



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo integración Curricular previa a la obtención del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

AUTORES:

Arias Mariño Mario Andrés
Salguero Pacheco Cristófer Mateo

TUTOR:

Ing. Pablo Fernando Ante
Sánchez

**Análisis, Diagnóstico y Comparativa del Rendimiento
del Sensor de Presión Bosch y VDO de un Sistema de
Inyección Common Rail en base a Regulación de Presión
Controlada.**

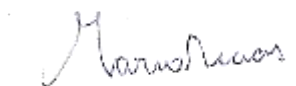
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Mario Arias y Cristofer Salguero, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



NOMBRE 1



NOMBRE 2

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Pablo Ante Sánchez, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Firma profesor

Dedicatoria

A mi Mamá Patricia Pacheco quien desde un inicio desde que era pequeño me demostró que en la vida cualquier meta que te propongas puedes lograrlo y quien desde un inicio ella siempre ha sido uno de los pilares en mi vida quien siempre me demostró que a veces la vida es difícil, pero que pasar de lo que pase en la vida todo tiene solución y que no por ello hay que echarse para atrás sino que siempre hay que mantenerse de pie y seguir adelante porque en esta vida si quieres algo tienes que trabajar por ello.

A mi Papá Rubén Salguero quien siempre ha estado para mí quien también me ha apoyado siempre y ha sido mi guía para poder comprender y entender que en la vida una persona que quiere seguir adelante debe ser perseverante y con sus ideas claras también me enseñó que uno no solo tiene que crecer en lo monetario sino también en lo personal y los valores de una persona y su manera de ser es lo que todos siempre recordaran por eso en esta vida hay que ser amables y ayudar a los demás.

A mi Hermana Andrea Salguero quien ha sido y siempre será una maravillosa hermana y que al igual que mi padre y madre ha sabido cómo ayudarme y alentarme en los momentos más difíciles con quien he compartido y he aprendido sobre la vida que a pesar de nuestras diferencias al final del día siempre nos apoyaremos mutuamente como familia.

A mi persona que siempre he procurado dar lo mejor de mí, enfrentando con firmeza cada adversidad que se cruza en mi camino y nunca permitiendo que las dificultades me detengan. Mi determinación me ha llevado a superar retos constantemente y alcanzar las metas que me propongo. Una vez más, me he demostrado a mí mismo la capacidad y la fuerza que tengo para conquistar nuevos objetivos en mi vida.

Dedicatoria

Este proyecto que realicé se lo dedico con todo mi corazón a mi mamá, Elfida Beatriz Mariño, y a mi abuelito, el Doctor Mario Mariño, quien ahora ya no se encuentra físicamente conmigo, pero cuya presencia sigue viva en cada paso que doy. Ellos han sido los protagonistas silenciosos de este logro, los pilares que me sostuvieron cuando el camino se volvió difícil, y la inspiración que me impulsó a seguir adelante. Sin su amor, su ejemplo y su entrega, nada de esto habría sido posible.

Admiro profundamente su fortaleza, su valentía y su capacidad de dar sin medida. Mi madre, con su ternura firme y su fe inquebrantable, me enseñó que los sueños se construyen con esfuerzo, humildad y coraje. Mi abuelito, con su sabiduría y su legado de servicio, me mostró que el conocimiento debe estar al servicio de los demás, y que la verdadera grandeza está en la sencillez del corazón.

Dedico también este trabajo a mi familia, que ha sido mi refugio y mi impulso; a mis amigos, que han estado presentes en los momentos buenos y malos, celebrando mis logros y sosteniéndome en mis caídas. Cada palabra escrita, cada esfuerzo invertido, lleva un pedacito de ustedes.

Este proyecto no es solo académico. Es una expresión de gratitud, de memoria y de amor. Es el reflejo de todo lo que me han dado, y de todo lo que espero devolver algún día.

Agradecimiento

En la culminación de mi carrera así mismo como de este artículo quiero agradecer a todas las personas que han estado en el trayecto conmigo.

A mi Mamá y Papa quienes siempre me han apoyado me han ayudado y han conseguido que pueda cumplir siempre mis sueños y metas que tal vez no me dé la vida para terminar de agradecerles por todo el sacrificio y apoyo que siempre me han dado les agradezco infinitamente y los amo eternamente.

A mi Hermana quien me ha alentado y me ha ayudado también a seguir adelante y nunca mirar hacia atrás que a pesar de la distancia siempre sentiré ese amor y apoyo extra que me da y que espero que muy pronto nos podamos reencontrar.

A mi Familia quienes también han sido una pieza clave para poder seguir adelante quienes me han brindado el apoyo moral para poder cumplir una meta más.

A todos mis compañeros que han sido parte también de este trayecto en donde me han enseñado que la vida no solo es de trabajo y estudio sino también de salir a disfrutar la vida y vivir buenas anécdotas.

A todos los ingenieros quienes con su motivación y pasión a la ingeniería Automotriz me han ayudado a darme cuenta de que el mundo automotor es realmente algo que me apasiona.

Agradecimiento

Este trabajo representa no solo un esfuerzo académico, sino también un recorrido lleno de aprendizajes, desafíos y momentos que marcaron mi crecimiento personal y profesional. Por ello, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes hicieron posible este logro.

A mi mamá, Elfida Beatriz Mariño, por ser mi fuerza silenciosa, mi guía constante y mi mayor inspiración. Tu amor incondicional, tu entrega diaria y tu fe en mí han sido el motor que me impulsó a seguir adelante. Gracias por enseñarme que la perseverancia nace del corazón y que los sueños se construyen con sacrificio y esperanza.

A mi abuelito, el Doctor Mario Mariño, quien dejó una huella imborrable en mi vida. Aunque ya no estás físicamente, tu legado vive en mí. Tu ejemplo de sabiduría, ética y vocación de servicio me enseñó que el conocimiento debe estar al servicio de los demás. Este logro refleja tu influencia, tu historia y tu amor.

A mi familia, por su apoyo constante, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, y por acompañarme con paciencia y cariño en cada etapa de este proceso.

A mis amigos, por estar presentes en los días buenos y en los no tan buenos, por sus palabras de aliento, por las risas compartidas y por recordarme que no estoy solo en este camino.

A mis docentes, por compartir su conocimiento con pasión y por sembrar en mí la curiosidad, el rigor y el compromiso que hoy definen mi formación.

A todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a este proyecto: gracias por su tiempo, su apoyo y su confianza. Este trabajo es también suyo.

Índice de contenido

| | |
|--|------|
| CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA | ii |
| APROBACIÓN DEL TUTOR | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Dedicatoria | v |
| Agradecimiento | vi |
| Agradecimiento | vii |
| Índice de tablas | xiii |
| Índice de figuras..... | xiv |
| Índice de Anexos..... | xvi |
| Resumen | 1 |
| Abstract | 2 |
| Introducción | 3 |
| Marco Teórico | 4 |
| 1.1 Principio del Combustible Diésel | 4 |
| 1.2 Sistema de Inyección Common Rail | 4 |
| 1.2.1 Componentes Fundamentales del Sistema | 5 |
| Figura 1 | 6 |
| <i>Componentes Sistema Common Rail</i> | 6 |
| 1.2.2 Características del Common Rail | 6 |
| 1.3 Principio de Funcionamiento | 7 |
| 1.4 Sensor de Presión en el Sistema Common Rail | 8 |
| 1.4.1 Diagnóstico del sensor de presión | 8 |
| Tabla 1 | 9 |
| <i>Valores de referencia para la comprobación</i> | 9 |
| 1.4.2 Síntomas comunes de falla | 9 |
| Figura 2 | 10 |
| <i>Funcionalidad del sensor de presión common rail</i> | 10 |
| 1.5 Válvula reguladora de presión (DRV) | 10 |
| Figura 3 | 11 |
| <i>Válvula DRV</i> | 11 |

| | |
|--|----|
| Materiales y Métodos | 11 |
| Método | 11 |
| Materiales | 12 |
| Figura 4 | 12 |
| <i>Vehículos de pruebas</i> | 12 |
| Figura 5 | 13 |
| <i>Equipo Common Rail Sensor Test CRPT-101</i> | 13 |
| Figura 6 | 14 |
| <i>Diagrama de conexión Bosch</i> | 14 |
| Figura 7 | 15 |
| <i>Diagrama de conexión VDO</i> | 15 |
| Figura 8 | 16 |
| <i>Multímetro Digital</i> | 16 |
| Figura 9 | 16 |
| <i>Equipo Bosch FSA 740</i> | 16 |
| Figura 10 | 17 |
| <i>Escáner</i> | 17 |
| Resultados y Discusión | 17 |
| Tabla 2 | 18 |
| <i>Parámetros de presión del sensor Bosch</i> | 18 |
| Figura 11 | 18 |
| <i>Gráfica parámetros Bosch</i> | 18 |
| Tabla 3 | 18 |
| <i>Parámetros de presión del sensor Bosch</i> | 19 |
| Figura 12 | 20 |
| <i>Gráfica parámetros Bosch</i> | 20 |
| Tabla 4 | 20 |
| <i>Parámetros de presión del sensor Bosch</i> | 20 |
| Figura 13 | 21 |
| <i>Gráfica parámetros Bosch</i> | 21 |
| Tabla 5 | 21 |
| <i>Parámetros de presión del sensor VDO</i> | 22 |
| Figura 14..... | 22 |

| | |
|--|----|
| <i>Gráfica parámetros VDO</i> | 22 |
| Tabla 6 | 22 |
| <i>Parámetros de presión del sensor VDO</i> | 23 |
| Figura 15 | 24 |
| <i>Gráfica parámetros VDO</i> | 24 |
| Tabla 7 | 24 |
| <i>Parámetros de presión del sensor VDO</i> | 24 |
| Figura 16 | 25 |
| <i>Gráfica parámetros VDO</i> | 25 |
| Figura 17 | 26 |
| <i>Comportamiento sistema Bosch</i> | 26 |
| Figura 18 | 26 |
| <i>Comportamiento Sistema VDO</i> | 26 |
| Referencias | 29 |
| Anexos | 32 |
| Anexo 1 | 32 |
| <i>Camioneta de prueba 1: Ford Ranger 3.2 2023</i> | 32 |
| Anexo 2 | 33 |
| <i>Camioneta de prueba 2: Camioneta Volkswagen Amarok biturbo 2012</i> | 33 |
| Anexo 3 | 33 |
| <i>Equipo Common Rail Sensor Test CRPT-101</i> | 33 |
| Anexo 4 | 34 |
| <i>Multímetro Tulmex</i> | 34 |
| Anexo 5 | 34 |
| <i>Equipo Bosch FSA 740</i> | 34 |
| Anexo 6 | 34 |
| <i>Escáner Obd2 Innova 3230mx</i> | 34 |
| Anexo 7 | 35 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 1500Bar</i> | 35 |
| Anexo 8 | 36 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 2000Bar</i> | 36 |
| Anexo 9 | 37 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 2400Bar</i> | 37 |

