	-----------------------	---------------------------	---	-----------------------	---------------

Fuente: Elaboración propia

La matriz de riesgos (Tabla 3) presentada permite identificar y evaluar los posibles modos de falla asociados al banco de pruebas ECU, considerando sus causas, efectos y la severidad de cada evento. El análisis evidencia que los riesgos de mayor impacto corresponden a la inversión de polaridad y la sobre corriente en actuadores, ambos con severidad alta (≥ 9), ya que pueden comprometer directamente la integridad de la ECU y de las etapas de potencia. Para mitigar estos riesgos se implementaron medidas de protección como fusibles por rama, diodos de polarización y conectores diferenciados, cuya efectividad se comprobó en pruebas controladas.

Otros riesgos, como el pinout incorrecto y la señal CKP fuera de rango, presentan severidad media-alta (7–8) y afectan principalmente la funcionalidad del sistema más que su integridad física. La mitigación se logró mediante Checklist de conexión, etiquetado de pines y verificación con osciloscopio, lo que asegura que los errores de configuración puedan ser detectados y corregidos oportunamente.

En conjunto, el FMEA confirma que el diseño del banco incorpora controles preventivos y correctivos que reducen la probabilidad de fallas críticas y garantizan la seguridad operativa. Además, la trazabilidad de cada riesgo hacia su evidencia experimental fortalece la confiabilidad del sistema y demuestra que el proyecto no solo cumple con los objetivos técnicos, sino que también integra criterios de gestión de riesgos propios de la ingeniería aplicada.

2.2 Conexiones del banco de pruebas

Las conexiones del banco de pruebas fueron diseñadas para reproducir las principales señales de entrada que recibe la ECU y permitir la verificación de sus salidas en condiciones controladas. Para ello, se implementaron módulos de simulación que representan sensores fundamentales del sistema de gestión del motor, como el CKP y

CMP mediante generadores de pulsos, y sensores analógicos como IAT, TPS y MAP a través de resistencias variables y potenciómetros.

Estas señales simuladas permiten modificar parámetros como posición, temperatura y presión, facilitando el análisis de la respuesta de la ECU ante variaciones controladas. De manera complementaria, el banco dispone de salidas destinadas a la verificación de la activación de actuadores, tales como inyectores, bobinas de encendido, válvula IAC, bomba de combustible y electro ventilador, permitiendo evaluar la lógica de control del módulo electrónico sin necesidad de operar el motor real. En la **Figura 9** se presenta las conexiones internas para la conexión de los diferentes ramales.

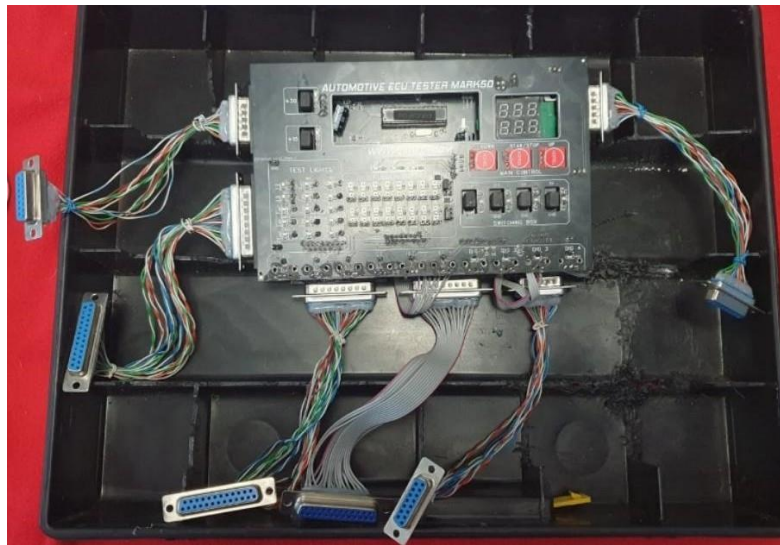


Figura 9. Panel de conexión del banco de pruebas

Fuente. Elaboración propia

2.3 Estructura general del banco

El banco de pruebas se organiza en cinco caras funcionales: superior, posterior, izquierda, frontal y derecha. Esta disposición modular facilita la comprensión del flujo de información entre sensores, ECU y actuadores, además de permitir una operación ordenada y segura durante las prácticas de laboratorio.



Figura 10. Estructura general del banco ensamblado

Fuente. Elaboración propia

2.3.1 Cara superior

La cara superior constituye el panel principal de simulación y control del banco de pruebas. En esta sección se concentran los elementos encargados de la generación de señales, el control de la alimentación y la visualización de parámetros eléctricos como se muestra en la *Figura 11*.

Incluye interruptores que simulan las condiciones de encendido del vehículo (+30 y +15), generadores de señales CKP y CMP para la sincronización de la ECU, salidas destinadas a la verificación de actuadores, un módulo de selección de tensiones (switching box) y conexiones para sensores simulados como TPS, MAP, IAT, ECT y señales digitales. Adicionalmente, incorpora una pantalla digital que permite monitorear los valores de voltaje y corriente durante la operación del banco.

Salidas hacia actuadores. Se dispone de conectores para inyectores, bobinas, válvula IAC, bomba de combustible, electro ventilador, entre otros. Las señales son activadas por la ECU y pueden ser monitoreadas en tiempo real.

Switching box:

Permite seleccionar salidas de 12V, 5V y GND para alimentar sensores simulados o módulos auxiliares.

Entradas de sensores simulados:

Se incluyen conexiones para TPS, MAP, MAF, O₂, IAT, ECT, y entradas digitales (DIG 1–4), que permiten verificar la respuesta de la ECU ante condiciones variables.

Pantalla digital

Muestra los valores de voltaje y corriente, facilitando el monitoreo del consumo eléctrico del sistema.

Panel con conectores COM2 y DB:

Este módulo forma parte del cuadro de funciones de la cara superior, donde se alojan los simuladores de señales CKP/CMP, el probador de inyectores y el generador de curvas. Es clave para la activación de señales de referencia.

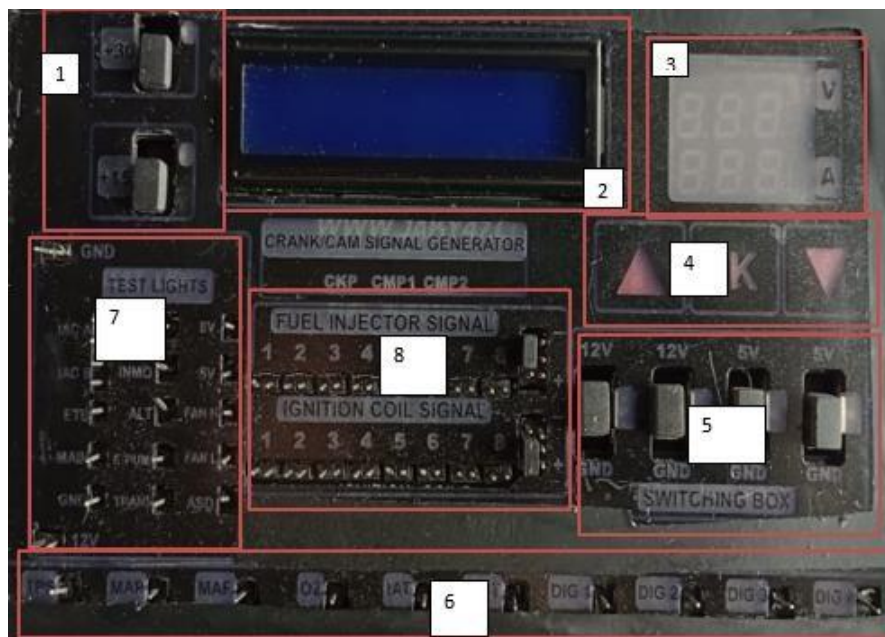


Figura 11. Diagrama eléctrico de la cara superior del banco de pruebas

Fuente: Banco de pruebas Mark50

2.4 Cara posterior

La cara posterior está destinada a la alimentación eléctrica principal y a la interfaz de comunicación con la computadora. En ella se ubican el conector de alimentación de 12 V, el terminal de tierra (GND) y un puerto USB que permite la carga de señales CKP/CMP desde la PC, asegurando un funcionamiento estable y controlado del sistema.

- **Conector de alimentación de 12V:**

Permite conectar una fuente externa de corriente continua, con un mínimo recomendado de 5 amperios. Este voltaje simula el borne positivo de la batería del vehículo.

- **Conector de tierra (GND):**

Establece la referencia negativa del sistema, asegurando la estabilidad eléctrica y la protección de los componentes electrónicos.

- **Puerto USB tipo B:**

Facilita la carga de señales CKP/CMP desde la computadora al banco, permitiendo simular condiciones específicas de operación del motor.



Figura 12. Cara posterior del banco con conectores de alimentación y puerto USB.

Fuente: Banco de pruebas Mark50

2.5 Cara izquierda

La cara izquierda concentra los elementos de comunicación y enlace con módulos externos. Aquí se ubican los conectores DB15 y DB25, que permiten la interconexión de la ECU con sistemas como el DLC, clúster o inmovilizador, además de la distribución de señales de comunicación automotriz como CAN, K-Line y SAE-J1850. El jumper de alimentación conmutada facilita la activación de módulos que requieren voltaje bajo condiciones específicas de encendido.

Elementos principales:

•**Conector DB15:**

Permite conectar módulos adicionales como el DLC, SKIM, clúster o inmovilizador. Este conector distribuye señales de comunicación como CAN High/Low, K-Line, L-Line, SAE-J1850, además de alimentaciones conmutadas (+15) y tierra (GND).

•**Jumper de alimentación conmutada:**

Al colocarse, inyecta 12V SW al pin #8 del DB15 y al pin #13 del DB25, habilitando el trabajo con módulos que requieren alimentación conmutada junto con las líneas de comunicación.

Conector DB25 #1:

Se utiliza para enlazar directamente la ECU con las señales de comunicación y alimentación. Su pinout incluye líneas de red (CAN, K-Line, SAE-J1850), alimentaciones (+30, +15) y tierras.



Figura 13. Cara izquierda del banco de pruebas.

Fuente: Banco de pruebas Mark50

2.6 Cara frontal

La cara frontal está diseñada como el principal punto de interacción del usuario con el banco de pruebas. En ella se integran las conexiones para sensores simulados, salidas para luces testigo y puntos de conexión para cargas reales como inyectores y bobinas. La disposición organizada de los conectores, mediante etiquetas y códigos de color, facilita la identificación de señales y reduce errores durante las prácticas.

- Sensores

Se incluyen conexiones para temperatura de agua, temperatura de aire, MAP, TPS, MAF, sonda lambda, etc. Estos permiten reproducir las condiciones de operación del motor sin necesidad de instalar los sensores originales.

- Luces testigo:

Se dispone de salidas hacia indicadores como Check Engine, que permiten verificar la respuesta de la ECU ante fallas simuladas.

- Inyectores y bobinas:

La cara frontal cuenta con salidas para conectar cargas reales (bobinas e inyectores), lo que permite validar la señal de activación de la ECU en condiciones similares a las del vehículo.

- Distribución organizada:

Los conectores están dispuestos en forma de tabla o panel, con códigos de colores y etiquetas que facilitan la identificación rápida de cada señal.



Figura 14. Cara frontal del banco de pruebas.

Fuente: Banco de pruebas Mark50

2.7 Cara derecha

La cara derecha está destinada a la instrumentación complementaria y a conexiones auxiliares. En esta sección se pueden integrar módulos adicionales, indicadores e interruptores que amplían las posibilidades de simulación y diagnóstico, permitiendo adaptar el banco a diferentes prácticas académicas sin interferir con las funciones principales.

- Conectores auxiliares:

Se incluyen puertos adicionales para pruebas específicas, como la conexión de sensores externos o la simulación de señales adicionales.

- Instrumentación de apoyo:

Aquí se pueden ubicar indicadores LED, interruptores o módulos que complementan la simulación de condiciones de operación del motor.

- Acceso rápido:

La disposición lateral permite que el operador conecte y desconecte periféricos sin interferir con las funciones principales de la cara frontal o superior.



Figura 15. Cara derecha del banco de pruebas.

Fuente: Banco de pruebas Mark50

2.8 Integración de las cuatro caras del banco

La integración de las distintas caras del banco de pruebas permite reproducir de manera controlada el entorno eléctrico y de comunicación del vehículo. Cada sección cumple una función específica, pero todas trabajan de forma complementaria para garantizar la simulación de señales como se muestra en **Figura 16**, la evaluación de la respuesta de la ECU y el análisis de los sistemas de inyección electrónica desde un enfoque académico y práctico.



Figura 16. Banco de pruebas implementado en un solo perfil para mejorar la facilidad del uso del equipo.

Fuente: Banco de pruebas Mark50

CAPITULO 3 – RESULTADOS Y USO

3.1. Objetivo de las pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento tienen como objetivo verificar el correcto desempeño del banco de pruebas ECU desarrollado, asegurando que cada uno de sus módulos opere de manera adecuada y permita la comprobación funcional de Unidades de Control Electrónico de sistemas de inyección electrónica del Chevrolet Aveo Family.

Asimismo, estas pruebas permiten validar que el banco de pruebas simula condiciones reales de operación del vehículo, garantizando la seguridad de la ECU y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

3.2 Condiciones previas para la ejecución de las pruebas

Antes de iniciar las pruebas de funcionamiento del banco, se verificaron las siguientes condiciones:

- Correcta instalación de la ECU en el banco de pruebas

Verificación del conexionado según el pinout correspondiente (

Alimentaciones y Masas y Relés			
Pin ECU	Función	Tipo	Color
2B – 18B	+30 Batería permanente	Alimentación	Rojo
3B	+15 Poscontacto	Alimentación	Naranja
1A	GND ECU	Masa	Negro
2A	GND ECU	Masa	Negro
17A	GND ECU	Masa	Negro
26B	Relé principal	Salida ECU	Gris
27B	Relé bomba combustible	Salida ECU	Gris
27B	Relé Aux 1 (Electro 1)	Salida ECU	Gris
12B	Relé Aux 2 (Electro 2)	Salida ECU	Gris
31A	5V ECU 1 (MAP)	Referencia 5V	Azul
17B	5V ECU 2 (ACP)	Referencia 5V	Azul
15A	5V ECU 3 (TPS)	Referencia 5V	Azul
12A	Testigo GND 1	Salida tablero	Azul
16A	Testigo GND 2	Salida tablero	Azul
32A	Testigo GND 3	Salida tablero	Azul

- **Tabla 4.** Datos de conexión para Unidad de Control Chevrolet Aveo)
- Comprobación de niveles de tensión de alimentación (12 V y 5 V)
- Inspección visual del cableado y protecciones eléctricas

- Verificación del estado de los módulos de simulación y activación

Estas condiciones previas permiten minimizar riesgos y asegurar la integridad de los componentes electrónicos durante las pruebas.



Figura 17. Verificación inicial del banco de pruebas de la computadora Aveo.