| | |
|--|----|
| Anexo 10. | 38 |
| <i>Medición de rpm por escáner obd2 Camioneta Ford Ranger</i> | 38 |
| Anexo 11. | 38 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 1500Bar</i> | 38 |
| Anexo 12. | 39 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 2000Bar</i> | 39 |
| Anexo 13. | 39 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 2400Bar</i> | 39 |
| Anexo 14. | 40 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 p Camioneta Volkswagen Amarok a 1500Bar</i> | 40 |
| Anexo 15. | 41 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar</i> | 41 |
| Anexo 16. | 42 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok a 2400Bar</i> | 42 |
| Anexo 17. | 43 |
| <i>Medición de rpm por escáner obd2 Camioneta Volkswagen Amarok</i> | 43 |
| Anexo 18. | 43 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 1500Bar</i> | 43 |
| Anexo 19. | 44 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar</i> | 44 |
| Anexo 20. | 44 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar</i> | 44 |
| Anexo 21. | 45 |
| <i>Tabla de mediciones Ford Ranger</i> | 45 |
| Anexo 22. | 45 |
| <i>Tabla de mediciones Volkswagen Amarok</i> | 45 |
| Anexo 23. | 47 |
| <i>Diagrama Pictográfico del Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger</i> | 47 |
| Anexo 24. | 48 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Diagrama Pictográfico del Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok</i> | <i>48</i> |
| Anexo 25. | 49 |
| <i>Uso del Equipo CRPT-101</i> | <i>49</i> |
| Anexo 26. | 49 |
| <i>Anotación de Valores de las Pruebas</i> | <i>49</i> |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 | 9 |
| <i>Valores de referencia para la comprobación</i> | 9 |
| Tabla 2 | 18 |
| <i>Parámetros del rendimiento sensor Bosch</i> | 18 |
| Tabla 3 | 19 |
| <i>Parámetros del rendimiento sensor Bosch</i> | 19 |
| Tabla 4 | 20 |
| <i>Parámetros del rendimiento sensor Bosch</i> | 20 |
| Tabla 5 | 22 |
| <i>Parámetros del rendimiento sensor VDO</i> | 22 |
| Tabla 6 | 23 |
| <i>Parámetros del rendimiento sensor VDO</i> | 23 |
| Tabla 7 | 24 |
| <i>Parámetros del rendimiento sensor VDO</i> | 24 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 | 6 |
| <i>Componentes Sistema Common Rail</i> | 6 |
| Figura 2 | 10 |
| <i>Funcionalidad del sensor de presión common rail</i> | 10 |
| Figura 3 | 11 |
| <i>Válvula DRV</i> | 11 |
| Figura 4 | 12 |
| <i>Vehículos de pruebas</i> | 12 |
| Figura 5 | 13 |
| <i>Equipo Common Rail Sensor Test CRPT-101</i> | 13 |
| Figura 6 | 14 |
| <i>Diagrama de conexión Bosch</i> | 14 |
| Figura 7 | 15 |
| <i>Diagrama de conexión VDO</i> | 15 |
| Figura 8 | 16 |
| <i>Multímetro Digital</i> | 16 |
| Figura 9 | 16 |
| <i>Equipo Bosch FSA 740</i> | 16 |
| Figura 10 | 17 |
| <i>Escáner</i> | 17 |
| Figura 11 | 18 |
| <i>Gráfica parámetros Bosch</i> | 18 |
| Figura 12 | 20 |
| <i>Gráfica parámetros Bosch</i> | 20 |
| Figura 13 | 21 |
| <i>Gráfica parámetros Bosch</i> | 21 |
| Figura 14 | 22 |
| <i>Gráfica parámetros VDO</i> | 22 |
| Figura 15 | 24 |
| <i>Gráfica parámetros VDO</i> | 24 |
| Figura 16 | 25 |

| | |
|--|----|
| <i>Gráfica parámetros VDO</i> | 25 |
| Figura 17 | 26 |
| <i>Comparativa Sistema Bosch</i> | 26 |
| Figura 18 | 26 |
| <i>Comparativa Sistema Bosch</i> | 26 |

Índice de Anexos

| | |
|--|----|
| Anexos | 32 |
| Anexo 1 | 32 |
| <i>Camioneta de prueba 1: Ford Ranger 3.2 2023</i> | 32 |
| Anexo 2 | 33 |
| <i>Camioneta de prueba 2: Camioneta Volkswagen Amarok biturbo 2012</i> | 33 |
| Anexo 3 | 33 |
| <i>Equipo Common Rail Sensor Test CRPT-101</i> | 33 |
| Anexo 4 | 34 |
| <i>Multimetro Tulumex</i> | 34 |
| Anexo 5 | 34 |
| <i>Equipo Bosch FSA 740</i> | 34 |
| Anexo 6 | 34 |
| <i>Escáner Obd2 Innova 3230mx</i> | 34 |
| Anexo 7 | 35 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 1500Bar</i> | 35 |
| Anexo 8 | 36 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 2000Bar</i> | 36 |
| Anexo 9 | 37 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 2400Bar</i> | 37 |
| Anexo 10 | 38 |
| <i>Medición de rpm por escáner obd2 Camioneta Ford Ranger</i> | 38 |
| Anexo 11 | 38 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 1500Bar</i> | 38 |
| Anexo 12 | 39 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 2000Bar</i> | 39 |
| Anexo 13 | 39 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 2400Bar</i> | 39 |
| Anexo 14 | 40 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 p Camioneta Volkswagen Amarok a 1500Bar</i> | 40 |
| Anexo 15 | 41 |

| | |
|--|----|
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar</i> | 41 |
| Anexo 16. | 42 |
| <i>Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok a 2400Bar</i> | 42 |
| Anexo 17. | 43 |
| <i>Medición de rpm por escáner obd2 Camioneta Volkswagen Amarok</i> | 43 |
| Anexo 18. | 43 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 1500Bar</i> | 43 |
| Anexo 19. | 44 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar</i> | 44 |
| Anexo 20. | 44 |
| <i>Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar</i> | 44 |
| Anexo 21. | 45 |
| <i>Tabla de mediciones Ford Ranger</i> | 45 |
| Anexo 22. | 45 |
| <i>Tabla de mediciones Volkswagen Amarok</i> | 45 |
| Anexo 23. | 47 |
| <i>Diagrama Pictográfico del Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger</i> | 47 |
| Anexo 24. | 48 |
| <i>Diagrama Pictográfico del Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok</i> | 48 |
| Anexo 25. | 49 |
| <i>Uso del Equipo CRPT-101</i> | 49 |
| Anexo 26. | 49 |
| <i>Anotación de Valores de las Pruebas</i> | 49 |

Análisis, Diagnóstico y Comparativa del Rendimiento del sensor de presión Bosch y VDO de un Sistema de Inyección Common Rail en base a Regulación de Presión Controlada.

Ing. Pablo Fernando Ante Sánchez paantesa@uide.edu.ec
Cristofer Mateo Salguero Pacheco crsalgueropa@uide.edu.ec
Mario Andrés Arias Mariño maariasma@uide.edu.ec

Resumen

Introducción: Partiendo de la problemática del desconocimiento técnico comparativo en el diagnóstico de sensores de presión en sistemas Common Rail, se realizó un análisis de su rendimiento. El objetivo fue evaluar su comportamiento bajo presiones controladas de hasta 2400 bar, con el fin de establecer rangos de referencia que optimicen el diagnóstico y mantenimiento de motores diésel. **Metodología:** La investigación adoptó un enfoque analítico, experimental y cuantitativo que incluyó pruebas en ralentí, plena carga y encendido, utilizando equipos especializados. **Resultados:** En condiciones de 1500, 2000 y 2400 bar se observaron respuestas progresivas en ralentí y plena carga. Bosch registró 194, 250 y 326 bar en ralentí, y 440, 585 y 680 bar en plena carga, con voltajes de 3.3–3.95 V y RPM de 955 y 2500. VDO alcanzó 233, 310 y 470 bar en ralentí, y 610, 820 y 1020 bar en plena carga, con voltajes decrecientes y RPM de 700 y 2500. **Conclusión:** El análisis confirma que ambos sensores mantienen la misma tendencia: mayor exigencia implica aumento de presión y disminución de voltaje. Bosch alcanzó presiones reales de 1315, 1753 y 2104 bar con rangos de 89.2 %, 79 % y 66–67 %, mientras VDO registró 917, 1220 y 1463 bar con rangos de 11.3 %, 25–26 % y 48–53 %. Estos valores permiten definir rangos técnicos de diagnóstico, identificar desviaciones y reconocer fallas comunes como pérdida de potencia o incremento de emisiones.

Palabras clave: Common Rail, Bosch, VDO, sensores, presiones.

Abstract

Introduction: Given the lack of comparative technical knowledge regarding the diagnosis of pressure sensors in Common Rail systems, an analysis of their performance was conducted. The objective was to evaluate their behavior under controlled pressures up to 2400 bar, to establish reference ranges that optimize the diagnosis and maintenance of diesel engines. **Methodology:** The research adopted an analytical, experimental, and quantitative approach that included tests at idle, full load, and ignition, using specialized equipment. **Results:** Progressive responses were observed at idle and full load under conditions of 1500, 2000, and 2400 bar. Bosch recorded 194, 250, and 326 bar at idle, and 440, 585, and 680 bar at full load, with voltages of 3.3–3.95 V and RPMs of 955 and 2500. VDO reached 233, 310, and 470 bar at idle, and 610, 820, and 1020 bar at full load, with decreasing voltages and RPMs of 700 and 2500. **Conclusion:** The analysis confirms that both sensors maintain the same trend: greater demand implies increased pressure and decreased voltage. Bosch achieved actual pressures of 1315, 1753, and 2104 bar with ranges of 89.2%, 79%, and 66–67%, respectively, while VDO recorded 917, 1220, and 1463 bar with ranges of 11.3%, 25–26%, and 48–53%. These values allow for the definition of technical diagnostic ranges, the identification of deviations, and the recognition of common faults such as power loss or increased emissions.

Keywords: Common Rail, Bosch, VDO, sensors, pressures.

Introducción

Los sistemas de inyección Common Rail, se han consolidado como el estándar en motores diésel de alto rendimiento, debido a su eficacia para optimizar la combustión, mejorar el uso del combustible y cumplir con las rigurosas normativas ambientales. En este contexto, el sensor de presión y la válvula reguladora de presión (DRV) son piezas clave para mantener la presión en el Rail según la carga del motor. El problema de esta investigación radica en el desconocimiento técnico profundo y comparativo sobre el diagnóstico y rendimiento del sensor de presión en sistemas Common Rail, específicamente en sistemas fabricados por Bosch y VDO (Continental). Esta carencia dificulta la identificación de fallas, eleva los costos de mantenimiento y compromete la eficiencia del sistema, generando mayor consumo de combustible, emisiones contaminantes que obstaculizan el cumplimiento ambiental, lo que refuerza la necesidad de fortalecer las capacidades de diagnóstico para la comunidad automotriz (Herlic, 2024).

Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento, diagnóstico y rendimiento de los sensores de presión fabricados por Bosch y VDO en sistemas de inyección Common Rail, con el propósito de generar conocimiento técnico que permita optimizar el diagnóstico, el mantenimiento y el desempeño de motores diésel. Esta investigación busca generar rangos de referencia útiles para el mantenimiento y la optimización de motores diésel, orientada a técnicos, ingenieros y estudiantes del sector automotriz interesados en la comprensión y optimización de componentes críticos en sistemas de inyección. Por lo tanto, se enfocará en evaluar el rendimiento y la capacidad de respuesta de los sensores Bosch y VDO bajo distintas condiciones de operación en sistemas Common Rail, analizar su impacto en el funcionamiento del motor y en el diagnóstico técnico.

Debido a las altas exigencias en el control de los sistemas de inyección, estos deben ser precisos y rápidos en la gestión del motor. Por tal motivo, los sensores de presión deben ser altamente eficientes en el envío de la información hacia la unidad de control, garantizando que la ECU reciba datos exactos y oportunos para regular la inyección de combustible. Esa comunicación se realiza mediante una señal eléctrica, cuyo valor varía en función de la presión existente en el rail (Bosch, 2017).

Añadiendo a esto, el correcto funcionamiento del sensor de presión y de la válvula DRV resulta esencial para la estabilidad del sistema Common Rail, ya que ambos trabajan en conjunto. El sensor envía a la ECU la información exacta de la presión en el rail, mientras que la válvula DRV regula dicha presión en respuesta a las órdenes de la unidad de control. Una falla en cualquiera de estos componentes puede provocar problemas de rendimiento del motor como pérdida de potencia, mayor consumo y un incremento de las emisiones contaminantes (Flores & Ulcuango, 2023).

Marco Teórico

1.1 Principio del Combustible Diésel

El diésel es un carburante compuesto por una variedad compleja de hidrocarburos que se obtienen principalmente mediante la destilación fraccionada del petróleo crudo. Este tipo de combustible está formulado específicamente para su uso en motores con ignición por compresión. Una característica destacada del diésel es su elevado poder calorífico, que se traduce en una alta densidad de energía, lo que se refleja en un rendimiento superior y una combustión eficiente en el motor (René & Marcelo, 2017).

Un parámetro importante del diésel es el número de cetano, que determina la rapidez con la que el combustible se inflama espontáneamente debido a las condiciones extremas de presión y temperatura dentro del cilindro. Un valor alto en este índice indica una ignición más inmediata y una combustión más eficaz y limpia. Estas características convierten al combustible diésel en un elemento clave para lograr una operación eficiente y sostenible en motores modernos, particularmente aquellos que utilizan tecnologías avanzadas como el sistema Common Rail.

1.2 Sistema de Inyección Common Rail

El sistema Common Rail es una tecnología electrónica de inyección utilizada en motores diésel modernos, caracterizada por un conducto común (riel) que mantiene el combustible a alta presión constante. Esta presión puede superar los 1,600 bares, permitiendo una atomización precisa y controlada del combustible en cada cilindro, lo que se traduce en una combustión más eficiente y menor emisión contaminante (Ayala & Hernández, 2014).

El combustible es impulsado desde el tanque hacia una bomba de alta presión, que lo distribuye a través del riel común a los inyectores, los cuales son regulados electrónicamente por la unidad de control del motor (ECU). Esto permite ajustar la cantidad y el tiempo de inyección con gran precisión, pudiendo realizar varias inyecciones en un solo ciclo para mejorar la eficiencia térmica, reducir el consumo y disminuir las emisiones nocivas (Barzallo & Sanmartín, 2014)

1.2.1 Componentes Fundamentales del Sistema

Bomba de transferencia (baja presión): Esta bomba es la encargada de aspirar el combustible directamente del tanque y enviarlo a la bomba de alta presión, asegurando un flujo constante y filtrado para evitar impurezas. Su función es crucial para mantener el suministro continuo y estable de combustible necesario para el correcto funcionamiento del sistema Common Rail (Ivon, 2021).

Bomba de alta presión: Su función es aumentar la presión del combustible para que llegue al riel común y pueda ser inyectado en la cámara de combustión con la presión adecuada. Esta bomba es accionada por el motor y comprime el combustible hasta presiones que pueden superar los 2,000 bares, garantizando una pulverización fina y eficiente. Adicionalmente, regula el suministro para adaptarse a las diferentes demandas del motor (Starinjection, 2022).

Riel común (Rail): Es un conducto robusto que almacena el combustible a alta presión, funcionando como un reservorio que suministra el carburante a los inyectores cuando es necesario. Esta pieza es esencial para mantener la presión estable en todo el sistema, lo que ayuda a asegurar una pulverización uniforme del combustible y un rendimiento óptimo del motor (Huaman, 2017).

Sensor de presión: Este sensor es vital para el sistema, pues miden constantemente la presión del combustible dentro del riel común. Utilizan tecnología piezoeléctrica para transformar la presión hidráulica en señales eléctricas que son enviadas en tiempo real a la unidad electrónica de control (ECU). Esta retroalimentación permite ajustar dinámicamente la presión de inyección, asegurando que el motor funcione con máxima eficiencia y minimizando las emisiones contaminantes (Ivon, 2021).

Válvula reguladora de presión (DRV): Esta válvula es esencial para mantener la presión del combustible estable dentro del sistema Common Rail. Funciona permitiendo que el exceso de combustible regrese al tanque cuando la presión es demasiado alta, y se cierra para mantener

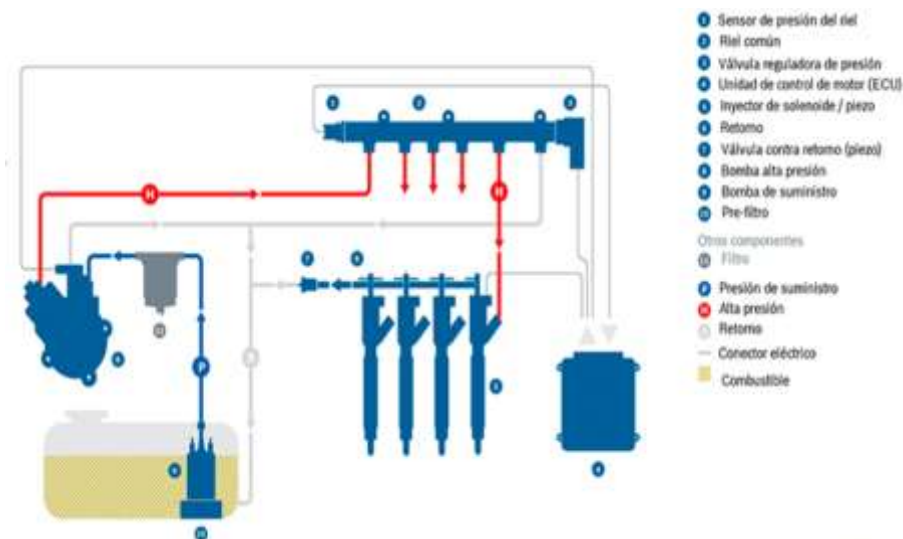
la presión cuando es baja. Está controlada electrónicamente para ajustarse dinámicamente a las necesidades del motor, asegurando eficiencia, protección del sistema y un rendimiento óptimo (Ivon, 2021).

Inyectores diésel Common Rail: Dosifican y pulverizan el combustible directamente en la cámara de combustión con precisión electrónica milimétrica. Gracias a su control avanzado, realizan múltiples inyecciones por ciclo, ajustando la cantidad y el momento para maximizar la eficiencia, reducir emisiones y mejorar el rendimiento del motor (TotalEnergies, 2024).

Unidad de Control Electrónico (ECU): Es el cerebro del sistema Common Rail. Esta unidad procesa en tiempo real las señales que recibe de múltiples sensores distribuidos en el motor, como sensores de presión, temperatura y posición. Con esta información, la ECU controla con precisión todos los actuadores, especialmente los inyectores, para sincronizar la cantidad y el momento exacto de la inyección de combustible (Donado, 2022).

Figura 1

Componentes Sistema Common Rail



Fuente: (Bosch, 2017).

1.2.2 Características del Common Rail

El sistema Common Rail destaca por emplear un solo riel donde se almacena el combustible presurizado hasta valores que pueden llegar a 2500 bares. Según la Universidad Politécnica Salesiana (Parra et al., 2022), "esta presión es generada y mantenida independientemente de la velocidad y carga del motor, garantizando una entrega constante y precisa de combustible a cada inyector". Gracias a un control electrónico que regula tanto la

presión como el tiempo y la duración de cada inyección, se logra optimizar la combustión para mejorar la potencia y reducir la emisión de contaminantes”.

El Common Rail ha mostrado una eficiencia mucho mayor frente a sistemas mecánicos de inyección tradicionales. De acuerdo con (Ramires et al., 2024), “este sistema modernizado proporciona mejoras notables en potencia, consumo y sostenibilidad ambiental. La gestión electrónica avanzada permite al sistema ajustarse dinámicamente a las condiciones del motor, asegurando un funcionamiento más suave y duradero, que cumple con las normativas ambientales más exigentes". Por estas razones, esta tecnología es actualmente la predominante en motores diésel, especialmente en camionetas utilizadas para trabajo, transporte y uso comercial, donde se requiere reducción de emisiones y optimización del consumo.