Fuente: Elaboración propia

Alimentaciones y Masas y Reles			
Pin ECU	Función	Tipo	Color
2B – 18B	+30 Batería permanente	Alimentación	Rojo
3B	+15 Poscontacto	Alimentación	Naranja
1A	GND ECU	Masa	Negro
2A	GND ECU	Masa	Negro
17A	GND ECU	Masa	Negro
26B	Relé principal	Salida ECU	Gris
27B	Relé bomba combustible	Salida ECU	Gris
27B	Relé Aux 1 (Electro 1)	Salida ECU	Gris
12B	Relé Aux 2 (Electro 2)	Salida ECU	Gris
31A	5V ECU 1 (MAP)	Referencia 5V	Azul
17B	5V ECU 2 (ACP)	Referencia 5V	Azul
15A	5V ECU 3 (TPS)	Referencia 5V	Azul
12A	Testigo GND 1	Salida tablero	Azul
16A	Testigo GND 2	Salida tablero	Azul
32A	Testigo GND 3	Salida tablero	Azul

Tabla 4. Datos de conexión para Unidad de Control Chevrolet Aveo

Fuente: Elaboración propia

3.3 Prueba del sistema de alimentación eléctrica

La primera prueba realizada consistió en verificar el correcto funcionamiento del sistema de alimentación del banco de pruebas. Se comprobó la estabilidad de los niveles de tensión suministrados a la ECU y a los módulos auxiliares, asegurando que se encuentren dentro de los rangos especificados por el fabricante.

Durante esta prueba se evaluó el correcto funcionamiento de los interruptores y protecciones eléctricas, confirmando la seguridad del sistema ante posibles sobrecargas

Figura 18.



Figura 18. *Prueba del sistema de alimentación eléctrica conectado mediante una fuente de poder que entregue 12V*

Fuente: Elaboración propia

3.4 Prueba de simulación de sensores y actuadores

Posteriormente, se realizaron pruebas de simulación de sensores, variando de manera controlada las señales eléctricas correspondientes a los sensores CKP, TPS, ECT e IAT verificando pineria según corresponde a la unidad de control como se muestra en **Tabla 5**. Estas pruebas permitieron verificar la correcta interpretación de las señales por parte de la ECU y su respuesta ante diferentes condiciones simuladas.

Señales Diagnostico			
Pin ECU	Función	Protocolo	Color
14B	CAN H	CAN Bus	Verde
30B	CAN L	CAN Bus	Blanco
15B	K-Line	Diagnóstico	Verde
SINCRONIZACION CKP Y CMP			
Pin ECU	Sensor	Tipo	Color
21A	CKP	Inductivo	Azul
6A	CKP	Inductivo	Negro
25A	CMP	Hall	Amarillo
10A	CMP	Hall	Negro
CARGAS DE ENCENDIDO E INYECCION			
Pin ECU	Carga	Tipo	Color
19A	Bobina 1	Encendido	Violeta
18A	Bobina 2	Encendido	Violeta
9A	Inyector 1	Inyección	Celeste
22A	Inyector 2	Inyección	Celeste
8A	Inyector 3	Inyección	Celeste
26A	Inyector 4	Inyección	Celeste
SEÑALES SENSORES			
Pin ECU	Sensor	Tipo	Color
11A	Temperatura agua (ECT)	Analógico	Rosa
23A	Temperatura aire (IAT)	Analógico	Rosa
24A	MAP	Analógico	Marrón
27A	Sonda Lambda / Pedal 1	Analógico	Marrón
7A	Pedal 2	Analógico	Marrón
32B	Check Engine (MIL)	Salida	Rosa

Tabla 5. Pines de conexión para diagnóstico.


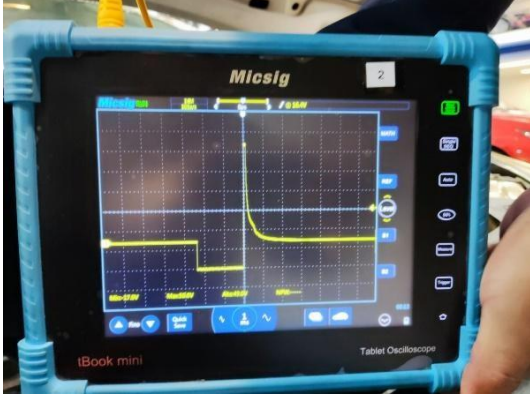

Fuente: Elaboración propia


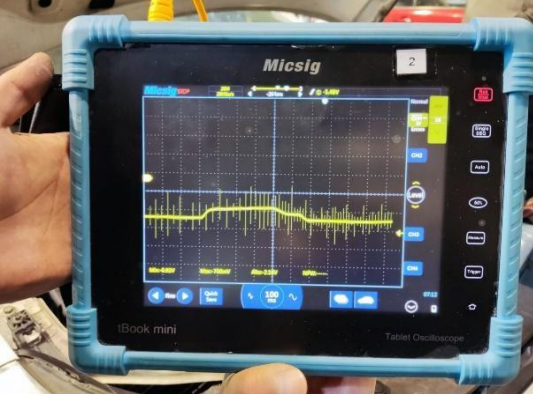
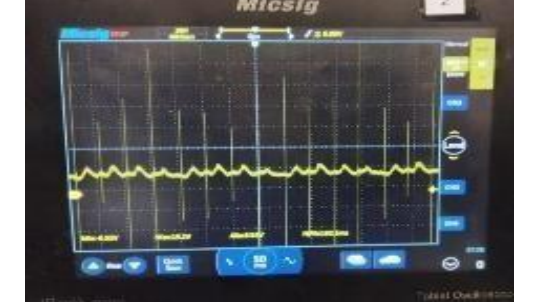
Durante las pruebas funcionales del banco de comprobación de ECU se evaluó la simulación de señales de sensores y actuadores, la generación de la señal de posición del cigüeñal (CKP) y la activación de actuadores controlados por la unidad de control electrónico. La variación controlada de las señales simuladas permitió observar cambios coherentes en los parámetros de funcionamiento registrados mediante el sistema de diagnóstico, evidenciando la correcta interpretación de las entradas por parte de la ECU. (Tabla 5)

En la prueba de simulación de sensores analógicos, como el sensor MAP, TPS, IAT y ECT, se modificaron progresivamente los valores de voltaje con el fin de representar distintas condiciones de carga del motor. La ECU respondió adecuadamente a estas variaciones, reflejando cambios consistentes en los parámetros monitoreados en tiempo real a través del banco de pruebas, obteniendo como resultados las gráficas de cada una

de los sensores y actuadores mostrados en la **Tabla 6**; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 6. Señales de sensores y actuadores

Elemento	Grafica	Observaciones
Señal sensor CKP		Señal digital pulsante con frecuencia variable según el régimen simulado del motor (=50-300 Hz). La ECU reconoció correctamente la señal, habilitando las funciones de inyección y encendido.
Señal inyector		Señal de control tipo PWM, con variación de ancho de pulso (=2-6 ms) conforme a las condiciones simuladas, evidenciando el correcto funcionamiento del driver de inyección.
Señal bobinas		Señal de disparo sincronizada con la señal CKP, confirmando el calculo adecuado del tiempo de encendido por parte de la ECU.

<p>Señal sensor MAP</p>		<p>Señal analógica de voltaje variable entre =1.0 y 4.5 V, simulando distintas condiciones de carga de motor, con respuesta coherente de la ECU.</p>
<p>Señal sensor TPS</p>		<p>Variación progresiva de voltaje desde = 0.5 V hasta 4.5 V, correspondientes a la posición del acelerador, con señal estable y continua.</p>
<p>Señal sensor IAT</p>		<p>Señal analógica con voltaje aproximado entre = 0.8 y 3.5 V, representando cambios de temperatura del aire de admisión de forma estable.</p>

3.7 Prueba del sistema de comunicación y diagnóstico

Se realizó la prueba del sistema de comunicación mediante la conexión de un escáner automotriz al conector de diagnóstico del banco de pruebas. Durante esta prueba se verificó la correcta comunicación entre la ECU y el equipo de diagnóstico, permitiendo la lectura de parámetros en tiempo real y códigos de falla como lo señala en **Tabla 7** valores obtenidos.

Señal / Variable	Condición de prueba	Valor medido en banco de pruebas	Valor de referencia ECU / Diagnóstico	Unidad
Alimentación ECU	Contacto ON	12.4	11.5 – 14.0	V
Alimentación ECU	Motor simulado en marcha	13.8	13.5 – 14.5	V
Referencia sensores	ECU energizado	4.98	5.0 ± 0.2	V
Referencia baja (masa sensores)	Continuidad	0.03	0 – 0.1	V
Voltaje base sin señal	Sensor desconectado	2.50	≈ 2.5	V
IAT	25 °C ambiente	2.32	2.0 – 2.6	V
IAT	40 °C simulados	1.48	1.2 – 1.6	V
ECT	Motor frío (20 °C)	3.45	3.0 – 3.8	V
ECT	Motor caliente (90 °C)	0.48	0.4 – 0.6	V
TPS	Mariposa cerrada	0.74	0.5 – 1.0	V
TPS	Apertura 50 %	2.31	2.0 – 2.5	V

TPS	Mariposa abierta	4.21	4.0 – 4.5	V
CKP	800 rpm simuladas	52	50 – 60	Hz
CKP	2500 rpm simuladas	165	150 – 180	Hz
CKP	Forma de onda	Senoidal	Senoidal	—
CMP	Sincronización	Correcta	Coincidente con CKP	—
Inyector	Ralentí	3.1	2 – 4	ms
Inyector	Aceleración	5.6	5 – 7	Ms

Tabla 7. Comparativa valores Referenciales del fabricante vs recopilados mediante Banco de Pruebas.

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos mediante el banco de pruebas Jaky 47 se encuentran dentro de los rangos referenciales establecidos por el fabricante, lo que valida la correcta simulación de condiciones operativas. Por ejemplo, la alimentación de la ECU en contacto ON fue de 12.4 V, dentro del rango esperado de 11.5 a 14.0 V. Asimismo, los sensores de temperatura (IAT y ECT) mostraron variaciones coherentes con los cambios simulados: el IAT pasó de 2.32 V a 1.48 V al incrementar la temperatura, y el ECT de 3.45 V a 0.48 V, reflejando correctamente el comportamiento térmico. Las señales del sensor CKP oscilaron entre 52 Hz y 165 Hz según el régimen simulado, cumpliendo con los valores esperados para 800 y 2500 rpm respectivamente. Las salidas hacia los inyectores también fueron consistentes: 3.1 ms en ralentí y 5.6 ms en aceleración, dentro de los márgenes establecidos. Estos resultados evidencian que el banco comprobador reproduce con precisión las condiciones eléctricas y funcionales requeridas para el diagnóstico de la ECU, confirmando su confiabilidad como herramienta de simulación y análisis.

3.8 Resultados de las pruebas de funcionamiento

Los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento evidencian que el banco de pruebas desarrollado cumple con los requerimientos técnicos necesarios para la comprobación funcional de ECU de sistemas de inyección electrónica. (*Figura 19*)

El banco permitió simular condiciones reales de operación, activar actuadores, leer parámetros y diagnosticar el estado de la ECU de manera segura y confiable.

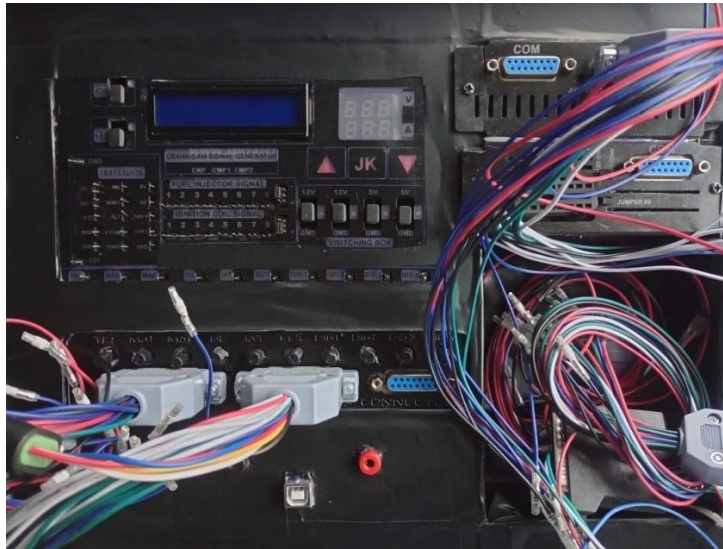


Figura 19. Panel de conexión del banco de pruebas.

Fuente: Elaboración propia

El plan de pruebas cuantitativo definido en la **Tabla 8**. Plan de pruebas cuantitativo establece las condiciones bajo las cuales se verifican los requisitos técnicos del banco de pruebas. Cada prueba corresponde directamente a un requisito medible (alimentación estable, simulación de señales, respuesta de sensores y comunicación de diagnóstico), asegurando trazabilidad entre diseño y validación. La selección de instrumentos (multímetro digital, osciloscopio y escáner OBD-II) garantiza precisión en la medición y permite evaluar tanto parámetros eléctricos como funcionales. Asimismo, la definición de rangos y criterios de aceptación proporciona un marco objetivo para determinar el cumplimiento, mientras que la repetibilidad de las pruebas asegura confiabilidad en los resultados

Tabla 8. Plan de pruebas cuantitativo

Prueba	Variable medida	Instrumento	Rango	Procedimiento	Criterio de aceptación
P1	Alimentación ECU	Multímetro digital	0–20 V	Medición con carga	12 V \pm 5%
P2	Señal CKP	Osciloscopio	0–200 Hz	Simulación 800–2500 rpm	Frecuencia dentro de rango
P3	Sensor IAT	Multímetro	0–5 V	Simulación 25–40 °C	Voltaje dentro de rango
P4	Comunicación OBD-II	Escáner	PID/DTC	Lectura continua 10 min	Sin pérdida de comunicación

Fuente: Elaboración propia

La validación del banco de pruebas se llevó a cabo mediante un proceso sistemático que incluyó la verificación funcional de cada módulo, la simulación controlada de señales de entrada y salida, y la comparación de los parámetros obtenidos con los valores de referencia establecidos por el fabricante. (*Figura 20*)

PROCESO DE COMPROBACIÓN



Figura 20. Proceso de comprobación

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas realizadas confirmaron que el sistema responde de manera precisa ante condiciones simuladas, activa correctamente los actuadores, interpreta las señales de sensores y establece comunicación confiable con equipos de diagnóstico como se puede visualizar la conexión que nos muestra en la imagen **Figura 21**.

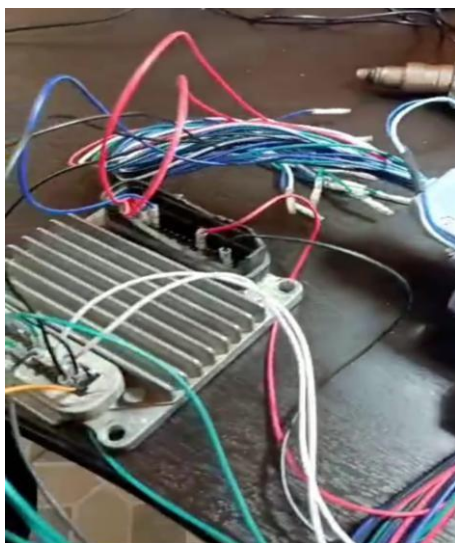


Figura 21. *Conexión de Modulo electrónico con Banco de Pruebas*

Fuente. Elaboración propia

Los resultados evidencian que el banco de pruebas desarrollado cumple con los requisitos técnicos y pedagógicos necesarios para su implementación en el laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz. Su diseño modular, su capacidad de emulación y su compatibilidad con protocolos estándar lo convierten en una herramienta segura, versátil y altamente funcional para la enseñanza del diagnóstico electrónico y la gestión de sistemas de inyección. En consecuencia, se valida su uso como recurso académico para fortalecer las competencias prácticas de los estudiantes en un entorno controlado y reproducible.

3.9 Análisis e interpretación de resultados

El análisis de los resultados obtenidos permite establecer la relación directa entre los objetivos planteados y la funcionalidad alcanzada con el banco de comprobación de ECU's desarrollado. A continuación, se presenta la interpretación de cada objetivo específico, evidenciando cómo las pruebas realizadas confirman la pertinencia técnica y pedagógica del sistema implementado en el laboratorio.