1.3 Principio de Funcionamiento

El principio de funcionamiento del sensor de presión en el sistema Common Rail se basa en la detección exacta del nivel de presión del combustible dentro del riel común. Este dispositivo, ubicado generalmente al final del conducto, emplea tecnología piezoeléctrica que transforma la presión ejercida por el fluido en una señal eléctrica. Según Donado (2022), "el sensor de presión del riel va instalado al final del riel común midiendo la presión del combustible suministrada por la bomba de alta presión. Tan pronto como la presión del combustible actúa a través del conducto, empuja el elemento Piezoeléctrico que posee en su interior. Este elemento PIEZO al deformarse genera un voltaje de señal que primero debe ser amplificado por el circuito elevador". Esto quiere decir que la señal amplificada es transmitida a la ECU, la cual interpreta y utiliza esta información para ajustar el momento exacto y la cantidad de inyección, optimizando así el desempeño del motor y minimizando las emisiones contaminantes.

En cuanto a la válvula reguladora de presión (DRV), su objetivo es conservar constante el nivel de presión dentro del riel, controlando el paso del combustible hacia el retorno en función de las necesidades del sistema. La válvula incorpora un inducido que presiona una bola contra un asiento estanco, modulada por un resorte calibrado y un electroimán gobernado por señales PWM, permitiendo respuestas ágiles y precisas (Ruta 401, 2020). Además, según Guarín (2020), "el inducido está completamente rodeado de combustible, lo que asegura una lubricación adecuada y una eficiente disipación del calor, aumentando la durabilidad y estabilidad de la válvula".

Ambos componentes funcionan coordinadamente para garantizar que la presión del combustible en el riel se mantenga estable y adecuadamente ajustada a las demandas del motor. El sensor proporciona datos en tiempo real a la ECU sobre el estado actual de la presión, y la válvula regula el flujo hacia el retorno, ajustando la fuerza ejercida en función de la carga y condiciones operativas. Esta sinergia posibilita una inyección precisa y eficiente, mejora el rendimiento global del motor y contribuye a la reducción de contaminantes (Bogusz, 2022).

1.4 Sensor de Presión en el Sistema Common Rail

El sensor de presión del riel es un componente vital en los sistemas de inyección diésel Common Rail. Su función principal es medir de manera precisa la presión del combustible dentro del riel común, que puede alcanzar valores de hasta 1800 bar, y enviar esta información en forma de señal electrónica a la unidad de control del motor (ECU) para ajustar la inyección del combustible en tiempo real (Avance, 2019)

Según (Donado, 2022), "Este sensor utiliza tecnología piezoeléctrica que detecta cambios en la presión mediante la deformación de materiales sensibles, los cuales generan una variación en la resistencia eléctrica y, por ende, en la tensión de la señal de salida. La ECU recibe este voltaje, que varía usualmente entre 0.5 y 4.5 voltios, y lo interpreta para regular la cantidad y el momento de inyección, garantizando la eficiencia del motor y la estabilidad del sistema".

El correcto funcionamiento del sensor de presión es esencial para mantener la presión estable en el riel, optimizando así la combustión y reduciendo el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. Su señal es también decisiva para la operación adecuada de la válvula reguladora de presión (DRV) y otros actuadores del sistema Common Rail (Bogusz, 2022).

1.4.1 Diagnóstico del sensor de presión

Auto Avance (2019) afirma que "el sensor de presión genera una señal eléctrica cuyo voltaje varía proporcionalmente con la presión del combustible. Esta señal es imprescindible para los cálculos del módulo de control del motor, ya que permite ajustar con precisión la cantidad y el momento de la inyección". Es decir, la variación de voltaje en la señal del sensor representa directamente los niveles de presión alcanzados. Por ello, el diagnóstico de este sensor es fundamental, cualquier desviación en el voltaje puede indicar fallas, que afectan al rendimiento, consumo y las emisiones del motor diésel.

Tabla 1

Valores de referencia para la comprobación

| Presión (bar) | Voltaje (V) |
|---------------|-------------|
| 0 | 0.46 ~ 0.54 |
| 230 | 1 ~ 1.01 |
| 260 | Aprox. 1.3 |
| 400 | 1.37 ~ 1.40 |
| 600 | 1.81 ~ 1.85 |
| 800 | 2.25 ~ 2.30 |
| 1000 | 2.69 ~ 2.75 |
| 1200 | 3.12 ~ 3.22 |
| 1400 | 3.55 ~ 3.67 |
| 1600 | 3.93 ~ 4.18 |

Nota. Se muestran los valores de referencia para la comprobación del Sensor de Presión Common Rail (Archilla, 2015).

La Tabla 1 muestra que, por ejemplo, a 1000 bares el sensor debería emitir una señal entre 2,69 V a 2,75 V, mientras que a 1600 bares la señal debería estar entre 3,93 V a 4,18 V. Si el voltaje registrado se encuentra fuera de estos rangos, puede indicar una falla en el sensor. Por lo tanto, la Tabla 1 no solo sirve como guía de diagnóstico, sino también como herramienta de validación para los mantenimientos preventivos.

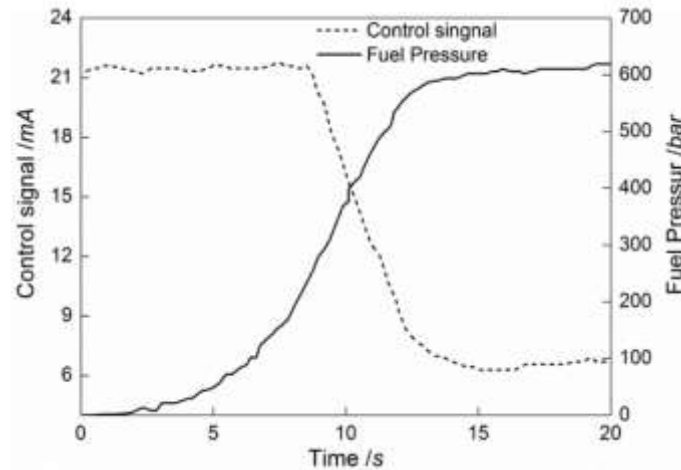
1.4.2 Síntomas comunes de falla

Los síntomas de fallo en el sensor de presión Common Rail son fundamentales para el diagnóstico del sistema de inyección. Cuando este componente presenta desperfectos, suelen manifestarse señales claras como pérdida de potencia o tirones al acelerar, originados por el envío de señales erróneas a la ECU que generan una entrega insuficiente del combustible. También se perciben problemas de arranque en frío o en caliente, debido a mediciones incorrectas que impiden alcanzar la presión mínima necesaria para el encendido. Otro indicio frecuente es el aumento en el consumo de combustible, causado por una lectura incorrecta que induce a la ECU a inyectar más diésel del requerido. Finalmente, la activación del testigo de avería del motor y la aparición de códigos de error como fallo eléctrico en el circuito del sensor de presión del riel (P0190), variación errática o fuera de rango en la señal del sensor (P0191) y señal excesivamente alta que indica sobrepresión o corto circuito (P0193) revelando así que la centralita ha detectado irregularidades en la presión del riel, lo que confirma la necesidad de revisar el sensor (Delphi, 2025). Tales irregularidades afectan directamente la DRV, ya que la señal del sensor regula su apertura y cierre para estabilizar la presión en el riel, por ello, un mal

funcionamiento del sensor compromete tanto la válvula reguladora como el desempeño global del sistema de inyección.

Figura 2

Funcionalidad del sensor de presión common rail



Fuente: (Automotriz, 2020).

Además de todo lo mencionado de los síntomas de falla, como pérdida de potencia, dificultad de arranque o aumento de consumo. En la Figura 2 se puede observar el comportamiento dinámico del sensor, que se relaciona con la señal de control con la presión del riel. Por ejemplo, en condiciones normales, al disminuir la señal de control enviada por la ECU, la presión del riel debería aumentar progresivamente. Esta respuesta inversa confirma que el sensor está registrando correctamente los cambios de presión. Si la presión no varía conforme a la señal o si la respuesta es errática, se considera un sistema técnico de falla interna del sensor. Por consiguiente, el análisis gráfico complementa los síntomas clínicos del sistema y permite validar el diagnóstico con mayor precisión.

1.5 Válvula reguladora de presión (DRV)

La válvula reguladora de presión (DRV) es un componente clave en los sistemas Common Rail de inyección diésel, encargada de mantener la presión óptima del combustible dentro del riel común. Su función principal es "controlar el flujo de retorno del combustible al tanque para garantizar que la presión en el riel común permanezca constante y dentro del rango requerido para una inyección precisa y eficiente" (Ruta 401, 2020).

Figura 3

Válvula DRV



Fuente: (Auto Avance, 2013).

Esta válvula funciona mediante un electroimán que regula la apertura de una bola contra un asiento, equilibrando la presión ejercida por un resorte y la fuerza electromagnética generada, permitiendo ajustar la presión del combustible en tiempo real (Guarin, 2020).

El mal funcionamiento de la DRV puede provocar desequilibrios en la presión del sistema, causando problemas como “pérdida de potencia, aumento de consumo de combustible, emisiones elevadas y fallos en piezas críticas como la bomba y los inyectores” (Bogusz, 2022). Por ello, el diagnóstico mediante herramientas electrónicas y el mantenimiento adecuado son fundamentales para asegurar el correcto desempeño del sistema y la durabilidad de sus componentes.

Materiales y Métodos

Método

La investigación se desarrolló bajo un enfoque analítico, experimental y cuantitativo, con el objetivo de evaluar el rendimiento, diagnóstico y el comportamiento del sensor de presión fabricados por Bosch y VDO en sistemas de inyección Common Rail. En la fase analítica se identificaron los parámetros de referencia y los criterios de comparación entre componentes, considerando el comportamiento esperado de los sensores en condiciones reales de operación. En la fase experimental se realizaron pruebas controladas bajo condiciones de ralentí, plena carga, encendido (ON) en una Ford Ranger 3.2 Modelo 2023 y una Volkswagen Amarok biturbo 2012, utilizando equipos como el CRPT-101, el Bosch Bea 500, multímetro digital y escáner OBD II. Se documentó el comportamiento dinámico de los sensores frente a variaciones de presión, y se elaboraron diagramas de conexión funcionales

del equipo CRPT-101. Finalmente, en la fase cuantitativa se organizaron los datos obtenidos, construyendo tablas y gráficas entre los sensores Bosch y VDO, con el fin de generar conocimiento técnico aplicable al diagnóstico y mantenimiento de motores diésel.

Materiales

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionaron los sistemas de inyección Common Rail de Bosch y Denso. Como materiales se utilizó un multímetro digital, el equipo Common Rail Sensor Test CRPT-101, el equipo Bosch FSA 740 y el escáner INNOVA 3230 mx.

Vehículo de pruebas

Para el estudio, se empleó un vehículo Ford Ranger 3.2 del año 2023, y una Volkswagen Amarok biturbo 2012, seleccionados por su compatibilidad con sensores Bosch y VDO. Estos vehículos fueron empleados como objeto de análisis para evaluar el comportamiento del sensor de presión bajo condiciones reales de operación.

Figura 4

Vehículos de pruebas



Fuente: Autores.

Equipo Common Rail Sensor Test CRPT-101

En esta investigación el equipo fue fundamental para verificar la funcionalidad del sensor de presión, sin la necesidad de desmontarlo del sistema. El CRPT-101 permite simular condiciones de presión del riel y evaluar la respuesta dinámica del sensor frente a variaciones controladas. Su uso fue clave, ya que permitió validar la calibración del sensor en relación con tablas de referencia. Por otro lado, su compatibilidad con sensores de presión de distintas marcas lo convierten en una herramienta versátil para el diagnóstico técnico en motores diésel.

Figura 5

Equipo Common Rail Sensor Test CRPT-101

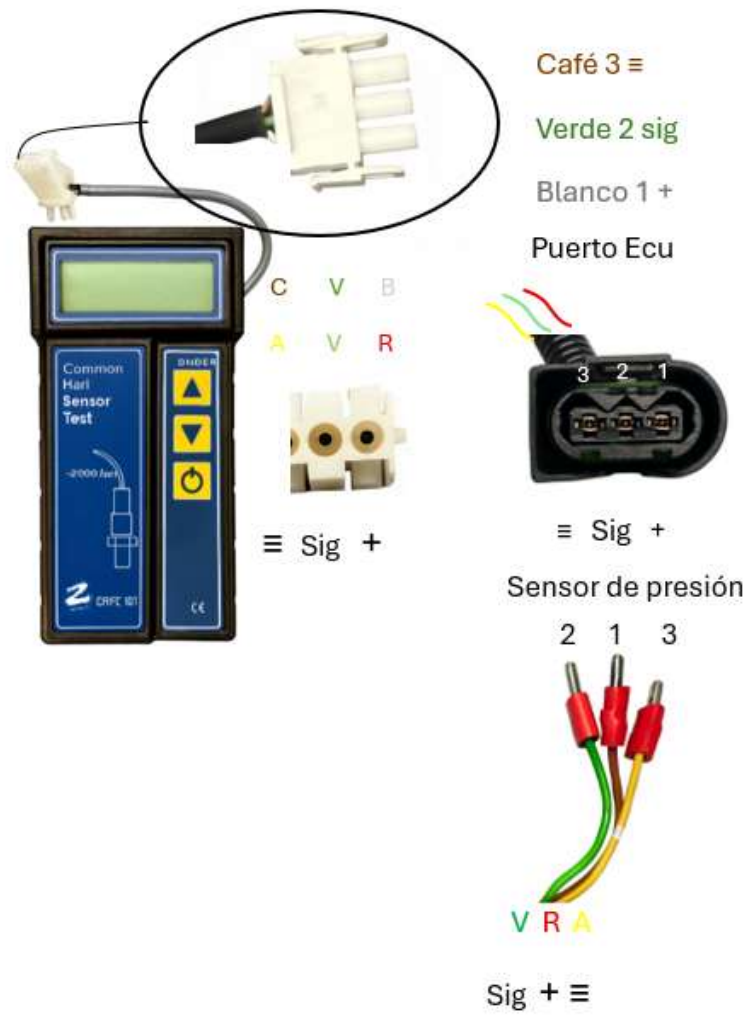


Fuente: Autores.

Como parte del estudio, se adjuntan diagramas de conexión específicos del equipo CRPT-101, los cuales ilustran detalladamente el procedimiento de conexión. Por un extremo, el equipo se conecta directamente al puerto del CRPT-101, mientras que por el otro se ramifica hacia el puerto de la ECU y al sensor de presión, incluyendo la disposición de pines y la codificación de colores.

Figura 6

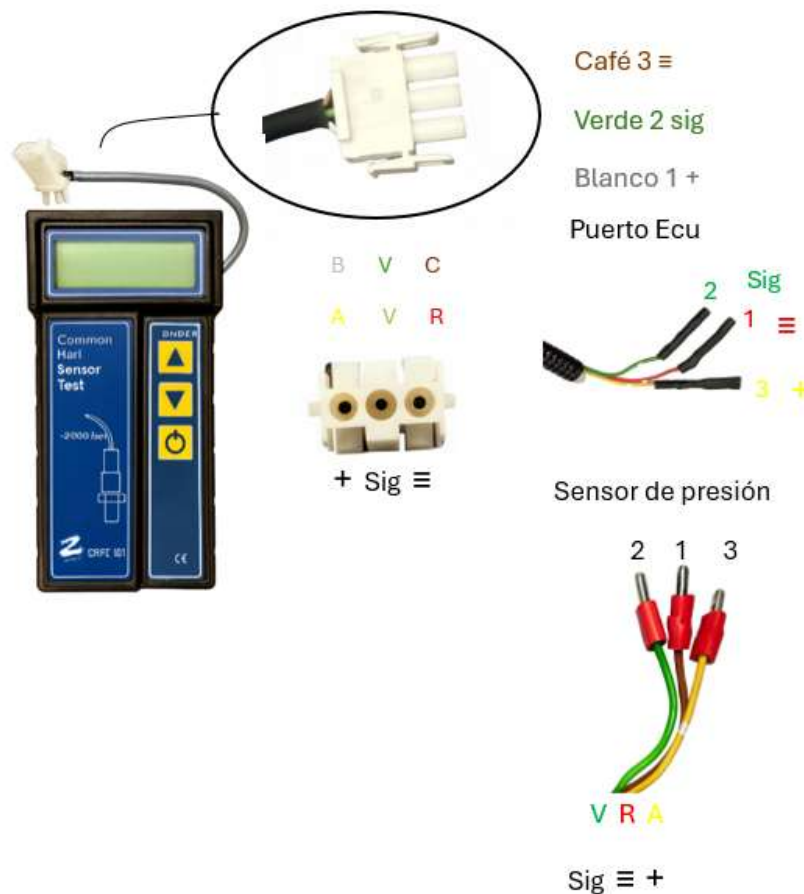
Diagrama de conexión Bosch



Fuente: Autores.

Figura 7

Diagrama de conexión VDO



Fuente: Autores.

Multímetro Digital

Durante el desarrollo de las pruebas, se utilizó un multímetro digital automotriz como herramienta esencial para verificar las señales eléctricas involucradas en la conexión del equipo CRPT-101. Este instrumento permitió identificar con precisión los cables de alimentación, tierra y señal, lo que resultó indispensable para establecer correctamente la conexión entre el CRPT-101, el sensor de presión Common Rail y el socket de la computadora (ECU). Gracias a estas mediciones, se garantizó la integridad del circuito de prueba y se evitieron errores de conexión que pudieran afectar la lectura o dañar los componentes. Asimismo, el multímetro facilitó la creación de diagramas de conexión funcionales del equipo, los cuales fueron adjuntados como parte del estudio para documentar el procedimiento técnico y permitir su replicación en otros sistemas diésel.

Figura 8

Multímetro Digital



Fuente: Autores.

Equipo Bosch FSA 740

El equipo Bosch FSA 740 fue utilizado como instrumento especializado para la medición de voltaje en el socket del sensor de presión que referencia el pulso controlado a la unidad de control electrónico (ECU). Este dispositivo permitió registrar con precisión los valores de voltajes según el aumento de presión, en estado ralenti, plena carga y en encendido (ON), proporcionando datos confiables en el análisis comparativo entre sensores Bosch y VDO.

Figura 9

Equipo Bosch FSA 740



Fuente: Autores.

Escáner INNOVA 3230 mx

Durante las pruebas, se utilizó un scanner automatizado INNOVA 3230 mx, para acceder a parámetros en tiempo real del sistema de inyección del diésel. Este equipo permitió visualizar las revoluciones del motor (RPM) y contrastar en distintas condiciones operativas. Esta información fue clave para completar con los datos obtenidos con el CRPT-101 y el Bosch FSA 740, para construir un perfil técnico completo del funcionamiento del sistema bajo condiciones reales.

Figura 10

Escáner



Fuente: Autores.

Resultados y Discusión

Parámetros de presión del sensor en condiciones reales de funcionamiento

En esta sección se presentan los valores reales registrados por el sensor de presión de Common Rail de las marcas Bosch y VDO en distintas condiciones operativas. Se trabajó con tres configuraciones del sistema: 1500 bar, 2000 bar y 2400 bar. Los datos se presentan en forma de tablas que vinculan la presión, el voltaje generado por el sensor (V) y las revoluciones por minuto (RPM). A continuación, se detallan los parámetros registrados en cada sistema de presión:

Tabla 2

Parámetros del rendimiento sensor Bosch

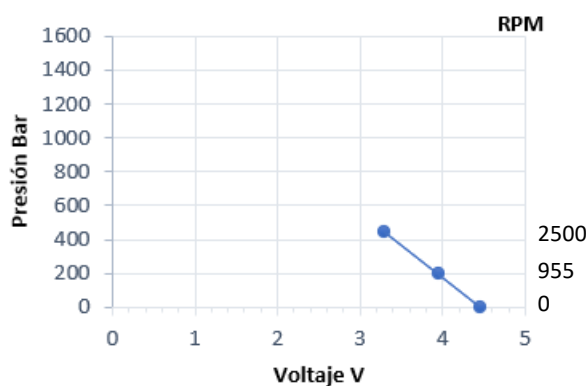
| Sistema de 1500 bar teórica con 1315 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 1.5 | 4.46 | 0 |
| Ralentí | 194-208 | 3.95 | 955 |
| Plena Carga | 440 | 3.30 | 2500 |

Nota. La tabla muestra los valores registrados por el sensor de presión Bosch obtenidos con presión teórica de 1500.

En la tabla 2, dentro de un sistema de inyección Common Rail con 1315 bar de presión real en el riel, se establecen las condiciones de referencia para verificar el correcto funcionamiento del sensor Bosch. En condiciones de encendido sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 1.5 bar con un voltaje de 4.46 V, correspondiente a un rango de trabajo del 89.2 %. En ralentí (955 RPM), la presión asciende a 194-208 bar y el voltaje desciende a 3.95 V, con un rango de trabajo del 79 %. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 440 bar y el voltaje cae a 3.30 V, con un rango de trabajo del 66 %.