Estudio comparativo de equipos comerciales

El primer objetivo se cumplió mediante la revisión técnica de tres equipos representativos del mercado:

- El banco comercial didáctico Actia Scooby, orientado a formación técnica básica.
- El escáner automotriz profesional Autel MaxiSys, diseñado para diagnóstico en taller.
- El banco de pruebas Jaky 47, desarrollado en la UPS para fines académicos.

La comparación se presenta en la Tabla 4, considerando aspectos como compatibilidad con protocolos de comunicación (CAN, LIN, OBD-II), capacidad de simulación de sensores, control de señales y enfoque educativo. Los resultados evidencian que el banco Jaky 47 se ajusta mejor a las necesidades académicas, al permitir la simulación controlada de parámetros sin comprometer la seguridad de los estudiantes ni de los módulos electrónicos.

Tabla 9. Comparación referencial entre banco de pruebas desarrollado y bancos de pruebas comercializados.

	Banco de pruebas educativo	Equipo de diagnóstico	Banco de pruebas didáctico	Característica
Costo aproximado	Alto	Medio–alto	Bajo	Costo aproximado
Compatibilidad ECU	Limitada a modelos específicos	Amplia, sin simulación física	Personalizable	Compatibilidad ECU

Simulación de sensores	Básica	No incluye	Completa (CKP, CMP, TPS, ECT, IAT, MAP)	Simulación de sensores
Control de señales	Limitado	No aplica	Manual y configurable	Control de señales
Protocolos soportados	CAN, OBD-II	OBD-II, CAN	CAN, OBD-II	Protocolos soportados
Visualización de señales	Básica	Parámetros por software	Medición directa (multímetro/osciloscopio)	Visualización de señales
Enfoque educativo	Medio	Bajo	Alto	Enfoque educativo
Adaptación a laboratorio	Limitada	No diseñada para laboratorio	Diseñada para entorno académico	Adaptación a laboratorio

Fuente: (Laica, 2012)

Elaborado por: Elaboración propia.

Construcción del banco modular

El segundo objetivo se alcanzó mediante el diseño e implementación de un banco de pruebas de arquitectura modular, capaz de integrar diferentes señales representativas de los sistemas electrónicos del motor. El diseño modular facilitó la conexión de distintas ECU y la simulación de condiciones de operación, permitiendo realizar pruebas de manera segura y ordenada.

Los resultados obtenidos durante las pruebas confirmaron que el banco responde adecuadamente a la simulación de señales de sensores y al monitoreo de las salidas de la

ECU, validando la efectividad del diseño y su aplicabilidad en el proceso de enseñanza–aprendizaje.

Simulación de condiciones operativas

El tercer objetivo se verificó mediante la simulación de señales de entrada y salida de la ECU, considerando variaciones de tensión, frecuencia y tiempo de respuesta. Las pruebas demostraron que la ECU reconoce correctamente las señales simuladas, habilitando sus estrategias internas de control, lo que evidencia un adecuado sincronismo entre el banco de pruebas y el módulo electrónico.

La **Tabla 5**. Pines de conexión para diagnóstico. presenta los registros obtenidos durante la simulación de condiciones operativas en el banco de pruebas ECU. Se incluyen las principales señales de entrada y salida como CKP, CMP, IAT, ECT y TPS— comparadas con los rangos de referencia establecidos por el fabricante, lo que permite evidenciar la coherencia entre los valores medidos y los parámetros esperados.

Tabla 10. Registros de señales CKP y sensores

Señal / Variable	Condición simulada	Valor medido (Banco)	Rango esperado ECU	Unidad
CKP (800 rpm)	Ralentí	52	50 – 60	Hz
CKP (2500 rpm)	Aceleración	165	150 – 180	Hz
CMP	Sincronización	Coincidente	Coincidente con CKP	—
IAT	25 °C ambiente	2.32	2.0 – 2.6	V
IAT	40 °C simulados	1.48	1.2 – 1.6	V
ECT	Motor frío (20 °C)	3.45	3.0 – 3.8	V
ECT	Motor caliente (90 °C)	0.48	0.4 – 0.6	V

TPS	Cerrada	0.74	0.5 – 1.0	V
TPS	Apertura 50 %	2.31	2.0 – 2.5	V
TPS	Abierta	4.21	4.0 – 4.5	V

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que las señales simuladas fueron correctamente interpretadas por la ECU. El sensor CKP registró frecuencias de 52 Hz en ralentí y 165 Hz en aceleración, dentro de los rangos esperados de 50–60 Hz y 150–180 Hz respectivamente, confirmando un adecuado sincronismo con el CMP. Los sensores de temperatura (IAT y ECT) reflejaron la relación inversa entre voltaje y temperatura, validando la respuesta térmica del sistema. El TPS evidenció una progresión lineal de voltaje conforme a la apertura de la mariposa, desde 0.74 V en posición cerrada hasta 4.21 V en apertura total. Estos registros confirman que el banco reproduce de manera confiable las condiciones operativas, garantizando la pertinencia técnica y pedagógica del sistema implementado.

La capacidad del banco para reproducir condiciones operativas de forma controlada refuerza su utilidad pedagógica, ya que permite a los estudiantes analizar el comportamiento del sistema sin necesidad de operar el motor en condiciones reales.

Comparación con valores de referencia

El cuarto objetivo se cumplió al contrastar los valores obtenidos durante las pruebas con parámetros técnicos de referencia establecidos por el fabricante y la bibliografía especializada. La correspondencia entre los valores medidos y los rangos esperados confirma la confiabilidad del banco de pruebas para fines académicos.

Tabla 11. *Comparación de valores medidos vs referencia del fabricante*

Señal / Variable	Condición de prueba	Valor medido (Banco)	Rango de referencia ECU	Unidad	% error
-------------------------	----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	---------------	----------------

Alimentación ECU	Contacto ON	12.4	11.5 – 14.0	V	2.75
Alimentación ECU	Motor simulado	13.8	13.5 – 14.5	V	1.43
IAT	25 °C ambiente	2.32	2.0 – 2.6	V	0.87
IAT	40 °C simulados	1.48	1.2 – 1.6	V	5.71
ECT	Motor frío (20 °C)	3.45	3.0 – 3.8	V	1.47
ECT	Motor caliente (90 °C)	0.48	0.4 – 0.6	V	4.00
TPS	Cerrada	0.74	0.5 – 1.0	V	1.33
TPS	Apertura 50 %	2.31	2.0 – 2.5	V	2.67
TPS	Abierta	4.21	4.0 – 4.5	V	0.94
CKP	800 rpm simuladas	52	50 – 60	Hz	5.45
CKP	2500 rpm simuladas	165	150 – 180	Hz	0

Fuente: Elaboración propia con base en valores de referencia del fabricante.

La **Tabla 6**. Señales de sensores y actuadores evidencia la correspondencia entre los valores obtenidos en el banco de pruebas y los parámetros de referencia establecidos por el fabricante. Se observa que las mediciones de alimentación, sensores de temperatura (IAT y ECT), posición del acelerador (TPS) y señales de sincronismo (CKP y CMP) se encuentran dentro de los rangos esperados, confirmando la confiabilidad del sistema. Esta comparación valida que el banco reproduce condiciones operativas reales sin comprometer la integridad de la ECU, consolidando su utilidad como herramienta académica y de diagnóstico electrónico.

Esta validación demuestra que el equipo puede ser utilizado en el laboratorio sin comprometer la integridad de la ECU ni la seguridad de las pruebas, consolidando su uso como herramienta de apoyo al diagnóstico electrónico.

Desarrollo de material didáctico

Finalmente, el quinto objetivo se alcanzó mediante la elaboración de guías de uso y protocolos de laboratorio asociados al banco de pruebas ECU. Estos documentos se presentan en el **Anexo 1**. Manual de uso del banco de pruebas automotriz y el **Anexo 2**. Automotive ECU Test Bench – User Manual, donde se detallan los procedimientos de conexión, normas de seguridad, configuración de señales y criterios de validación funcional.

La incorporación de estos recursos asegura que el banco cumpla no solo una función técnica, sino también un propósito formativo, consolidándose como una herramienta didáctica integral. Su aplicación en prácticas académicas y proyectos de investigación fortalece las competencias técnicas de los estudiantes y promueve la integración del conocimiento teórico con la práctica experimental.

La incorporación de estos recursos asegura que el banco cumpla no solo una función técnica, sino también un propósito formativo, consolidándose como una herramienta didáctica integral.

La **Tabla 12** resume la documentación técnica que complementa el diseño descriptivo presentado en el cuerpo del trabajo. Los anexos incluyen esquemáticos eléctricos, diagramas de cableado, lista de materiales con especificaciones, planos dimensionales y bitácoras de pruebas, lo que constituye evidencia del diseño de ingeniería aplicado. Esta información asegura que el banco de pruebas no solo cumple con criterios académicos, sino también con estándares técnicos de construcción y validación.

Tabla 12. Matriz de verificación

Requisito	Prueba	Condición	# repeticiones	Resultado (prom ± DE)	Cumple (S/N)
R1	Alimentación estable	ECU encendida, carga simulada	3	12.4 ± 0.1 V	Sí
R2	CKP/CMP funcional	800 rpm simuladas	3	52 ± 1 Hz	Sí
R3	Comunicación estable	Lectura DTC/PID	3	100% éxito	Sí
R4	Protección eléctrica	Inversión polaridad	1	Fusible actuó, ECU intacta	Sí

Fuente: Elaboración propia

Síntesis de resultados

En síntesis, los resultados obtenidos demuestran que el banco de comprobación de ECU's desarrollado cumple satisfactoriamente con los objetivos planteados. Su diseño modular, capacidad de simulación, confiabilidad operativa y enfoque pedagógico lo convierten en un aporte significativo para la Carrera de Ingeniería Automotriz. La validación realizada confirma que el equipo es funcional, seguro y adecuado para el fortalecimiento de competencias en diagnóstico y análisis de sistemas de inyección electrónica.

CAPITULO 4. GESTION Y ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

4.1 Gestión del Proyecto

La gestión del proyecto constituye un elemento clave para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente proyecto. En este apartado se describen las

herramientas utilizadas para la planificación y control del proyecto, entre ellas el diagrama de Gantt **Anexo 4**.

4.2 Organización del Equipo

La organización del equipo de trabajo resulta fundamental para el desarrollo adecuado del proyecto de titulación. En esta sección se presenta la estructura organizativa del equipo, la asignación de funciones y responsabilidades, así como el uso de la bitácora ubicada en la sección de **Anexo 5**.;Error! No se encuentra el origen de la referencia., como instrumento de seguimiento mediante el cual se registran las actividades realizadas, avances y aportes de cada integrante durante el proceso del desarrollo del proyecto Anexo 6.

4.3 Evidencias objetivas de coordinación

Las evidencias objetivas de coordinación permiten respaldar el trabajo colaborativo realizado durante la elaboración del proyecto. En este apartado se incluyen las actas de reuniones las cuales se evidencian en el apartado Anexo 7., las cuales documentan los acuerdos, decisiones y compromisos asumidos entre los participantes, constituyéndose en un soporte formal que garantiza la comunicación efectiva, el control del proceso y la correcta ejecución del proyecto.

CONCLUSIONES

La implementación del banco de comprobación de ECU's para sistemas de inyección electrónica permitió verificar de manera satisfactoria su funcionamiento general y confirmar el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente trabajo de titulación. El equipo fue desarrollado bajo un enfoque modular, integrando subsistemas funcionales para alimentación, simulación de señales, activación de actuadores y diagnóstico electrónico. Si bien el presente documento presenta un diseño descriptivo, se complementa con esquemáticos eléctricos, diagramas de cableado con referencias, lista de materiales con especificaciones técnicas por componente y planos dimensionales del módulo, los cuales se incluyen en el apartado de **Anexo 3**. como evidencia del diseño

de electrónico aplicado. Esta documentación técnica respalda la construcción del banco y consolida su utilidad como herramienta de apoyo académico.

El análisis comparativo realizado con equipos comerciales, presentado en la **Tabla 4** de la sección de Resultados, evidenció que el banco desarrollado se adapta de manera más adecuada a las necesidades del entorno educativo. A diferencia de los equipos comerciales revisados (como el banco didáctico Actia Scooby y el escáner automotriz profesional Autel MaxiSys), el banco de pruebas prioriza la flexibilidad en la simulación de señales, la seguridad en la manipulación de módulos electrónicos y la comprensión integral de los procesos de inyección electrónica. Esta característica resulta especialmente relevante para el laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz, donde el enfoque pedagógico y la formación práctica de los estudiantes priman sobre la operación industrial.

La validación de los resultados obtenidos frente a valores técnicos de referencia permitió comprobar que el banco de pruebas opera dentro de rangos aceptables, garantizando un diagnóstico funcional y no invasivo de las unidades de control electrónico. Tal como se evidencia en la **Tabla 6**. Señales de sensores y actuadores de la sección de Resultados, las mediciones de alimentación, sensores de temperatura, posición del acelerador y señales de sincronismo se encuentran dentro de los rangos establecidos por el fabricante. Asimismo, la elaboración de protocolos de laboratorio y material didáctico complementario asegura que el equipo no solo cumple una función técnica, sino también formativa, facilitando la vinculación entre la teoría impartida en el aula y su aplicación práctica.

En consecuencia, se concluye que el banco de pruebas desarrollado constituye un aporte significativo para la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, al proporcionar un entorno académico controlado que fortalece las competencias en diagnóstico electrónico y análisis de sistemas de inyección. Su implementación representa una mejora en la infraestructura de enseñanza y contribuye a la formación de profesionales capaces de comprender y enfrentar los desafíos tecnológicos actuales del sector automotriz.

RECOMENDACIONES

El banco de comprobación de ECU's desarrollado constituye una herramienta académica de alto valor; sin embargo, su aprovechamiento óptimo depende de una adecuada gestión y aplicación dentro del laboratorio. En este sentido, se recomienda establecer protocolos claros de uso que garanticen la seguridad de los estudiantes y la integridad de los componentes electrónicos, evitando prácticas improvisadas que puedan afectar el correcto funcionamiento del sistema. Dichos protocolos deben contemplar la correcta conexión de los módulos, la verificación previa de los voltajes de alimentación y el uso adecuado de puntos de masa durante las mediciones.

Asimismo, se sugiere complementar las prácticas de laboratorio con sesiones de capacitación orientadas al manejo de equipos de diagnóstico y osciloscopios, con el fin de fortalecer las competencias de los estudiantes en la interpretación de señales y en la identificación de posibles fallas electrónicas. La integración del banco en las actividades académicas debe estar acompañada de guías didácticas estructuradas, que faciliten la comprensión de los procesos de simulación y validación, promoviendo un aprendizaje activo y significativo.

Se recomienda también implementar un plan de mantenimiento preventivo periódico del banco de pruebas, que incluya la revisión del estado de los módulos, conectores y cableado. Estas acciones permitirán asegurar la continuidad de las prácticas académicas y prolongar la vida útil del equipo. De igual manera, la actualización progresiva de los protocolos de diagnóstico y la posible incorporación de tecnologías de comunicación más recientes, como CAN-FD o UDS, contribuirán a mantener la vigencia del banco frente a las exigencias actuales de la industria automotriz.

Finalmente, se aconseja fomentar el uso del banco de pruebas en proyectos de investigación y trabajos de titulación, aprovechando su versatilidad para la simulación de condiciones operativas controladas y el análisis del comportamiento de las ECU. De este modo, el equipo no solo fortalecerá la formación académica de los estudiantes, sino que

también se consolidará como un recurso para la innovación y el desarrollo de soluciones aplicadas al diagnóstico electrónico automotriz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, C. G. (2022). Análisis del funcionamiento en los sensores de inyección electrónica para controlar el consumo de combustible. *Dominio de las Ciencias*, 7(2), 751–769. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i2.XXXX>

Alderete Quispe, J. (2023). *Sistemas de gestión electrónica en motores modernos: Fundamentos y aplicaciones*. Editorial Técnica Automotriz.