Figura 11

Gráfica parámetros Bosch



Fuente: Autores

La Figura 11 muestra una relación inversa entre la presión y el voltaje emitido por el sensor Bosch en un sistema de inyección Common Rail, evidenciando cómo este componente convierte variaciones mecánicas en señales eléctricas para la ECU. A medida que aumenta la

exigencia del motor, la presión se incrementa y el voltaje disminuye, lo que confirma el correcto funcionamiento del sensor bajo condiciones normales, en encendido sin arranque (ON, 0 RPM) se registra una presión de 1.5 bar con 4.46 V, en ralentí (955 RPM), 208 bar con 3.95 V, y en plena carga (2500 RPM), 440 bar con 3.30 V. Estos valores representan rangos de referencia para el diagnóstico técnico. Cuando se detectan desviaciones fuera de estos parámetros, el diagnóstico preliminar indica posibles fallas como pérdida de presión (el vehículo no desarrolla o no enciende), sobrepresión (altas emisiones contaminantes) o funcionamiento inestable del motor, lo que evidencia la necesidad de revisar el sensor y sus componentes asociados.

Tabla 3

Parámetros del rendimiento sensor Bosch

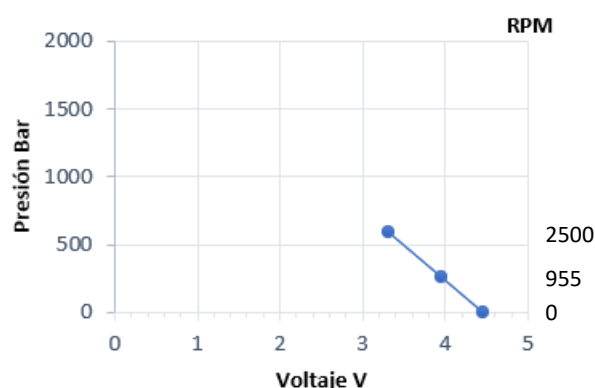
| Sistema de 2000 bar teórica con 1753 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 1.5 | 4.46 | 0 |
| Ralentí | 250-277 | 3.95 | 955 |
| Plena Carga | 585 | 3.31 | 2500 |

Nota. La tabla muestra los valores registrados por el sensor de presión Bosch obtenidos con presión teórica de 2000.

En la tabla 3, dentro de un sistema de inyección Common Rail con 1753 bar de presión real en el riel, se establecen las condiciones de referencia para verificar el correcto funcionamiento del sensor Bosch. En condiciones de encendido sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 1.5 bar con un voltaje de 4.46 V, correspondiente a un rango de trabajo del 89.2 %. Posteriormente, en ralentí (955 RPM), la presión asciende a 250–277 bar y el voltaje desciende a 3.95 V, con un rango de trabajo del 79 %. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 585 bar y el voltaje cae a 3.31 V, con un rango de trabajo del 66.2 %.

Figura 12

Gráfica parámetros Bosch



Fuente: Autores

La Figura 12 refleja una relación inversa entre la presión del rail y el voltaje emitido por el sensor, evidenciando cómo este componente traduce variaciones mecánicas en señales eléctricas para la ECU. En condiciones de encendido sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 1.5 bar con un voltaje de 4.46 V. En ralentí (955 RPM), la presión asciende a 250–277 bar y el voltaje desciende a 3.95 V. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 585 bar y el voltaje cae a 3.31 V. Estos valores representan rangos de referencia para el diagnóstico técnico. Cuando se detectan desviaciones fuera de estos parámetros, el diagnóstico preliminar indica posibles fallas como pérdida de presión (el vehículo no desarrolla o no enciende), sobrepresión (altas emisiones contaminantes) o funcionamiento inestable del motor, lo que evidencia la necesidad de revisar el sensor y sus componentes asociados.

Tabla 4

Parámetros del rendimiento sensor Bosch

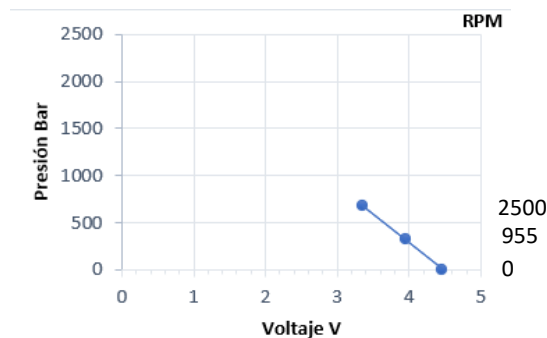
| Sistema de 2400 bar teórica con 2104 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 1.5 | 4.46 | 0 |
| Ralentí | 326 | 3.95 | 955 |
| Plena Carga | 680 | 3.36 | 2500 |

Nota. La tabla muestra los valores registrados por el sensor Bosch obtenidos con presión teórica de 2400.

En la Tabla 4, dentro de un sistema de inyección Common Rail con 2104 bar de presión real en el riel, se establecen las condiciones de referencia para verificar el correcto funcionamiento del sensor Bosch. En condiciones de encendido sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 1.5 bar con un voltaje de 4.46 V, correspondiente a un rango de trabajo del 89.2 %. Posteriormente, en ralentí (955 RPM), la presión asciende a 326 bar y el voltaje desciende a 3.95 V, con un rango de trabajo del 79 %. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 680 bar y el voltaje cae a 3.36 V, con un rango de presión del 67.2 %.

Figura 13

Gráfica parámetros Bosch



Fuente: Autores

La Figura 13 refleja una relación inversa entre la presión del rail y el voltaje emitido por el sensor, evidenciando cómo este componente traduce variaciones mecánicas en señales eléctricas para la ECU. En condiciones de encendido sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 1.5 bar con un voltaje de 4.46 V. En ralentí (955 RPM), la presión asciende a 326 bar y el voltaje desciende a 3.95 V. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 680 bar y el voltaje cae a 3.36 V. Estos valores representan rangos de referencia para el diagnóstico técnico. Cuando se detectan desviaciones fuera de estos parámetros, el diagnóstico preliminar indica posibles fallas como pérdida de presión (el vehículo no desarrolla o no enciende), sobrepresión (altas emisiones contaminantes) o funcionamiento inestable del motor, lo que evidencia la necesidad de revisar el sensor y sus componentes asociados.

Tabla 5

Parámetros del rendimiento sensor VDO

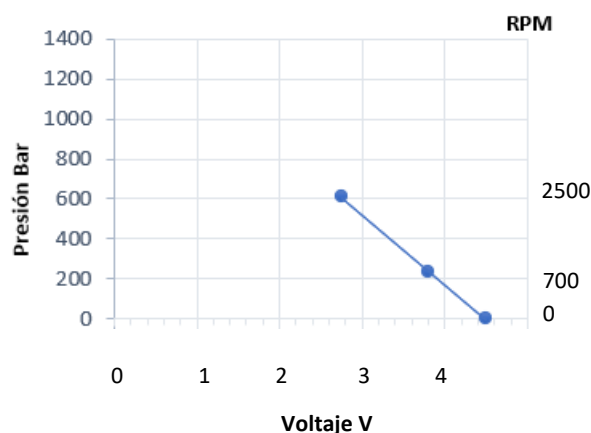
| Sistema de 1500 bar teórica con 917 bar presión real | | | |
|--|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 0.5 | 4.49 | 0 |
| Ralentí | 233 | 3.80 | 700 |
| Plena Carga | 610 | 2.75-2.80 | 2500 |

Nota. La tabla muestra los valores registrados por el sensor VDO obtenidos con presión teórica de 1500.

En la Tabla 5, dentro de un sistema de inyección Common Rail con 917 bar de presión real en el riel, se establecen las condiciones de referencia para verificar el correcto funcionamiento del sensor VDO. En condiciones de encendido sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 0.5 bar con un voltaje de 4.49 V, correspondiente a un rango de trabajo del 11.3 %. En ralentí (700 RPM), la presión asciende a 233 bar y el voltaje desciende a 3.80 V, con un rango de trabajo del 26.67 %. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 610 bar y el voltaje cae a 2.75 V, con un rango de trabajo del 50 %.

Figura 14

Gráfica parámetros VDO



Fuente: Autores

La Figura 14 refleja una relación inversa entre la presión del rail y el voltaje emitido por el sensor, evidenciando cómo este componente traduce variaciones mecánicas en señales eléctricas para la ECU. En condiciones de encendido en el sistema VDO sin arranque (ON, 0

RPM), se registra una presión de 0.5 bar con un voltaje de 4.49 V. En ralentí (700 RPM), la presión asciende a 233 bar y el voltaje desciende a 3.80 V. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 610 bar y el voltaje cae a 2.75 V. Estos valores representan rangos de referencia para el diagnóstico técnico. Cuando se detectan desviaciones fuera de estos parámetros, el diagnóstico preliminar indica posibles fallas como pérdida de presión (el vehículo no desarrolla o no enciende), sobrepresión (altas emisiones contaminantes) o funcionamiento inestable del motor, lo que evidencia la necesidad de revisar el sensor y sus componentes asociados.

Tabla 6

Parámetros del rendimiento sensor VDO

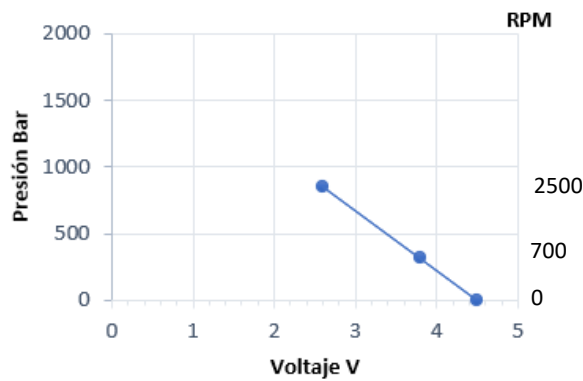
| Sistema de 2000 bar con 1220 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 0.5 | 4.49 | 0 |
| Ralentí | 312 | 3.80 | 700 |
| Plena Carga | 850-863 | 2.6-2.95 | 2500 |

Nota. La tabla muestra los valores registrados por el sensor VDO obtenidos con presión teórica de 2000.

En la Tabla 6, dentro de un sistema de inyección Common Rail con 1220 bar de presión real en el riel, se establecen las condiciones de referencia para verificar el correcto funcionamiento del sensor VDO. En condiciones de encendido sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 0.5 bar con un voltaje de 4.49 V, correspondiente a un rango de trabajo del 11.3 %. Posteriormente, en ralentí (700 RPM), la presión asciende a 312 bar y el voltaje desciende a 3.80 V, con un rango de trabajo del 26.67 %. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 850-863 bar y el voltaje cae a 2.6 V, con un rango de trabajo del 53.33 %.