Alemán, E. (2024). *Elaboración de un banco de pruebas de computadoras automotrices especializado en Nissan para un diagnóstico simplificado de problemas en vehículos de inyección electrónica [Tesis de grado]*.

Alonso, J. M. (2003). *Técnicas del automóvil*. Madrid, España.

Arrow Electronics. (2020, septiembre 10). Chips de memoria: Tipos de chips de memoria computacional [Diagrama en línea]. <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/how-to-select-the-right-memory-chips-for-your-design>

Barbier, P. F. (2022). *Diagnóstico de unidades de control electrónico mediante bancos de prueba: Teoría y práctica*. Editorial Ingeniería Automotriz.

Caiza, R. (2023). *Autotrónica y sistemas de control aplicados a motores de combustión interna*. Editorial Universitaria.

Cajicasa, J. V. (2016). *Diseño y construcción de un banco comprobador de ECUs de sistemas de inyección de gasolina usando una tarjeta de adquisición Arduino Mega [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay]*.

Castelo, J., Bonilla, S., Orozco, L., & Jácome, E. (2018). Diseño y construcción de un equipo comprobador del sistema de inyección electrónica. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/03/construccion-comprobador-inyectores.html>

David, L. P. (2024). Evaluación de unidades de control electrónico mediante bancos de comparación. Editorial Técnica Automotriz.

Gabriel, A. L. (2024). Protocolos OBD-II y CAN-BUS: Aplicaciones en bancos de prueba para diagnóstico de ECU. Editorial Automotriz.

Guamaní Baños, J., & Autor adicional. (2025). Simulación Hardware-in-the-Loop y validación de sistemas de inyección electrónica. Universidad Politécnica Salesiana.

Guzmán Valle, J., & Autor adicional. (2024). Emulación de señales y validación de ECUs en laboratorios universitarios. Alma Máter del Magisterio Nacional.

Hernández, P. (2015). Banco de pruebas para inyectores electrónicos para la industria automotriz [Tesis de pregrado, Tecnológico de México]. http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1753/MDR_PIM2014137.pdf

Laica, W. (2012). Implementación de un banco de pruebas para la unidad de control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec>

Lucas, F. (2016). Software de simulación del comportamiento de sistemas de control de vehículos en función de parámetros electrónicos y medioambientales [Tesis de pregrado, Universidad de Castilla-La Mancha]. <https://ruidera.uclm.es>

Morán, G. (2022). Diseño y construcción de un banco de emulación de estados de funcionamiento y comprobación de unidades de control electrónico de motor ECM usando Arduino [Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador].

Nandakumar, K. R. (2024). Análisis de sistemas de inyección electrónica y diagnóstico mediante bancos de prueba. Editorial Ingeniería Avanzada.

Navarrete Fiallos, E., & Autor adicional. (2023). Protocolos de comunicación automotriz: Teoría y práctica en laboratorios universitarios. Editorial Automotriz Técnica.

Panasonic Industrial Devices. (2024). Basic knowledge of power circuits (4): Points to note when designing a power circuit for an ECU [Diagrama en línea]. <https://industrial.panasonic.com>

Silva, N. I. (2020). Guía básica de mecánica automotriz. Amazon Digital Services.

Urbina, A. (2008). Manual práctico de diagnóstico y corrección de fallas referentes al sistema de inyección electrónica en los vehículos de la línea Toyota [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec>

Villa, J. M. (2016). Diseño y comprobación de un banco de ECUs [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay].

Autor desconocido. (2014, marzo 21). 4F27-E 00-73 Identificación de las clavijas en el PCM [Diagrama en línea]. Scribd. <https://es.scribd.com>

ANEXOS

Anexo 1.



Carrera de Ingeniería Automotriz
Universidad Politécnica Salesiana

MANUAL DE USO – BANCO DE PRUEBAS AUTOMOTRIZ

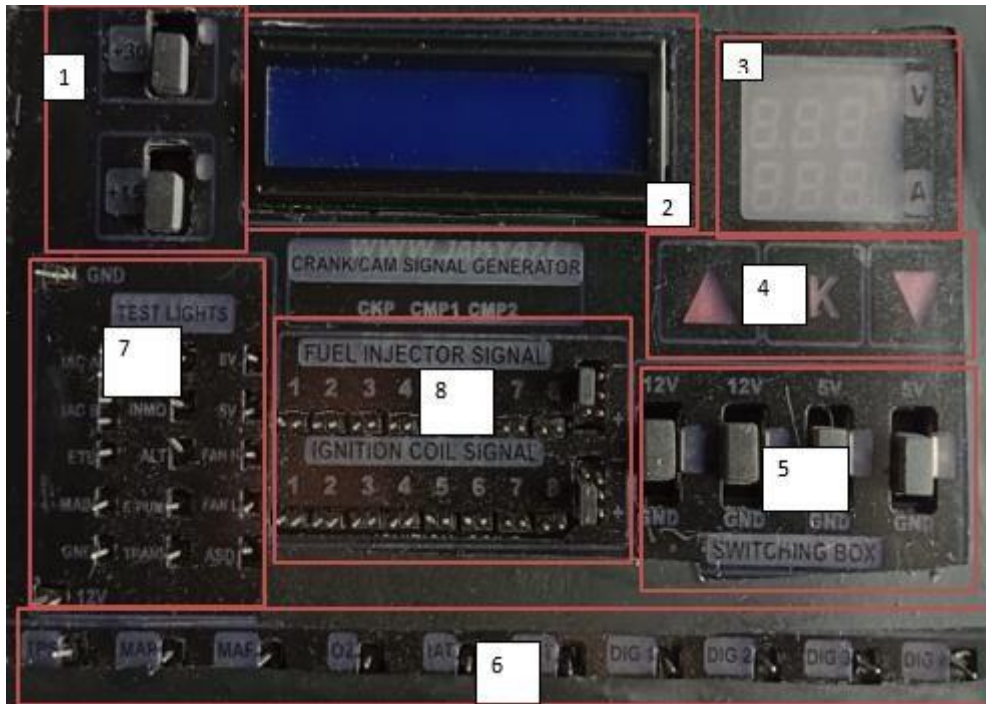
1. Introducción

Este manual describe de forma detallada el procedimiento de conexión y uso del banco de pruebas automotriz utilizado en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana.

2. Normas de Seguridad

- Verificar conexiones antes de energizar.
- No conectar ni desconectar con el equipo encendido.
- Usar fuente de 12 V regulada.
- Trabajar bajo supervisión docente.

3. Identificación de Conexiones



Control de Alimentaciones

El banco de pruebas dispone de un sistema de control de alimentación conformado por dos interruptores principales que permiten simular las condiciones reales de energización de un vehículo.

a) Switch Power / +30:

Controla la alimentación general del banco de pruebas, funcionando como el borne positivo de la batería del vehículo.

b) Switch Run / +15:

Simula la señal de ignición del vehículo, equivalente a la posición “ON” del switch de encendido.

Pantalla de Control General

Permite visualizar toda la información de operación del banco de pruebas de acuerdo con el modo seleccionado.

3 Medidor de Consumo

Incluye:

Amperímetro: Muestra el consumo total de corriente del banco y de las cargas conectadas.

Voltímetro: Indica el nivel de tensión de alimentación del equipo.

4. Cuadro de Control de Funciones

Mediante pulsadores táctiles (↑, JK y ↓) se pueden seleccionar los siguientes modos de operación:

Simulador CKP/CMP

Generador de señales CKP/CMP personalizadas

Probador de inyectores

Probador de válvulas IAC de 2 a 3 cables

Probador de válvulas IAC de 4 a 6 cables

Probador de aceleradores electrónicos

Trazador de curvas

5. Set de Sensores Simulados

Permite generar y controlar manualmente señales analógicas y digitales:

Analógicas:

TPS, MAP, MAF: 0 a 5 V

O₂: 0 a 2 V

IAT, ECT: 0 a 5 kΩ

Digitales:

MAP/ABS1, MAF/ABS2, VSS/ABS3, Tach/ABS4: 5 V, 0 a 10 kHz

Las líneas de alimentación y GND están cableadas internamente.

6. Sistema Test Light

Conformado por dos interruptores y veinte indicadores luminosos que permiten verificar las salidas de la ECU:

MIL, Inmo, Alt., ASD, Main, F. Pump, Fan H, Fan L, 8V, 5V, GND S., IAC y ETB.

7. Cuadro de Visualización de Inyectores y Bobinas

Permite observar y verificar las señales que la ECU envía a inyectores y bobinas, seleccionando señales P+ o P- y conectando cargas reales.

8. Observación y Verificación de Señales

En cada punto de visualización el banco de pruebas incorpora terminales de medición que permiten la conexión de multímetros u osciloscopios, con el fin de analizar la forma de onda y comprobar que las señales emitidas por la ECU sean correctas durante el proceso de diagnóstico.

CONECTORES DB16 Y DB25(RECUADRO AZUL)

- 1. CONECTOR DB15:** Aquí se pueden conectar módulos adicionales que se comuniquen en red, por ejemplo: DLC, Inmo, SKIM, Cluster, etc.

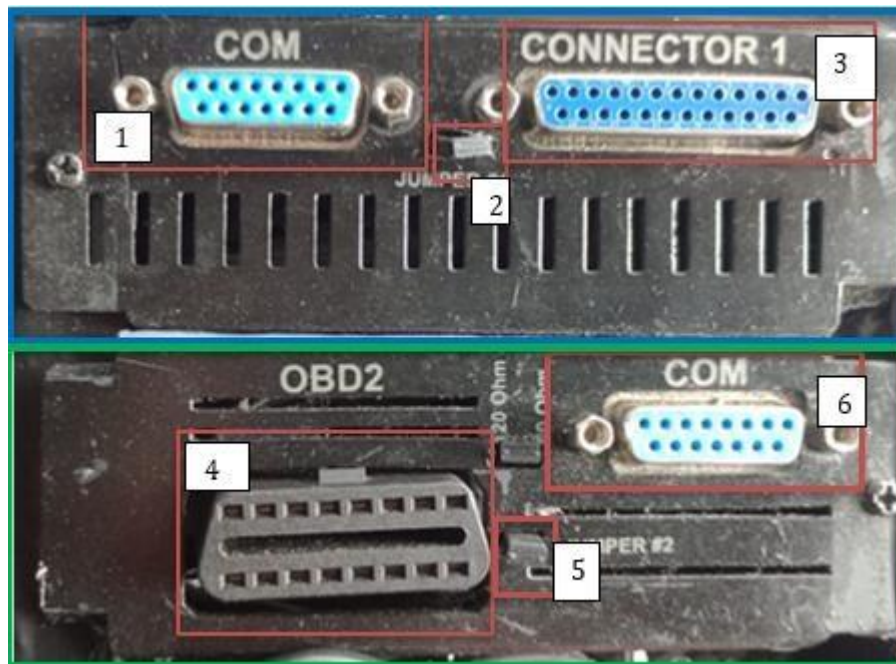
Este conector esta unido a las señales de los pines 6 al 13 y 19 al 25 del CONECTOR

CONECTOR DB15							
8	7	6	5	4	3	2	1
12V SW / +15	DLC 8	K Line	CAN + / HIGH	GND	DLC 3	(+) SAE-J1850	DLC 1
12V / +30	L Line	CAN - / LOW	DLC 13	DLC 12	DLC 11	(-) SAE-J1850	
15	14	13	12	11	10	9	

DB25 #1

- 2. JUMPER #1:** Al estar colocado este jumper se le inyectan 12V SW al pin #8 del DB15 (punto #1), al pin #13 del CONECTOR DB25 #1 (punto#3). Esto permite trabajar con aquellos módulos en Red que necesiten 12V, GND, 12V SW, y demás líneas de comunicación.
- 3. CONECTOR DB25 #1:** aquí se conecta las alimentaciones y señales de comunicación de la ECU. A continuación, se indica el pinout:

CONECTOR #1 - MARK50												
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
12V SW / +15	DLC 8	K Line	CAN + / HIGH	GND	DLC 3	(+) SAE-J1850	DLC 1	GND	GND	GND	GND	12V SW / +15
12V / +30	L Line	CAN - / LOW	DLC 13	DLC 12	DLC 11	(-) SAE-J1850	12V / +30	12V / +30	12V SW / +15	12V SW / +15	12V SW / +15	12V SW / +15
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	

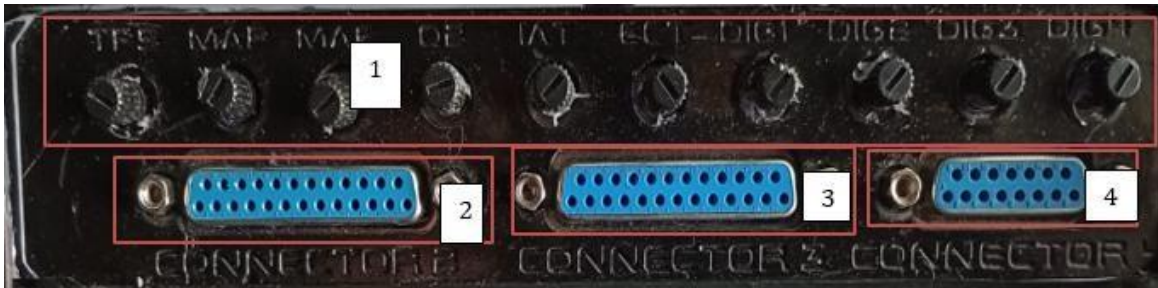


CONECTORES (RECUADRO VERDE)

4. **CONECTOR DLC:** Para conectar escáner y/o programadores OBD2.
5. **JUMPER #2:** Al estar colocado este jumper permite la conexión entre el pin #9 del DLC y el pin #8 del DB15 (punto #1), al pin #13 del CONECTOR DB25 #1 (punto#3) de la cara izquierda. Para evitar inyectarle 12V SW al Escaner/programador en caso de esta colocado el Jumper #1 (punto #2 de Cara Izquierda).
6. Conector DB15

CONECTOR DB15							
8	7	6	5	4	3	2	1
DLC 9	12V SW / +15	K Line	CAN + / HIGH	GND	DLC 3	(+) SAE-J1850	DLC 1
12V / +30	L Line	CAN - / LOW	DLC 13	DLC 12	DLC 11	(-) SAE-J1850	
15	14	13	12	11	10	9	

SET DE SENSORES Y CONECTORES



1. **SET DE SENSORES:** aquí se pueden controlar manualmente las señales simuladas de los sensores indicados en la sección 6 de la cara superior: TPS, MAP, MAF, IAT, ETC, Oxígeno, Dig1, Dig2, Dig 3 y Dig 4. Las señales Dig1 al 4, son señales digitales que pueden ser utilizadas para simular sensores digitales en general.