Figura 15

Gráfica parámetros VDO



Fuente: Autores

La Figura 15 refleja una relación inversa entre la presión del rail y el voltaje emitido por el sensor, evidenciando cómo este componente traduce variaciones mecánicas en señales eléctricas para la ECU. En condiciones de encendido en el sistema VDO sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 0.5 bar con un voltaje de 4.49 V. En ralentí (700 RPM), la presión asciende a 312 bar y el voltaje desciende a 3.80 V. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 850 bar y el voltaje cae a 2.6 V. Estos valores representan rangos de referencia para el diagnóstico técnico. Cuando se detectan desviaciones fuera de estos parámetros, el diagnóstico preliminar indica posibles fallas como pérdida de presión (el vehículo no desarrolla o no enciende), sobrepresión (altas emisiones contaminantes) o funcionamiento inestable del motor, lo que evidencia la necesidad de revisar el sensor y sus componentes asociados.

Tabla 7

Parámetros del rendimiento sensor VDO

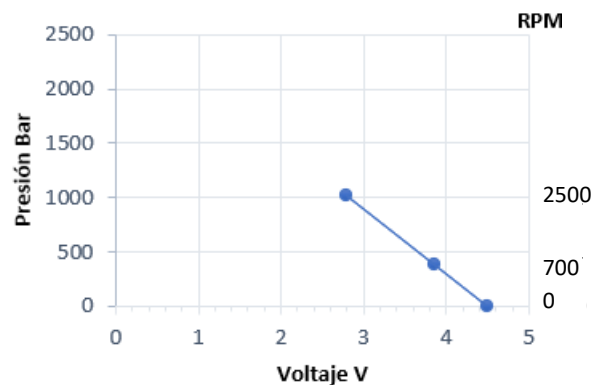
| Sistema de 2400 bar con 1463 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 0.5 | 4.49 | 0 |
| Ralentí | 382-385 | 3.86 | 700 |
| Plena Carga | 1022-1027 | 2.80 | 2500 |

Nota. La tabla muestra los valores registrados por el sensor VDO obtenidos con presión teórica de 2400.

En la Tabla 7, dentro de un sistema de inyección Common Rail con 1463 bar de presión real en el riel, se establecen las condiciones de referencia para verificar el correcto funcionamiento del sensor VDO. En condiciones de encendido sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 0.5 bar con un voltaje de 4.49 V, correspondiente a un rango de trabajo del 11.3%. En ralentí (700 RPM), la presión asciende a 382-385 bar y el voltaje desciende a 3.86 V, con un rango de trabajo del 25.33%. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 1022-1027 bar y el voltaje cae a 2.8 V, con un rango de trabajo del 48.89%.

Figura 16

Gráfica parámetros VDO

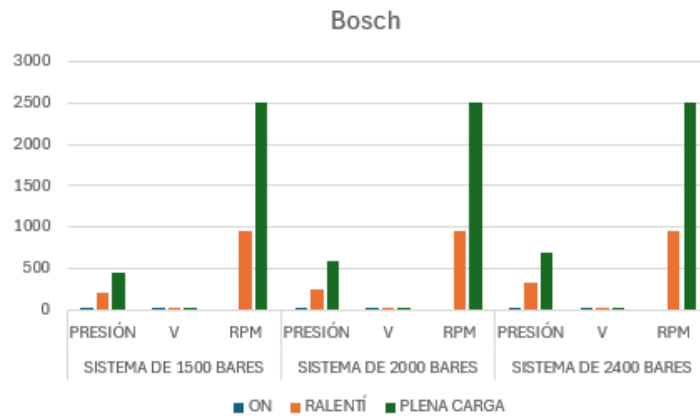


Fuente: Autores

La Figura 16 refleja una relación inversa entre la presión del rail y el voltaje emitido por el sensor, evidenciando cómo este componente traduce variaciones mecánicas en señales eléctricas para la ECU. En condiciones de encendido en el sistema VDO sin arranque (ON, 0 RPM), se registra una presión de 0.5 bar con un voltaje de 4.49 V. En ralentí (700 RPM), la presión asciende a 382-385 bar y el voltaje desciende a 3.86 V. Finalmente, en plena carga (2500 RPM), la presión alcanza 1022-1027 bar y el voltaje cae a 2.8 V. Estos valores representan rangos de referencia para el diagnóstico técnico. Cuando se detectan desviaciones fuera de estos parámetros, el diagnóstico preliminar indica posibles fallas como pérdida de presión (el vehículo no desarrolla o no enciende), sobrepresión (altas emisiones contaminantes) o funcionamiento inestable del motor, lo que evidencia la necesidad de revisar el sensor y sus componentes asociados.

Figura 17

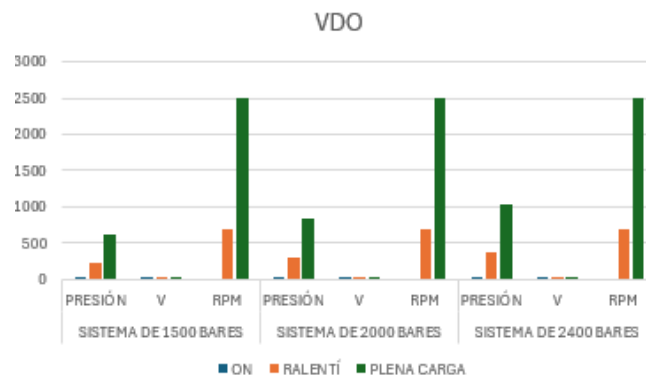
Comportamiento Sistema Bosch



Fuente: Autores

Figura 18

Comportamiento Sistema VDO



Fuente: Autores

En la figura 17 y figura 18 se observa el comportamiento de los sensores de presión en sistemas Common Rail de 1500, 2000 y 2400 bares bajo condiciones de encendido, ralenti y plena carga. En el sistema Bosch se registraron valores progresivos 194-208 bar en ralenti y 440 en plena carga para 1500 bar; 250-277 y 585 bar en 2000 bar; y 326 y 680 bar en 2400 bar, con voltajes constantes entre 3.3 y 3.95 V y RPM de 955 en ralenti y 2500 en plena carga. En los sistemas VDO se obtuvieron presiones de 233 bar en ralenti y 610 en plena carga para 1500 bar; 312 y 850-863 bar en 2000 bar y 382-385 y 1022-1027 bar en 2400 bar,

con voltajes que disminuyen progresivamente conforme aumenta la exigencia y con los mismos rangos de RPM.

En términos de rendimiento, los datos de Bosch muestran valores progresivos y coherentes en cada condición operativa, con una señal eléctrica estable que refleja confiabilidad y consistencia en el funcionamiento del sistema. Este patrón evidencia un desempeño orientado a la estabilidad, lo que facilita diagnósticos precisos y asegura una inyección controlada. En contraste, los sistemas VDO reflejan incrementos de presión más elevados en todas las condiciones, acompañados de una caída más marcada en el voltaje conforme aumenta la exigencia. Este comportamiento indica un rendimiento más dinámico y sensible, caracterizado por una respuesta más rápida para elevar la presión de acuerdo con las demandas del sistema, aunque con variaciones eléctricas que requieren un control electrónico más riguroso.

Conclusiones

El análisis evidencia que ambos sensores mantienen la misma tendencia de funcionamiento, a mayor exigencia del motor, la presión del rail aumenta y el voltaje disminuye. En Bosch, los sistemas de 1500, 2000 y 2400 bar teóricos alcanzan presiones reales en el riel de 1315, 1753 y 2104 bar, con rangos de trabajos (89.2 % en ON, 79 % en ralentí y 66–67 % en plena carga). En VDO, los sistemas de 1500, 2000 y 2400 bar teóricos registran presiones reales menores de 917, 1220 y 1463 bar, con rangos de trabajos (11.3 % en ON, 25–26 % en ralentí y 48–53 % en plena carga).

Se evidencia que, en los sistemas Common Rail de 1500, 2000 y 2400 bares, los sensores de presión presentan una tendencia clara, a mayor exigencia del motor, la presión del rail aumenta y el voltaje disminuye. Los datos de Bosch muestran valores progresivos y coherentes en cada condición, mientras que los de VDO reflejan incrementos de presión acompañados de una caída más marcada en el voltaje. Estos resultados permiten establecer rangos de referencia técnicos que facilitan el diagnóstico, cuando presión y voltaje se mantienen dentro de los límites esperados, el sistema opera de manera estable, mientras que desviaciones fuera de rango evidencian fallas comunes dentro del sistema. De esta manera, el análisis de las gráficas constituye una herramienta objetiva para la evaluación del sensor de presión y sus componentes asociados en sistemas de inyección Common Rail.

El diagnóstico de los sistemas de inyección Common Rail debe regirse por los valores de presión y rangos de trabajo como referencia técnica. Cuando estos parámetros se

mantienen dentro de los rangos establecidos, el sistema asegura un funcionamiento estable y eficiente. Sin embargo, si se presentan caídas de presión y en los valores que se encuentren fuera de los rangos de trabajo definidos se evidencia un problema de funcionamiento que se traduce en fallas típicas como pérdida de potencia, incremento de emisiones. En consecuencia, la identificación de estas desviaciones constituye el criterio objetivo para diagnosticar las fallas comunes, confirmando la necesidad de revisar el sensor y los componentes asociados con base en los valores obtenidos.