2. **CONECTOR DB25 #2:** aquí se conectan las salidas de la computadora que van a las luces testigo indicadas en la sección 7 de la cara superior, a continuación, el pinout:

CONECTOR #2 - MARK50												
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
IAC C	GND	MAIN	5V	8V	FAN H	FAN L	ASD					
IAC D	IAC B	IAC A	S. TRANS	F. PUMP	ALT.	INMO	MIL	ETB				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

3. **CONECTOR DB25 #3:** aquí se conectan las salidas de la computadora que van a inyectores y/o bobinas de encendido (sección 8 de la cara superior) y también están presentes las señales necesarias para utilizar las funciones de:

- Simulador de CKP/CMP
- Trazador de Curvas
- Probador de Inyectores
- Probador de Válvulas IAC de 2, 3, 4, 5 y 6 cables
- Probador de Aceleradores Electrónicos

CONECTOR #3 - MARK50												
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
COIL 1	COIL 2	COIL 3	COIL 4	COIL 5	COIL 6	COIL 7	COIL 8	12V				
INY 1	INY 2	INY 3	INY 4	INY 5	INY 6	INY 7	INY 8	CKP/IAC A	CMP1/IAC B	CMP2/IAC C	IAC D	POWER SIG
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

4. **CONECTOR DB15 #4:** aquí se conecta a la computadora las señales de sensores indicados en el punto 6 de la Cara Superior y 4 conexiones de salida de la sección “Switching Box” (sección 5 de la cara superior), a continuación, el pinout:

CONECTOR #4 - MARK50							
9	10	11	12	13	14	15	
MAP	MAF	O2	ECT	IAT	SW1	SW2	
TPS	DIG 1	DIG 2	DIG 3	DIG 4		SW3	SW4
1	2	3	4	5	6	7	8

4. Procedimiento de Conexión Paso a Paso

4.1 Conexión de la Fuente de Alimentación

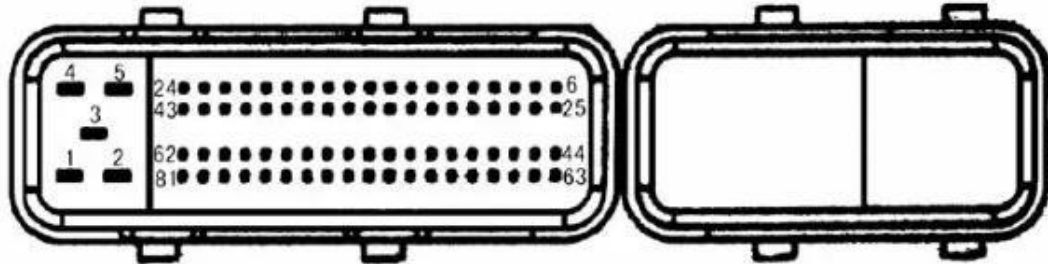
1. Conectar el terminal positivo (ROJO) de la fuente de 12 V al conector +12V del banco.
2. Conectar el terminal negativo al GND del banco. (NEGRO)
3. Verificar que los interruptores +30 y +15 estén en OFF.



4.2 Conexión de la ECU (PCM)

1. Identificar el pinout de la ECU.

PIN OUT CONEXIONES ECU AVEO



Alimentaciones y Masas y Reles			
Pin ECU	Función	Tipo	Color
2B - 18B	+30 Batería permanente	Alimentación	Rojo
3B	+15 Poscontacto	Alimentación	Naranja
1A	GND ECU	Masa	Negro
2A	GND ECU	Masa	Negro
17A	GND ECU	Masa	Negro
26B	Relé principal	Salida ECU	Gris
27B	Relé bomba combustible	Salida ECU	Gris
27B	Relé Aux 1 (Electro 1)	Salida ECU	Gris
12B	Relé Aux 2 (Electro 2)	Salida ECU	Gris
31A	5V ECU 1 (MAP)	Referencia 5V	Azul
17B	5V ECU 2 (ACP)	Referencia 5V	Azul
15A	5V ECU 3 (TPS)	Referencia 5V	Azul
12A	Testigo GND 1	Salida tablero	Azul
16A	Testigo GND 2	Salida tablero	Azul
32A	Testigo GND 3	Salida tablero	Azul

Señales Diagnostico			
Pin ECU	Función	Protocolo	Color
14B	CAN H	CAN Bus	Verde
30B	CAN L	CAN Bus	Blanco
15B	K-Line	Diagnóstico	Verde

SINCRONIZACION CKP Y CMP			
Pin ECU	Sensor	Tipo	Color
21A	CKP	Inductivo	Azul
6A	CKP	Inductivo	Negro
25A	CMP	Hall	Amarillo
10A	CMP	Hall	Negro

CARGAS DE ENCENDIDO E INYECCION			
Pin ECU	Carga	Tipo	Color
19A	Bobina 1	Encendido	Violeta
18A	Bobina 2	Encendido	Violeta
9A	Injector 1	Inyección	Celeste
22A	Injector 2	Inyección	Celeste
8A	Injector 3	Inyección	Celeste
26A	Injector 4	Inyección	Celeste

SEÑALES SENSORES			
Pin ECU	Sensor	Tipo	Color
11A	Temperatura agua (ECT)	Analógico	Rosa
23A	Temperatura aire (IAT)	Analógico	Rosa
24A	MAP	Analógico	Marrón
27A	Sonda Lambda / Pedal 1	Analógico	Marrón
7A	Pedal 2	Analógico	Marrón
32B	Check Engine (MIL)	Salida	Rosa

2. Conectar:

- +30: Alimentación directa de batería.
- +15: Señal de encendido.
- GND: Tierra.

4.3 Encendido del Sistema

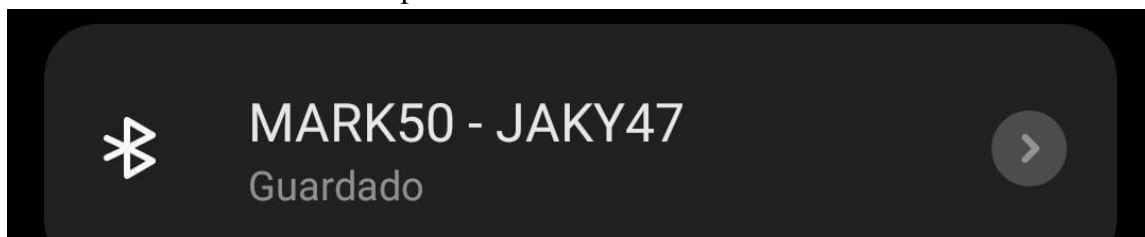
1. Activar el interruptor +30.
2. Esperar 5 segundos.
3. Activar el interruptor +15.
4. Verificar activación de luces indicadoras.

CONEXIÓN APLICACIÓN VIA BLUETHOOTH MEDIA APLICACION PARA SIMULAR SEÑALES CKP Y CMP

1. Ingresas ala aplicación Jaky47



2. Conectas el bluetooth a tu dispositivo móvil



3. Una vez conectado ingresas nuevamente a la aplicación y te diriges a configuración



4. Una vez ya emparejado al bluetooth, pones en conectar y automáticamente la maquina se conectará y te pitará un sonido de conexión y te aparecerá que esta conectado en la aplicación y también te aparece el nombre del equipo.



5. Una vez conectado nuevamente te diriges al menú principal y eliges la opción Señales CKP Y CMP para ingresar al simulador



6. Ingresas al simulador y seleccionas el vehículo que vas a simular las señales CKP Y CMP y te aparecerá en el banco de pruebas te aparecerá que se estas simulando y que esta conectado correctamente y podrás simular con cualquier marca de vehículo o computadora y a si mismo podrás simular señales de cualquier sensor.



RAMALES INCLUIDOS



- 1 Ramal #1
- 1 Ramal #2
- 1 Ramal #3
- 1 Ramal #4
- 1 Ramal para la Función de Trazador de Curvas
- 1 Cable USB tipo B
- 1 Par de cables para alimentación
- 1 Conector para Cargas Externas

Anexo 2.

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	1 de 26

AUTOMOTIVE ECU TEST BENCH
USER MANUAL

Subject to change.

Tecno Electronics JAKY, c.a.

Versión 3.0

www.jaky47.com - Atención: 0414-4477876 / 0414-4455006
E-Mail: ventas@jaky47.com tecnoelectronicsjaky@gmail.com

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	2 de 26

INDEX OF CONTENTS

INDEX OF CONTENTS 2

SAFETY RULES 3

WARNING..... 3

WATCH OUT..... 3

SYMBOLS..... 3

STRUCTURE AND FUNCTION 5

 PURPOSE 5

 STRUCTURE AND FUNCTIONING..... 5

 UPPER FACE 5

 back FACE..... 9

 LEFT FACE..... 10

 front face..... 11

 RIGHT FACE 13

OPERATING EXAMPLE 14

 JEEP WRANGLER 2002 ENGINE 4.0L ENGINE COMPUTER CONNECTION, SCANNER, DASH AND CLUSTER 14

 1. FIRST STEP: 14

 2. CONEXIÓN DE LA PCM AL BANCO DE PRUEBAS: 16

 3. CONNECTING THE DLC TO THE TEST BENCH: 17

 4. CONNECTION OF THE SKIM TO THE TEST BENCH:..... 17

 5. CONNECTION OF THE CLUSTER TO THE TEST BENCH:..... 18

Conectores del Banco de Pruebas: 19

OBDII ConNector 20

PINOUT WRANGLER 4.0l 21

BRANCH INCLUDED 26

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	3 de 26

SAFETY RULES

Before proceeding with the installation of the test bench and the verification of the piece to be tested, it is necessary to carefully read the safety regulations provided below.

WARNING

The verification of the piece to be tested may only be carried out by specialized and duly qualified personnel who have specific knowledge of the system.

Begin testing only after you have read and fully understood these instructions.

Check the part to be tested only on a tared test bench.

Before starting a test, make sure that the stopcocks are in the correct base position (see instructions for testing).

During the verification of the piece to be tested, it is essential to adhere to the corresponding instruction for the verification.

In case of doubts about the correct adjustment of the part to be tested, it is necessary to consult the vehicle manufacturer for the standard values.

WATCH OUT

It is necessary to comply with company regulations for accident prevention and national regulations.

Take into account that the plug connections of the test bench and those of the part to be tested are correctly connected.

SYMBOLS



Possible Risk

Personal or Material Damages

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	4 de 26



Imminent Risk

Personal or Material Damages



Additional instructions, information, advice.

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	5 de 26

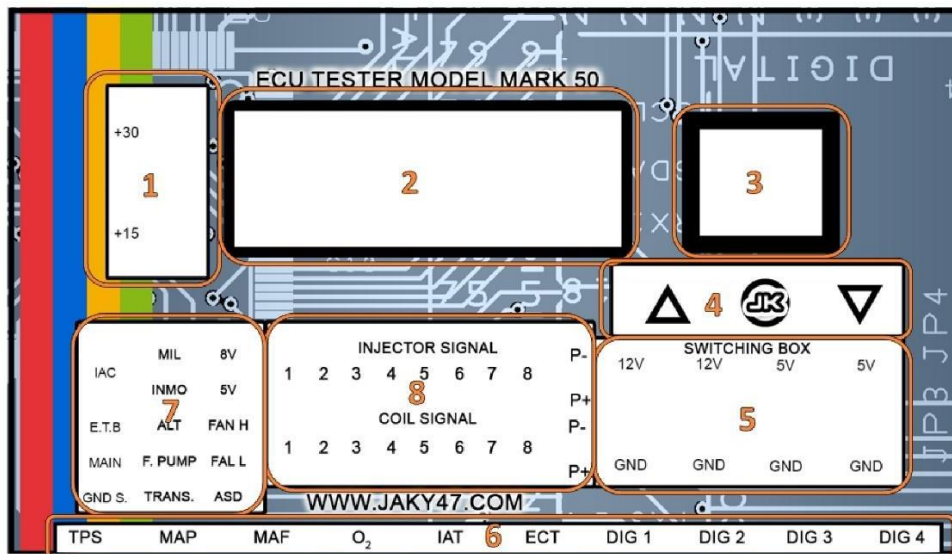
STRUCTURE AND FUNCTION

PURPOSE

The Test Bench has been provided solely to check the operation of the different inputs and outputs of the Electronic Engine Control Modules of Electronic Injection vehicles.

STRUCTURE AND FUNCTIONING

UPPER FACE



1. CONTROL OF FEEDING:

In this section we have 2 control switches:

- a) Switch "Power / +30": with this switch the general power supply of the Test Bench is controlled. It is equivalent to connecting/disconnecting the positive terminal of the car battery.

www.jaky47.com - Atención: 0414-4477876 / 0414-4455006
 E-Mail: ventas@jaky47.com tecnoelectronicsjaky@gmail.com

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	6 de 26

- b) Switch "Run / +15": with this switch the "Ignition/ignition signal" of the Test Bench is controlled. It is equivalent to placing the ignition switch of the car in the "On" position.

2. **GENERAL CONTROL SCREEN.** Here you can see all the pertinent information depending on the mode of operation selected in point #4.

3. CONSUMPTION METER

AMPERAGE AND VOLTAGE METER: In the Ammeter we can observe the general consumption of all the loads connected to the test bench (including the consumption of the Test Bench itself). In the Voltmeter we can observe the supply voltage of the Test Bench.

4. CONTROL BOX

Here through the Touch Button: ↑, JK and ↓ we can choose between the 7 functions:

- CKP/CMP Simulator
- Mode for creating Custom CKP/CMP Signals
- Injector Tester
- 2-3 Wire IAC Valve Tester
- 4-6 Wire IAC Valve Tester
- Electronic Throttle Tester
- Curve Tracer

IN THE "CKP/CMP SIMULATOR" MANUAL THE FUNCTIONING OF THIS SECTION OF THE TEST BENCH IS DEEPLY EXPLAINED

5. **SWITCHING BOX:** here there are 2 switches that place direct 12V or GND and in the intermediate position "disconnected" and 2 switches that place direct 5V or GND and in the intermediate position "disconnected". An LED to the right of the switch will turn red or green depending on the voltage applied by the switch and turn off if the switch is in the middle (off) position.

They can be used to power automotive parts with a consumption of less than 2Amp for 12V Switches, or less than 1Amp for 5V Switches. For example: 2 switches can be used to power a TPS (by placing one switch in GND and the other in 5V) and thus be able to test it with a voltmeter or oscilloscope.

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	7 de 26

6. SET OF SENSORS: Analog signals are simulated here and can be controlled manually:

- TPS, MAP, MAF: Variable voltage from 0 to 5V
- O2 (Oxygen): Variable voltage from 0 to 2V
- IAT, ECT: Variable resistor from 0 to 5k Ohm

And the digital signals:

- MAP/ABS1, MAF/ABS2, VSS/ABS3 and Tach/ABS4: Square signal with 5V amplitude and variable frequency between 0Hz and 10KHz (these values can be modified without prior notice).

Depending on the type of sensor, the power supply and/or GND are already internally wired, for this reason only the signal cable is present in the connection. For example, to connect the simulated TPS signal to the ECU, only the TPS signal cable is present in connector 4, because this TPS already has 5V and GND connected inside the Test Bench..

7. TEST LIGHT In this section we have 2 control switches and 20 test lights with which we can observe the activation of different computer outputs. For example, we can observe that the PCM activates the output of the Relay of the fuel pump for approximately 3 seconds at the moment of turning the ignition switch.

- MIL: "Check Engine" Light – Active by GND
- Inmo: Immobilizer Light – Active by GND
- Alt.: Alternator Light – Active by GND
- ASD: Chrysler "Auto Shutdown" Relay – Active by GND
- Main: Main Relay – Active by GND
- F. Pump.: Fuel Pump Relay – Active by GND
- Fan H: High speed electric fan relay – Active by GND
- Fan L: Low speed electric fan relay – Active by GND
- 8V: 8V output from Chrysler computers – Active by positive voltage
- 5V: ECU 5V output – Active by positive voltage
- GND S.: GND that the ECU places to the sensors – Active by GND
- IAC: Indicator lights to check the ECU outputs going to the IAC – Active with 12V and GND that the ECU puts to the IAC. It will light red or green depending on where the ECU places the 12V/GND
- ETB: Indicator light to check ECU output to Electronic Throttle Body – Active with variable duty cycle signal from GND

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	8 de 26



Where this indicator is present, we find a terminal which can be used to connect a multimeter or oscilloscope to be able to measure the signal that the computer is sending and thus be able to verify that it is 100% correct, in addition to observing the activation of the LED..

8. **INJECTORS AND COILS SIGNALS DISPLAY CHART.** Here we can observe the operation of the computer outputs that give a signal to injectors and ignition coils. By means of the Switches we can select if positive signals (P+) or negative signals (P-) will be detected.



Where this indicator is present, we find two terminals which can be connected to a real load (injector/ignition coil) and thus be able to verify that the signal that the computer is sending is 100% correct, in addition to observing the activation of the LED..

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	9 de 26

BACK FACE



1. **12V POWER SUPPLY:** 12V power from an external power supply is connected here. Minimum recommended 5Amp. **Maximum** operating voltage: 15V. If you want to connect it to a higher voltage, you should consult the manufacturer..



Caution: DO NOT EXCEED THE INDICATED VALUES.

2. **GND SUPPLY:** here the GND power of an external power supply is connected.
3. **USB CONNECTOR:** here the USB cable is connected to upload the CKP/CMP signals from the PC to the Test Bench.

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	10 de 26

LEFT FACE



1. **CONNECTOR DB15:** Here you can connect additional modules that communicate on the network, for example: DLC, Inmo, SKIM, Cluster, etc..

CONECTOR DB15							
8	7	6	5	4	3	2	1
12V SW / +15	DLC 8	K Line	CAN + / HIGH	GND	DLC 3	(+) SAE-J1850	DLC 1
12V / +30	L Line	CAN - / LOW	DLC 13	DLC 12	DLC 11	(-) SAE-J1850	
15	14	13	12	11	10	9	

This connector is linked to the signals from pins 6 to 13 and 19 to 25 of connector #1 (Point 3 of this section).

2. **JUMPER #1:** When this jumper is placed, 12V SW is injected to pin #8 of DB15 (point #1), to pin #13 of connector #1 (point #3). This allows to work with those modules in Network that need 12V, GND, 12V SW, and other communication lines..
3. **CONNECTOR #1:** here the power supplies and communication signals of the ECU are connected. Here is the pinout:

CONECTOR #1 - MARK50													
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
12V SW / +15	DLC 8	K Line	CAN + / HIGH	GND	DLC 3	(+) SAE-J1850	DLC 1	GND	GND	GND	GND		12V SW / +15
12V / +30	L Line	CAN - / LOW	DLC 13	DLC 12	DLC 11	(-) SAE-J1850	12V / +30	12V / +30	12V SW / +15	12V SW / +15	12V SW / +15	12V SW / +15	
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14		

- **12V SW/+15:** 12V controlled by the "RUN/+15" switch that is in section 1 of the upper face.

www.jaky47.com - Atención: 0414-4477876 / 0414-4455006
 E-Mail: ventas@jaky47.com tecnoelectronicsjaky@gmail.com

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	11 de 26

- **GND:** Direct negative from the power source. It is attached to the section 3 connector on the left face..
- **12V/+30:** Here the 12V that feeds directly to the computer is connected, the equivalent of the positive terminal of the car battery.
- **PIN 6, 7, 8, 10, 11, 12, 19, 20, 21, 22, 23 y 24:** correspond to the communication lines that the ECU may have.

If you want to connect several computers in NETWORK or if you want to connect the scanner to the computer, you must connect.

Those indicated by the pinout of the computer to be banked are connected.

FRONT FACE



1. **SENSORS SET:** here you can manually control the simulated signals of the sensors indicated in section 6 on the upper face: TPS, MAP, MAF, IAT, ETC, Oxygen, Dig1, Dig2, Dig 3 and Dig 4. Dig1 to 4 signals are digital signals that can be used to simulate digital sensors in general..
2. **CONNECTOR #2:** here you connect the outputs of the computer that go to the indicator lights indicated in section 7 on the upper face, then the pinout:

CONECTOR #2 - MARK50												
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
IAC L	GND	MAIN	SV	WV	FAN H	FAN L	ABS					
IAC D	IAC B	IAC A	S. TRANS	F. PUMP	ALT.	INMO	MIL	ETB				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

3. **CONNECTOR #3:** Computer outputs to injectors and/or ignition coils (section 8 on top face) are connected here, and the signals needed to use the ECU functions are also present.:
 - CKP/CMP Simulator
 - Curve Trace
 - Injector Tester
 - 2, 3, 4, 5 and 6 wire IAC Valve Tester
 - Electronic Throttle Tester

www.jaky47.com - Atención: 0414-4477876 / 0414-4455006
 E-Mail: ventas@jaky47.com tecnoelectronicsjaky@gmail.com

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	12 de 26

CONECTOR #3 - MARK50												
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
COIL 1	COIL 2	COIL 3	COIL 4	COIL 5	COIL 6	COIL 7	COIL 8	12V				
INY 1	INY 2	INY 3	INY 4	INY 5	INY 6	INY 7	INY 8	CKP/IACA	CMP1/IAC B	CMP2/IAC C	IAC D	POWER SIG
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

4. **CONNECTOR #4:** here the sensor signals indicated in point 6 of the Upper Face and 4 output connections of the "Switching Box" section (section 5 of the upper face) are connected to the computer, then the pinout:

CONECTOR #4 - MARK50							
9	10	11	12	13	14	15	
MAP	MAF	O2	ECT	IAT	SW1	SW2	
TPS	DIG 1	DIG 2	DIG 3	DIG 4		SW3	SW4
1	2	3	4	5	6	7	8

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	13 de 26

RIGHT FACE



1. **CONNECTOR DLC:** To connect scanner and/or OBD2 programmers.
2. **JUMPER #2:** When this jumper is placed, it allows the connection between pin #8 of the DLC and pin #7 of DB15 (point #1), to pin #13 of connector #1 (point #3) on the left side. To avoid injecting 12V SW to the Scanner/programmer in case Jumper #1 is placed (point #2 on the Left Face).

CONECTOR DB15							
8	7	6	5	4	3	2	1
DLC 9	12V SW / +15	K Line	CAN + / HIGH	GND	DLC 3	(+) SAE-J1850	DLC 1
	12V / +30	L Line	CAN - / LOW	DLC 13	DLC 12	DLC 11	(-) SAE-J1850
	15	14	13	12	11	10	9

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	14 de 26

OPERATING EXAMPLE

JEEP WRANGLER 2002 ENGINE 4.0L ENGINE COMPUTER CONNECTION, SCANNER, DASH AND CLUSTER

In this section we will indicate step by step how to connect a 2002 Jeep Wrangler engine computer, 4.0L engine, and various additional accessories, to make a general diagnosis of the computer..

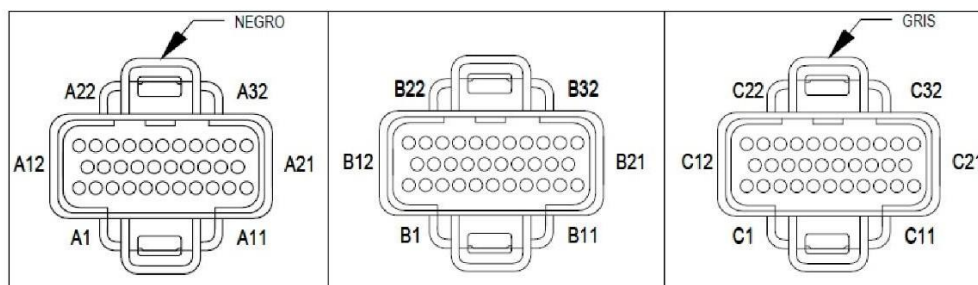
1. **FIRST STEP:** Find the pinout of the parts to connect to the test bench. Software and manuals are included with the Benchmark where you can get enough pinouts to start working with the equipment. If the pinout of the computer you want to test does not appear, you should look in other software/manuals until you get it.



Watch out: A bad connection can cause damage to both the computer and the Test Bench

At the end of this section are the pinouts of the computers and modules that we will use, here we will place the "Summary" of pins to use:

PCM:



CONECTOR A

- GND: 31 y 32 (as there is continuity between them we will only connect 32)
- 12V/+30: 22
- 12V SW/+15: 2
- CKP: 8
- CMP1: 18
- ECT: 16

CONECTOR B

- Oil pressure: 23
- Injector 1: 4
- Injector 2: 15

- Injector 3: 5
- Injector 4: 16
- Injector 5: 6
- Injector 6: 12

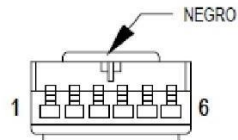
CONECTOR C

- CCD- TCM/Cluster data: 28
- CCD+ TCM/Cluster data: 30
- Fuel pump relay output: 19
- Transmission of SCI/ISO9141K: 27
- SCI reception: 29
- Electro Fan Relay Output: 2

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	15 de 26

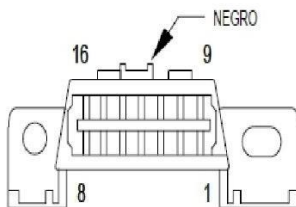
SKIM:

- GND: 2 y 4 (as there is continuity between them we will only connect the 2)
- 12V/+30: 1



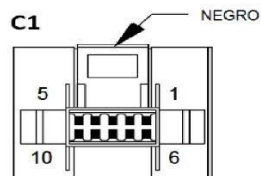
- 12V SW/+15: 3
- CCD- TCM/Cluster data: 28
- CCD+ TCM/Cluster data: 30

DLC:



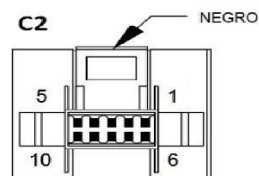
- GND: 4 y 5 (as there is continuity between them we will only connect 5)
- 12V/+30: 16
- CCD- TCM/Cluster data: 11
- CCD+ TCM/Cluster data: 3
- Transmission of SCI/ISO9141K: 7
- SCI reception: 6

CLÚSTER:



Conector C1:

- GND: 6
- 12V/+30: 9
- 12V SW/+15: 8



Conector C2:

- CCD- TCM/Cluster data: 1
- CCD+ TCM/Cluster data: 2

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	16 de 26

2. CONNECTION OF THE PCM TO THE TEST BENCH:

We connect the Test Bench to an external power source.

We place the 12V/+30 and 12V SW/+15 switch in the OFF position (completely down).

We connect all the pins of the PCM to the test bench except pins 27, 28, 29 and 30 of the PCM. We will make this connection as follows:

PCM			TESTING BENCH		
CONNECTOR	FUNCTION	PIN #	CONNECTOR	FUNCTION	PIN #
A	GND	32	1	GND	2
	12V/+30	22	1	12V/+30	17
	12V SW/+15	2	1	12V SW/+15	1
	CKP	8	3	CKP	9
	CMP	18	3	CMP1	10
	ECT	16	4	ECT	12
B	Injector 1	32	3	INY 1	1
	Injector 2	22	3	INY 2	2
	Injector3	2	3	INY 3	3
	Injector4	8	3	INY 4	4
	Injector5	18	3	INY 5	5
	Injector6	16	3	INY 6	6
	Oil pressure	23	4	MAF	10 (*)
C	CCD- TCM/Cluster data	28	1	(**)	21
	CCD+ TCM/Cluster data	30	1	(**)	8
	Fuel pump relay output	19	2	F. PUMP	5
	Transmission of SCI/ISO9141K	27	1	(**)	12
	SCI reception	29	1	(**)	11
	Electro Fan Relay Output	2	2	FAN H	19

(*)This car model does not use MAF sensor. However, the MAF signal simulated by the Test Bench is the same as the one the PCM receives from the oil pressure sensor. Making this connection we can simulate different oil pressure variations by varying the knob of the Analog MAF Sensor..

(**)To connect this signal we will respect the positions to which the signals arrive according to the DLC pinout

Up to this point we can turn on the Test Bench by means of the 12V/+30 switch (simulates that we connect the positive terminal of the battery), after about 5 seconds we can simulate that we pass the ignition switch to the "RUN" position (switch 12V SW/+15) and we will see how the fuel pump relay indicator light is activated for approximately 3 seconds.

We proceed to upload the Jeep 4.0L signal to the test bench (explained in the CKP/CMP simulator manual).

With both signals active (+30 and +15) we can activate the CKP/CMP signal (it is explained in the CKP/CMP simulator manual) and we will see how the pulses are activated in injectors in the Test Bench, it is activated and The fuel pump relay

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	17 de 26

indicator light stays on. If we vary the temperature of the ECT we can see how the indicator light of the electric fan relay (FAN H) is activated..

Once the operation has been verified, we can connect the following additional modules:

- Scanner
- SKIM
- Cluster

3. CONNECTING THE DLC TO THE TEST BENCH:

Now we will connect the DLC. As we already know, the DB15 connectors are all connected in parallel, so the pinout for all of them is the same. We also know that the DB15 connectors are connected to connector 1 on pins 6 to 13 and 19 to 25, so since we already connected the PCM communication lines to connector 1 we only need to connect the DLC to any of the DB15 to be able to scan the ECU as below:

DLC			TESTING BENCH		
CONNECTOR	FUNCTION	PIN #	CONNECTOR	FUNCTION	PIN #
DLC	GND	4	DB15	GND	4
	GND	5		GND	4
	12V/+30	16		12V/+30	15
	CCD+ TCM/Cluster data	11		---	11
	CCD+ TCM/Cluster data	3		---	3
	Transmission of SCI/ISO9141K	7		---	7
	SCI reception	6		K Line	6

With this connection we can now leave the +30 and +15 Switches active, connect the scanner to DB15 and scan the PCM. In this way we can scan the PCM, read the data in real time, make programming, etc. This with Jumper #1 connected, and Jumper #2 disconnected..

4. CONNECTION OF THE SKIM TO THE TEST BENCH:

Next the connection of the SKIM:

SKIM			TESTING BENCH		
CONNECTOR	FUNCTION	PIN #	CONNECTOR	FUNCTION	PIN #
DLC	GND	2	DB15	GND	4
	GND	3		GND	4
	12V/+30	1		12V/+30	15
	12V SW / +15	3		12V SW/+15	8
	CCD+ TCM/Cluster data	5		---	11
	CCD+ TCM/Cluster data	6		---	3

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	18 de 26

If the computer works with immobilizer with this connection we can make it start with pulses in both injectors and ignition coils. We will also be able to program the SKIM and add new keys to it using the appropriate scanner/programmer that we have already connected in the previous step. This with Jumper #1 connected, and Jumper #2 disconnected..

5. CONNECTION OF THE CLUSTER TO THE TEST BENCH:

Next the connection of the Cluster:

CLUSTER			TESTING BENCH		
CONNECTOR	FUNCTION	PIN #	CONNECTOR	FUNCTION	PIN #
C1	GND	6	DB15	GND	4
	12V SW/+15	8		12V/+30	15
	12V/+30	9		12V SW/+15	8
C2	GND	9	DB15	GND	4
	CCD+ TCM/Cluster data	1		---	11
	CCD+ TCM/Cluster data	2		---	3

By making this connection we can see in real time the signals of RPM, Oil Pressure, MIL Light, Real Estate Light, battery voltage and coolant temperature. This with Jumper #1 connected, and Jumper #2 disconnected..

FECHA:	04/10/2022
PÁGINA	19 de 26

CONECTORES DEL BANCO DE PRUEBAS:

CONECTOR #1 - MARK50												
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
12V SW / +15	DLC 8	K Line	CAN + / HIGH	GND	DLC 3	(+) SAE-J1850	DLC 1	GND	GND	GND	GND	12V SW / +15
12V / +30	L Line	CAN - / LOW	DLC 13	DLC 12	DLC 11	(-) SAE-J1850	12V / +30	12V / +30	12V SW / +15	12V SW / +15	12V SW / +15	12V SW / +15
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	

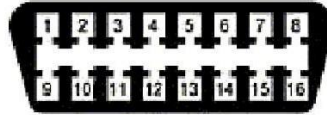
CONECTOR #2 - MARK50													
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
IAC C	GND	MAIN	SV	EV	FAN H	FAN L	ASD						
IAC D	IAC B	IAC A	S. TRANS	F. PUMP	ALT.	INMO	MIL	ETB		10	11	12	13

CONECTOR #3 - MARK50												
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
COIL 1	COIL 2	COIL 3	COIL 4	COIL 5	COIL 6	COIL 7	COIL 8	12V				
INY 1	INY 2	INY 3	INY 4	INY 5	INY 6	INY 7	INY 8	CKP/IAC A	CMP1/IAC B	CMP2/IAC C	IAC D	POWER SIG
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

CONECTOR #4 - MARK50							
9	10	11	12	13	14	15	
MAP	MAF	O2	ECT	IAT	SW1	SW2	
TPS	DIG 1	DIG 2	DIG 3	DIG 4	SW3	SW4	
1	2	3	4	5	6	7	8

CONECTOR DB15							
8	7	6	5	4	3	2	1
12V SW / +15	DLC 8	K Line	CAN + / HIGH	GND	DLC 3	(+) SAE-J1850	DLC 1
12V / +30	L Line	CAN - / LOW	DLC 13	DLC 12	DLC 11	(-) SAE-J1850	
15	14	13	12	11	10	9	

OBDDII CONNECTOR



- | | |
|---|--|
| 1. - | 9. - |
| 2. Bus positive Line of SAE-J1850 | 10. Bus negative Line of SAE-J1850 |
| 3. - | 11. - |
| 4. Chassis ground | 12. - |
| 5. Signal ground | 13. - |
| 6. CAN high (ISO 15765-4 and SAE-J2234) | 14. CAN low (ISO 15765-4 and SAE-J2234) |
| 7. K line of ISO 9141-2 and ISO 14230-4 | 15. L line of ISO 9141-2 and ISO 14230-4 |
| 8. - | 16. Battery voltaje |

CAN Protocol Pins

Pin #	Description
5	Ground
6	Data
14	Data
16	Power

ISO and KWP Protocol Pins

Pin #	Description
5	Ground
7	Data
15	Data (this pin is optional and may not be present)
16	Power

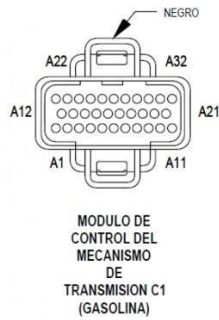
VPW Protocol Pins

Pin #	Description
2	Data
5	Ground
16	Power

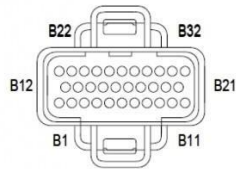
PWM Protocol Pins

Pin #	Description
2	Data
5	Ground
10	Data
16	Power

PINOUT WRANGLER 4.0L

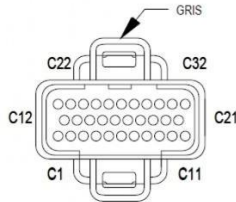


A1	-	-
A2	F12 18DB/WT	SALIDA DEL CONMUTADOR DEL ENCENDIDO PROTEGIDO POR FUSIBLE (ST/RUN)
A3	-	-
A4	K167 18BR/YL	MASA DEL SENSOR
A5	-	-
A6	T41 18BK/WT ●	DETECCION DEL CONMUTADOR DE POSICION ESTACIONAMIENTO/PUNTO MUERTO
A6	Z1 18BK ▲▲	MASA
A6	T41 18BK/WT ●●	DETECCION DEL CONMUTADOR DE POSICION DE LA TRANSMISION
A7	K19 18GY	IMPULSOR DE BOBINA DE ENCENDIDO NO. 1
A8	K24 18GY/BK	SEÑAL DEL SENSOR DE POSICION DEL CIGUEÑAL
A9	-	-
A10	K60 18YL/BK	IMPULSOR DE CONTROL DE AIRE DE RALENTI NO. 2
A11	K40 18BR/WT	IMPULSOR DE CONTROL DE AIRE DE RALENTI NO. 3
A12	K10 18DB/BR ▲	DETECCION DE CONMUTADOR DE PRESION DE DIRECCION ASISTIDA
A12	K78 18GY ●●	ACCIONADOR DE RALENTI
A13	-	-
A14	-	-
A15	K21 18BK/RD	SEÑAL DE SENSOR DE TEMPERATURA DE AIRE DE ADMISION
A16	K2 18TN/BK	SEÑAL DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR
A17	K7 18OR	SUMINISTRO DE 5 VOLTIOS
A18	K44 18TN/YL	SEÑAL DEL SENSOR DE POSICION DEL ARBOL DE LEVAS
A19	K39 18GY/RD	IMPULSOR DE CONTROL DE AIRE DE RALENTI NO. 1
A20	K59 18VT/BK	IMPULSOR DE CONTROL DE AIRE DE RALENTI NO. 4
A21	-	-
A22	A61 16DG/BK	B(+) PROT. POR FUSIBLE
A23	K22 18OR/DB	SEÑAL DEL SENSOR DE POSICION DE LA MARIPOSA DEL ACELERADOR
A24	K41 18BK/DG	SEÑAL DE SENSOR DE OXIGENO 1/1
A25	K141 18TN/WT	SEÑAL DE SENSOR DE OXIGENO 1/2
A26	-	-
A27	K1 18DG/RD	SEÑAL DEL SENSOR DE PRESION ABSOLUTA DEL TUBO MULTIPLE
A28	-	-
A29	-	-
A30	-	-
A31	Z12 14BK/TN	MASA
A32	Z12 14BK/TN	MASA



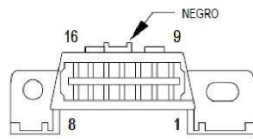
MODULO DE CONTROL DEL MECANISMO DE TRANSMISION C2 (GASOLINA)

CAV.	CIRCUITO	FUNCION
B1	-	-
B2	-	-
B3	-	-
B4	K11 18WT/DB	IMPULSOR DE INYECTOR DE COMBUSTIBLE NO. 1
B5	K13 18YL/WT	IMPULSOR DE INYECTOR DE COMBUSTIBLE NO. 3
B6	K15 18PK/BK ●	IMPULSOR DE INYECTOR NO. 5
B7	-	-
B8	-	-
B9	-	-
B10	K20 18DG	IMPULSOR DE CAMPO DEL GENERADOR (+)
B11	K54 18OR/BK ●●	CONTROL DEL SOLENOIDE DE EMBRAGUE DE CONVERTIDOR DE PAR
B12	K16 18LG/BK ●	IMPULSOR DE INYECTOR NO. 6
B13	-	-
B14	-	-
B15	K12 18TN	IMPULSOR DE INYECTOR DE COMBUSTIBLE NO. 2
B16	K14 18LB/BR	IMPULSOR DE INYECTOR DE COMBUSTIBLE NO. 4
B17	-	-
B18	-	-
B19	-	-
B20	-	-
B21	-	-
B22	-	-
B23	G60 18GY/YL	SEÑAL DE SENSOR DE PRESION DE ACEITE DEL MOTOR
B24	-	-
B25	-	-
B26	-	-
B27	G7 18WT/OR	SEÑAL DEL SENSOR DE VELOCIDAD DEL VEHICULO
B28	-	-
B29	-	-
B30	-	-
B31	K6 18VT/OR	ALIMENTACION DE 5 VOLTIOS
B32	-	-



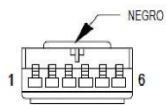
MODULO DE CONTROL DEL MECANISMO DE TRANSMISION - C3 (GASOLINA)

CAV.	CIRCUITO	FUNCION
C1	C13 18DB/OR	CONTROL DEL RELE DE EMBRAGUE DEL COMPRESOR DEL A/A
C2	C27 18DB/PK	CONTROL DE RELE DE VENTILADOR DE RADIADOR
C3	K51 18DB/YL	CONTROL DEL RELE DE CIERRE AUTOMATICO
C4	V36 18TN/RD	CONTROL DEL SOLENOIDE DE VACIO DE CONTROL DE VELOCIDAD
C5	V35 18LG/RD	CONTROL DEL SOLENOIDE DE VENTILACION DE CONTROL DE VELOCIDAD
C6	-	-
C7	-	-
C8	-	-
C9	-	-
C10	K106 18WT/DG	● CONTROL DE SOLENOIDE DE BOMBA DE DETECCION DE FUGAS
C11	V32 18YL/RD	ALIMENTACION ELECTRICA DEL CONTROL DE VELOCIDAD
C12	A142 18DG/OR	SALIDA DEL RELE DE CIERRE AUTOMATICO
C13	-	-
C14	K105 18OR	● DETECCION DE CONMUTADOR DE BOMBA DE DETECCION DE FUGAS
C15	K118 18PK/YL	SEÑAL DE SENSOR DE TEMPERATURA DE LA BATERIA
C16	-	-
C17	-	-
C18	-	-
C19	K31 18BR	CONTROL DEL RELE DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE
C20	K52 18PK/BK	CONTROL DE SOLENOIDE DE EVAP/IMPIEZA DE CICLO DE SERVICIO
C21	-	-
C22	C22 18DB/WT	DETECCION DEL CONMUTADOR DEL A/A
C23	C90 18LG	ENTRADA DE SELECCION DEL A/A
C24	K29 18WT/PK	DETECCION DEL CONMUTADOR DE FARO DE FRENO
C25	K72 18DG/OR	IMPULSOR DEL GENERADOR
C26	K226 18DB/LG	SEÑAL DEL SENSOR DEL NIVEL DE COMBUSTIBLE
C27	D21 18PK	TRANSMISION DE SCIIISO 9141K
C28	D2 18WT/BK	BARRA BUS CCD (-)
C29	D20 18LG/BK	RECEPCION DE SCI
C30	D1 18VT/BR	BARRA BUS CCD (+)
C31	-	-
C32	V37 18RD/LG	SEÑAL DEL CONMUTADOR DE CONTROL DE VELOCIDAD



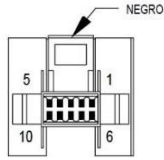
CONECTOR DE ENLACE DE DATOS

CAV.	CIRCUITO	FUNCION
1	-	-
2	-	-
3	D1 18VT/BR	BARRA BUS CCD (+)
4	Z1 18BK	MASA
5	Z12 18BK/TN	MASA
6	D20 20LG/BK	RECEPCION DE INTERFAZ DE COMUNICACION EN SERIE (SCI)
7	D21 20PK	TRANSMISION DE SCI/ISO 9141K
8	-	-
9	-	-
10	-	-
11	D2 18WT/BK	BARRA BUS CCD (-)
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-
16	F34 18TN/BK	B(+) PROT. POR FUSIBLE



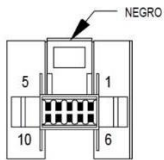
MODULO DE INMOVILIZADOR CON LLAVE CENTINELA (EXCEPTO POLICIA/ POSTAL)

CAV	CIRCUITO	FUNCION
1	F1 20DB/GY	B(+) PROT. POR FUSIBLE
2	Z2 20BK/LG	MASA
3	F87 20WT/BK	SALIDA DEL CONMUTADOR DEL ENCENDIDO PROTEGIDO POR FUSIBLE (STIRUN)
4	Z2 20BK/LG	MASA
5	D2 20WT/BK	BARRA BUS CCD (-)
6	D1 20VT/BR	BARRA BUS CCD (+)



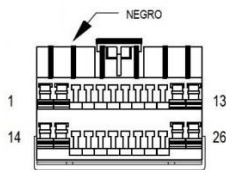
GRUPO DE INSTRUMENTOS C1
(VOLANTE A LA IZQUIERDA)

CAV.	CIRCUITO	FUNCION
1	G78 20TN/BK	DETECCION DE CONMUTADOR DE COMPUERTA LEVADIZA
2	G99 20GY/WT	IMPULSOR DEL INDICADOR DE LUZ ROJA DE ADVERTENCIA DE FRENO
3	E2 20OR	SEÑAL DE CONMUTADOR ATENUADOR DE LUCES DEL TABLERO PROT. POR FUSIBLE
4	G19 20LG/OR	IMPULSOR DE INDICADOR DEL ABS
5	G34 16RD/GY	IMPULSOR DE INDICADOR DE LUZ DE CARRETERA
6	Z2 20BK/LG	MASA
7	G29 20BK/LB	DETECCION DE LIQUIDO LAVADOR BAJO
8	F87 20WT/BK	SALIDA DEL INTERRUPTOR DE ENCENDIDO PROT. POR FUSIBLE (START-RUN)
9	M1 20PK	B(+) PROT. POR FUSIBLE
10	L61 20LG/WT	SEÑAL DE GIRO IZQUIERDA



GRUPO DE INSTRUMENTOS C2

CAV.	CIRCUITO	FUNCION
1	D2 20WT/BK	BARRA BUS CCD (-)
2	D1 20VT/BR	BARRA BUS CCD (+)
3	C81 20LB/WT	CONTROL DE RELE DE DESEMPAÑADOR DE LUNETAS TRASERA
4	C80 20DB/WT	DETECCION DE CONMUTADOR DE DESEMPAÑADOR DE LUNETAS TRASERA
5	G107 20BK/RD	DETECCION DE CONMUTADOR DE 4WD
6	L60 20TN	SEÑAL DE GIRO DERECHA
7	G106 20BK/WT	LUZ INDICADORA DE 4WD TIEMPO PARCIAL
8	G26 20LB	DETECCION DE INHIBICION DE BLOQUEO DE PUERTAS
9	Z2 18BK/LG	MASA
10	G10 20LG/RD	DETECCION DEL CONMUTADOR DEL CINTURON DE SEGURIDAD



MODULO DE CONTROL DE LA TRANSMISION (4.0L)

CAV.	CIRCUITO	FUNCION
1	T31 20VT/LG	MASA DE SENSOR DE VELOCIDAD DE IMPULSION
2	T52 20RD/BK	SEÑAL DE SENSOR DE VELOCIDAD DE IMPULSION
3	T13 20DB/BK	MASA DE SENSOR DE VELOCIDAD DE TRANSMISION
4	T14 20LG/WT	SEÑAL DE VELOCIDAD DE TRANSMISION
5	-	-
6	D2 20WT/BK	BARRA BUS CCD (-)
7	D1 20VT/BR	BARRA BUS CCD (+)
8	-	-
9	T3 18VT	DETECCION DE T3 DE TRS
10	-	-
11	T22 20DB/WT	CONTROL DE SOLENOIDE
12	T19 20WT	CONTROL DE SOLENOIDE A
13	T60 20OR/WT	CONTROL DE SOLENOIDE B
14	D21 20PK	TRANSMISION DE SCI/ISO 9141K
15	-	-
16	K167 20BR/YL	MASA DEL SENSOR
17	K22 20OR/DB	SEÑAL DEL SENSOR DE POSICION DE LA MARIPOSA DEL ACELERADOR
18	L10 18BR/LG	DETECCION DE MARCHA ATRAS DE TRS
19	-	-
20	-	-
21	T42 18VT/WT	DETECCION DE T42 DE TRS
22	T1 18LG/BK	DETECCION DE T1 DE TRS
23	K29 20WT/PK	DETECCION DEL CONMUTADOR DE FRENO
24	Z12 18BK/TN	MASA
25	M1 20PK	B(+) PROT. POR FUSIBLE
26	F12 18DB/WT	SALIDA DEL CONMUTADOR DEL ENCENDIDO PROTEGIDO POR FUSIBLE (STRUN)

BRANCH INCLUDED



- 1 Branch #1
- 1 Branch #2
- 1 Branch #3
- 1 Branch #4
- 1 Branch for Curve Tracer Function
- 1 USB Type-B cable
- 1 pair of power cables
- 1 Connector for External Loads

FECHA:	04/30/2022
PÁGINA	1 de 26

AUTOMOTIVE ECU TEST BENCH
USER MANUAL

Subject to change.

Tecno Electronics JAKY, c.a.

Versión 3.0

FECHA:	04/30/2022
PÁGINA	2 de 26

INDEX OF CONTENTS

INDEX OF CONTENTS 2

SAFETY RULES 3

WARNING..... 3

WATCH OUT..... 3

SYMBOLS..... 3

STRUCTURE AND FUNCTION..... 5

 PURPOSE 5

 STRUCTURE AND FUNCTIONING..... 5

 UPPER FACE 5

 back FACE..... 9

 LEFT FACE..... 10

 front face..... 11

 RIGHT FACE 13

OPERATING EXAMPLE 14

 JEEP WRANGLER 2002 ENGINE 4.0L ENGINE COMPUTER CONNECTION, SCANNER, DASH AND CLUSTER..... 14

 1. FIRST STEP: 14

 2. CONEXIÓN DE LA PCM AL BANCO DE PRUEBAS:..... 16

 3. CONNECTING THE DLC TO THE TEST BENCH: 17

 4. CONNECTION OF THE SKIM TO THE TEST BENCH:..... 17

 5. CONNECTION OF THE CLUSTER TO THE TEST BENCH:..... 18

Conectores del Banco de Pruebas: 19

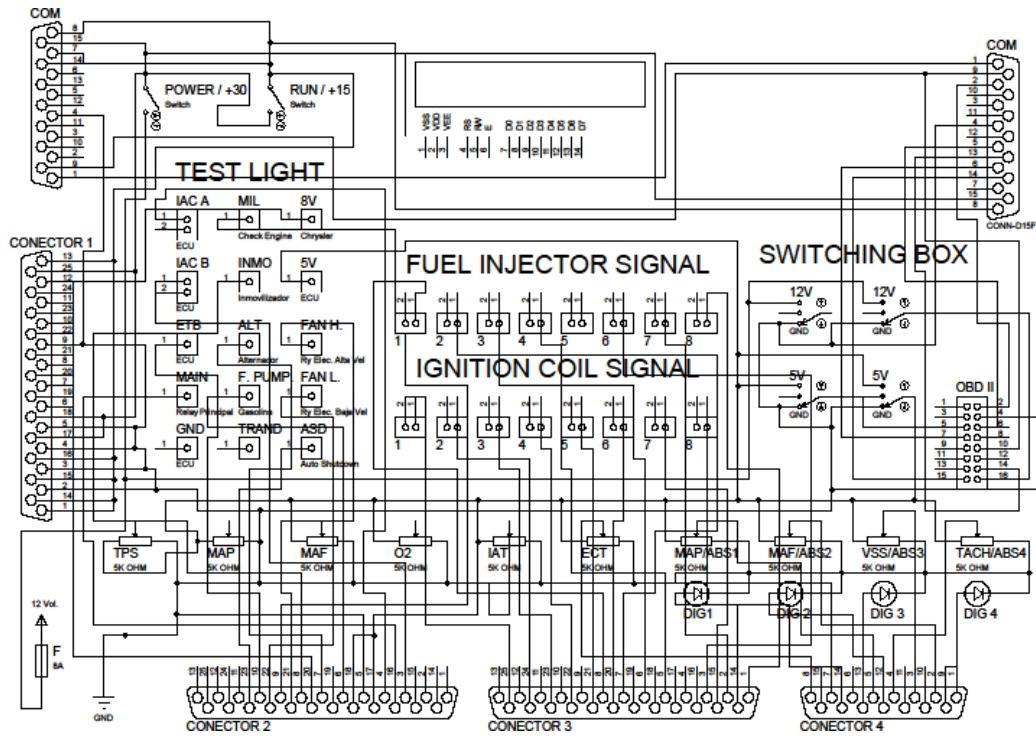
OBDII ConNector..... 20

PINOUT WRANGLER 4.0I 21

BRANCH INCLUDED..... 26

www.jakyd7.com - Atención: 0416-4677876 / 0416-4455006
 E-Mail: ventas@jakyd7.com tecnoservicio@jakyd7.com

Anexo 3.



Anexo 4.

Planificación de Proyecto

Título del Proyecto:	IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE ECUS DE SISTEMA DE INYECCIÓN COMPARANDO PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO EN LOS MÓDULOS DE CONTROL DE LAS MAQUETAS DEL LABORATORIO DE MOTORES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Autor/es:	Victor Valencia, Esteban Simba
Tutor:	Vicente Rojas
Date:	08/03/25

Anexo 5.

Fecha	Semana / Sesión	Actividad realizada	Resultado/Entregable	Decisión tomada (y por qué)	Responsable	Categoría	Evidencia (link/archivo/foto)	Estado	Observaciones
09/06/25	semana 1	Revisión bibliográfica	Elaboración Marco Teórico	Se seleccionaron bases de datos científicas para garantizar que el sustento teórico tenga validez académica y técnica actualizada.	Esteban Simba	fase 1	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	revisión normas Apa
09/16/25	semana 2	Revisión de normativa	Elaboración Marco Teórico	Se priorizó el uso de normativas SAE e ISO para asegurar que el banco de pruebas sea compatible con estándares industriales automotrices.	Esteban Simba	fase 1	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	revisión normas Apa

10/01/25	semana 3	Reducción de marco teórico y fundamentación conceptual del proyecto	Elaboración Marco Teórico	Se optó por un enfoque de arquitectura abierta para permitir que el marco conceptual abarque diferentes modelos de ECUs comerciales.	Esteban Simba	fase 1	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	revisión normas Apa
10/17/25	semana 4	Identificación de equipos comerciales de comprobación de ECU.	Comparación y análisis de equipos	Se seleccionaron equipos con capacidad de diagnóstico OBD-II para asegurar una integración completa con los protocolos de comunicación del vehículo.	Victor Valencia	fase 2	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	Comparación costos

10/28/25	semana 5	Comparación de características técnicas y funcionalidades.	Comparación y análisis de equipos	Se decidió comparar equipos bajo criterios de precisión y costo para maximizar la viabilidad económica sin comprometer la calidad de la señal.	Victor Valencia	fase 2	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	S/N
11/20/25	semana 5	Análisis de ventajas, limitaciones y costos de los equipos evaluados.	Comparación y análisis de equipos	Se descartaron dispositivos sin protección de sobrecarga para garantizar la seguridad del operario y la integridad de la ECU durante las pruebas.	Victor Valencia	fase 2	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	S/N

11/30/25	semana 6	Selección de criterios técnicos para el diseño del banco de pruebas.	Comparación y análisis de equipos	Se establecieron rangos de tolerancia de $\pm 5\%$ en señales analógicas para asegurar que el diseño final sea confiable en condiciones reales.	Victor Valencia	fase 2	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	S/N
12/11/25	semana 7	Diseño eléctrico y funcional del banco de comprobación de ECU.	diseño banco didáctico	Se eligió un diseño de circuito modular para facilitar el mantenimiento y la sustitución de componentes dañados de forma independiente.	Victor Valencia	fase 3	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	S/N

12/20/25	semana 7	Selección de componentes electrónicos y módulos de simulación.	diseño banco didáctico	Se seleccionaron sensores de tipo industrial por su alta repetibilidad y resistencia a la temperatura en entornos de taller.	Victor Valencia	fase 3	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	S/N
12/23/25	semana 8	Construcción y ensamblaje del banco de pruebas.	diseño banco didáctico	Se decidió usar conectores tipo banana de seguridad para evitar cortocircuitos accidentales durante la manipulación del banco de pruebas.	Victor Valencia	fase 3	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	S/N
12/25/25	semana 8	Diseño del sistema de alimentación y protecciones eléctricas.	diseño banco didáctico	Se incluyeron relevadores de protección térmica para evitar el sobrecalentamiento de las	Victor Valencia	fase 3	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	S/N

				etapas de potencia del simulador de actuadores.					
12/29/25	semana 9	Diseño de la distribución física de paneles y conexiones del banco.	diseño banco didáctico	Se optó por una disposición ergonómica de los controles para reducir errores humanos durante la ejecución de los protocolos de prueba.	Victor Valencia	fase 3	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	S/N
10/30/25	semana 10	Implementación de la simulación de sensores y actuadores del banco de pruebas.	Implementación y documentación final	Se decidió programar las señales mediante microcontroladores para obtener una generación de frecuencia más precisa que los	Esteban Simba	fase 4	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	revisión normas Abet

				métodos analógicos.					
11/1 1/25	semana 10	Pruebas de funcionamiento y validación del banco de comprobación de ECU.	Implementación y documentación final	Se realizaron pruebas en lazo cerrado para verificar que la respuesta del banco coincida con los parámetros de fábrica del fabricante.	Esteban Simba	fase 4	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	revisión normas Abet
11/3 0/25	semana 11	Análisis e interpretación de los resultados obtenidos durante las pruebas.	implementación y documentación final	Se aplicaron ajustes de calibración basados en los resultados de las pruebas para minimizar el margen de error del sistema de medición.	Esteban Simba	fase 4	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	revisión normas Abet

01/04/26	semana 12	Elaboración, corrección y entrega del documento final del proyecto técnico.	implementación y documentación final	Se adoptó el formato de documentación técnica ABET para garantizar que el proyecto sea reproducible y cumpla con la ética profesional de ingeniería.	Esteban Simba	fase 4	tesis_valencia_simba.docx	finalizado	revisión normas Abet
----------	-----------	---	--------------------------------------	--	---------------	--------	---	------------	----------------------

Anexo 6.

Fecha	Tipo (reunión/avance)	Asistentes	Agenda	Acuerdos/Decisiones	Tareas asignadas (qué/quién/cuándo)	Observaciones	Firma
12/9/2025	Seminario Titulación	Valencia-Simba/Ing. Alexander Peralvo	Inducción Anteproyecto	Se delimito el problema de investigación	Establecer objetivos/Victor Valencia-Esteban Simba/13/09/2025	Se reviso normativas	
16/9/2025	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing. Vicente Rojas	Revisión del marco teórico.	Se realizaron observaciones y correcciones al marco teórico.	Corregir marco teórico /Victor Valencia-Esteban Simba/18/09/2025	Se corrigió normas APA	
10/10/2025	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing. Vicente Rojas	Análisis del diseño del banco de comprobación de ECU.	Se aprobó el diseño conceptual del banco de pruebas.	Iniciar Ensamblaje de banco de pruebas /Victor Valencia-Esteban Simba/12/10/2025	S/N	
15/10/2025	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing. Vicente Rojas	Revisión del sistema de alimentación eléctrica.	Se validó el sistema de alimentación y protecciones eléctricas.	Implementar la simulación de señales de sensores /Victor Valencia-Esteban Simba/19/10/2025	Se reviso sensores	
26/10/2025	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing. Vicente Rojas	Seguimiento al ensamblaje del banco de pruebas.	Se verificó el correcto ensamblaje de los componentes.	Continuar con el ensamblaje del banco de pruebas/Victor Valencia-Esteban Simba/30/10/2025	S/N	
10/11/2025	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing. Vicente Rojas	Revisión de la simulación de sensores del sistema de inyección.	Se validó la simulación de señales de sensores.	Realizar pruebas de simulación con diferentes parámetros/Victor Valencia-Esteban Simba/12/11/2025	Se reviso manual	

25/1 1/20 25	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing.Vicente Rojas	Análisis de la simulación de actuadores.	Se aprobó el funcionamiento de los actuadores simulados.	Registrar resultados de las pruebas realizadas/Victor Valencia-Esteban Simba/27/11/2025	Se realizó verificación de datos	
10/1 2/20 25	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing.Vicente Rojas	Revisión de la comunicación y diagnóstico electrónico.	Se comprobó la comunicación mediante OBD-II y CAN.	Documentar pruebas de comunicación y diagnóstico/Victor Valencia-Esteban Simba/12/12/2025	S/N	
15/1 2/20 25	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing.Vicente Rojas	Análisis de resultados obtenidos en las pruebas.	Se validaron los resultados frente a valores de referencia.	Elaborar el capítulo de resultados/Victor Valencia-Esteban Simba/18/12/2025	S/N	
5/1/ 2026	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing.Vicente Rojas	Revisión del capítulo de resultados.	Se realizaron correcciones al capítulo de resultados.	Corregir capítulo de resultados según observaciones/Victor Valencia-Esteban Simba/07/01/2025	Se corrigió formato	
8/1/ 2026	Tutoría de Titulación	Valencia-Simba/Ing.Vicente Rojas	Revisión final del documento de titulación.	Se aprobó el documento final para entrega.	Realizar la entrega final del trabajo de titulación/Victor Valencia-Esteban Simba/10/01/2025	Se revisó documento normativo	
21/1 /202 6	Seminario titulación ABET	Valencia-Simba/Ing. Catherine Rodríguez	Inducción ABET	Se socializó sobre el formato ABET	Conocer formato ABET/Victor Valencia-Esteban Simba/21/01/2026	Se revisó formatos	

Anexo 7.

0,1		Contingencia (USD)	114,125								
Rubro	Ítem/Descripción	Especificación clave	Cant.	Unidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)	Proveedor/Fuente	Justificación técnica	Restricción (costo/tiempo/seguridad/norma)	Evidencia (cotización/factura/link)	Estado
EQUIPO	BANCO DE PRUEBAS MARK50	diagnóstico de ecus	1	UNIDAD	750	750	CORPORACION AUTOMOTRIZ	EQUIPO COMPLETO Y ECONOMICO	S/N	FACTURA MARK50.pdf	finalizado
EQUIPO	ECU AVEO FAMILY	Módulo de control	1	UNIDAD	350	350	ECU KEY GL	ECU BUENAS CONDICIONES	S/N	https://www.facebook.com/share/1G6SJ4R9bk/	finalizado
MATERIALES	CABLES	Conexiones placa	80	UNIDADES	2	4	ALFONSO CAMALLE	CABLES ALTA RESISTENCIA	S/N	https://www.facebook.com/share/1AMvSf46ho/	finalizado
MATERIALES	POTENCIOMETROS	Conexiones placa	10	UNIDADES	0,5	5	ELECTRONICA VILLA	DURADEROS Y FACIL DE MANIPULAR	S/N	POTENCIOMETROS COMPRA	finalizado
MATERIALES	CAJA PLASTICA	Adaptación banco	1	UNIDADES	6	6	KARLA QUEZADA	CAJA ALTA RIGIDEZ	S/N	https://www.facebook.com/share/1RAe9fFSAw/	finalizado
MATERIALES	ACRILICO	Adaptación banco	1	UNIDAD	10	10	METROPUBLI	PLANCHA RIGIDA	S/N	https://www.facebook.com/share/1CUqhMV1Ng/	finalizado
MATERIALES	CONECTORES VGA	Adaptación banco	5	UNIDADES	1,25	6,25	CONSTRUHELP	CONECTORES PARA SOLDAR	S/N	https://www.facebook.com/share/1DNskB188S/	finalizado

MATERIALES	CAUTIN Y PASTA DE SOLDAR	Soldadura cables de banco	1	UNIDAD	10	10	CLINICA DEL COMPUTADOR	TEMPERATURA REGULABLE	S/N	https://www.facebook.com/share/1AmVQ744XV/	finalizado
------------	--------------------------	---------------------------	---	--------	----	----	------------------------	-----------------------	-----	---	------------