Referencias

- QYResearch. (2024, 21 diciembre). *Global Common Rail Pressure Sensor Market Research Report*. <https://www.qyresearch.com/reports/3407098/common-rail-pressure-sensor>
- Wise Guy Reports. (2025, septiembre). *Common Rail Pressure Sensor Market: A Comprehensive Analysis*. <https://www.wiseguyreports.com/reports/common-rail-pressure-sensor-market>
- Hengce Research. (2025, 24 julio). *Global High Pressure Common Rail Pressure Sensor Market Research Report*. <https://www.hengceresearch.com/products/high-pressure-common-rail-pressure-sensor/403621>
- René, G. y. C., & Marcelo, V. T. L. (2017, 4 agosto). *Medición y evaluación de las emisiones de material particulado y opacidad en una flota de vehículos con motor ciclo diésel, utilizando una mezcla de diésel con 20% de queroseno*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17596>
- Ayala, B. V., & Hernández, R. B. (2014, 29 mayo). *Elaboración de un módulo didáctico del sistema common rail del motor mazda BT 50 WL-C 2.5 CRDi diesel*. Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3438>
- Barzallo, E. M., & Sanmartín, F. H. (2014). *Análisis del sistema de inyección directa Common Rail en un motor Man*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4249>
- Jara, L. I., & Astudillo, A. S. (2025, 1 febrero). *Estimación del consumo de combustible y medición de CO2 en un vehículo con sistema de inyección CRDi 2.0 litros en arranque en frío*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30155>
- Ivon. (2021, 18 febrero). *ESTRUCTURA Y COMPONENTES DEL SISTEMA COMMON RAIL*. Scribd. <https://www.scribd.com/document/495012300/ESTRUCTURA-Y-COMPONENTES-DEL-SISTEMA-COMMON-RAIL>

- Starinjection. (2022, 6 diciembre). *¿Qué es una bomba de alta presión? - Starinjection*.
<https://starinjection.com.ar/blog/que-es-una-bomba-de-alta-presion/>
- Huaman, W. V. (2017, 15 septiembre). *Material Inyeccion Diesel Bosch Common Rail esquema funcionamiento componentes elementos diagramas*. Scribd.
<https://www.scribd.com/document/358950952/Material-Inyeccion-Diesel-Bosch-Common-Rail-Esquema-Funcionamiento-Componentes-Elementos-Diagramas>
- TotalEnergies. (2024, 9 enero). *Sistemas de inyección common rail: así funcionan*.
TotalEnergies Blog: Expertos En Lubricantes Para Tu Motor.
<https://blog.totalenergies.es/sistemas-de-inyeccion-common-rail-asi-funcionan/>
- Donado, A. (2022, 22 marzo). *5 Principios básicos del sistema Common Rail*. Autosoporte.
<https://autosoporte.com/5-principios-basicos-del-sistema-common-rail/>
- Bosch. (2017, 19 julio). *Diesel electrónico: Introducción a la tecnología Common Rail*.
<https://www.superprofesionalesbosch.com/plataforma/course/view.php?id=47>
- Parra, R., Osorio, K., Navarrete, Inaquiza, P., Pillajo, A., Naula, S., & Galárraga, F. (2022). *Investigación sobre el sistema de inyección CRDI en diésel*. Studocu.
<https://www.studocu.com/ec/document/universidad-politecnica-salesiana/dinamica-de-sistemas/investigacion-2-deber-de-asignatura-de-inteccion/44942093>
- Ramires, E. J., Herrera, I., Chavez, M., Chura, R. R., Garcia, M. A., & Aruquipa, E. (2024, 18 junio). *INYECCION ELECTRONICA DIESEL- COMMON RAIL*. Scribd.
<https://www.scribd.com/document/743630384/informe-de-un-motor>
- Ruta 401. (2020, 16 noviembre). Válvula reguladora de presión: tipos y consejos de mantenimiento. *Loctite Teroson*. <https://blog.reparacion-vehiculos.es/valvula-reguladora-de-presion-tipos-y-consejos-de-mantenimiento>
- Guarin, N. (2020, 10 febrero). *Válvula reguladora de la presión*. Scribd.
<https://es.scribd.com/document/446339339/Valvula-reguladora-de-la-presion>

Bogusz, J. (2022, 1 diciembre). *¿Cómo compruebo la presión en el Common Rail?* DTE.

<https://dte.com.pl/es/como-compruebo-la-presion-en-el-common-rail/>

Avance, A. (2019, octubre 16). *Sensor ICP o Sensor de Presión Riel ¿Qué es?* Curso

Automotriz - Curso Virtual Automotriz - Capacitación Automotriz.

<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/146-sensor-de-presion-del-riel-sistema-common-rail/>

Avería en la electroválvula reguladora de caudal de combustible – Motor J3 2.9 CRDi de la

marca KIA. (2015, 15 mayo). <https://www.blogmecanicos.com/2015/05/averia-en-la-electrovalvula-reguladora.html>

Delphi. (2025, 26 agosto). *Síntomas de fallo en el sensor de presión common rail y cómo*

detectarlo. Delphi. <https://www.delphiautoparts.com/es/masters-of-motion/lo-que-debes-saber/art%C3%ADculo/s%C3%ADntomas-de-fallo-en-el-sensor-de-presi%C3%B3n-common-rail-y-c%C3%B3mo-detectarlo>

Automotriz, I. y. M. (2020, 17 marzo). *¿Qué es el sensor de presión del sistema Common*

Rail y cómo funciona? INGENIERÍA y MECÁNICA AUTOMOTRIZ.

Herlic. (2024, 31 mayo). *Síntomas fallo sensor presión Common Rail.*

<https://herlic.es/sintomas-fallo-sensor-presion-common-rail/>

Flores, E., & Ulcuango, A. (2023). IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE

MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE LA UNIDAD DOSIFICADORA EN MOTORES DIÉSEL ELECTRÓNICOS [Universidad Técnica del Norte].

<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15422/2/04%20AUT%20030%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Levin, R. I. & Rubin, D. S. (2004), *Estadística para Administración y Economía*, séptima edición (en español).

Anexos

Anexo 1.

Camioneta de prueba 1: Ford Ranger 3.2 2023



Anexo 2.

Camioneta de prueba 2: Camioneta Volkswagen Amarok biturbo 2012



Anexo 3.

Equipo Common Rail Sensor Test CRPT-101



Anexo 4.

Multimetro Tulumex



Anexo 5.

Equipo Bosch FSA 740



Anexo 6.

Escáner Obd2 Innova 3230mx



Anexo 7.

Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 1500Bar



Anexo 8.

Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 2000Bar



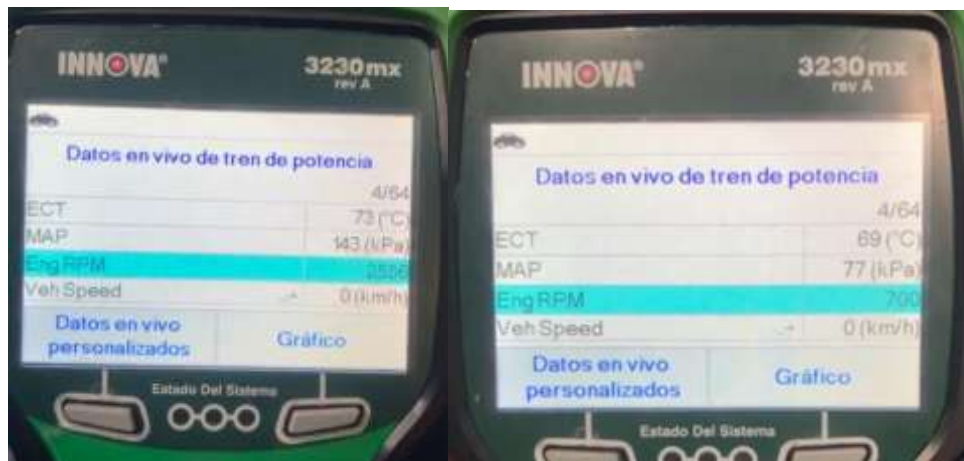
Anexo 9.

Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger a 2400Bar



Anexo 10.

Medición de rpm por escáner obd2 Camioneta Ford Ranger



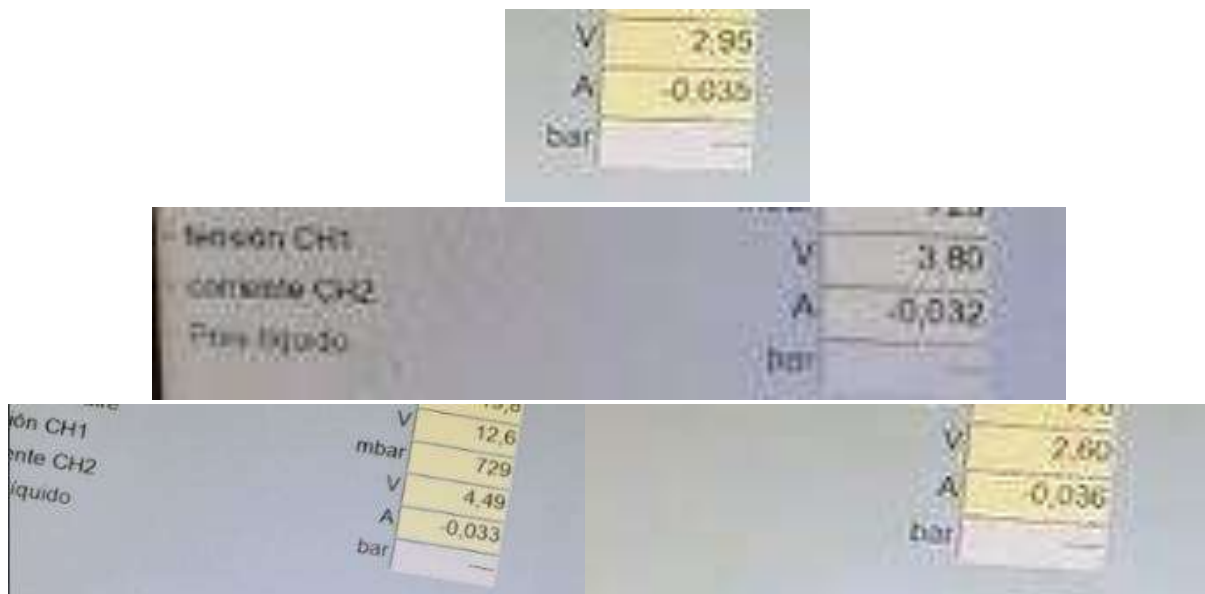
Anexo 11.

Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 1500Bar



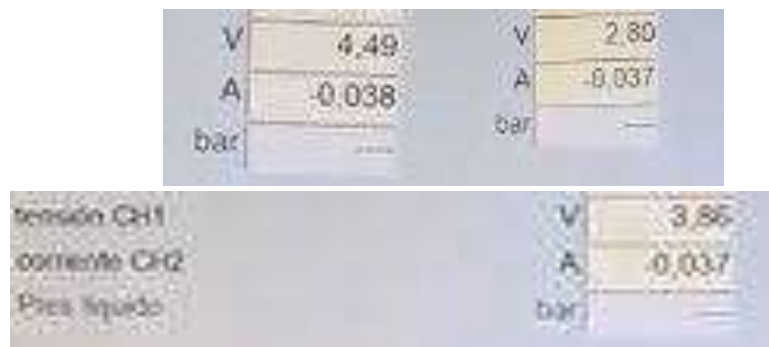
Anexo 12.

Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 2000Bar



Anexo 13.

Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Ford Ranger a 2400Bar



Anexo 14.

Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 p Camioneta Volkswagen Amarok a 1500Bar



Anexo 15.

Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar



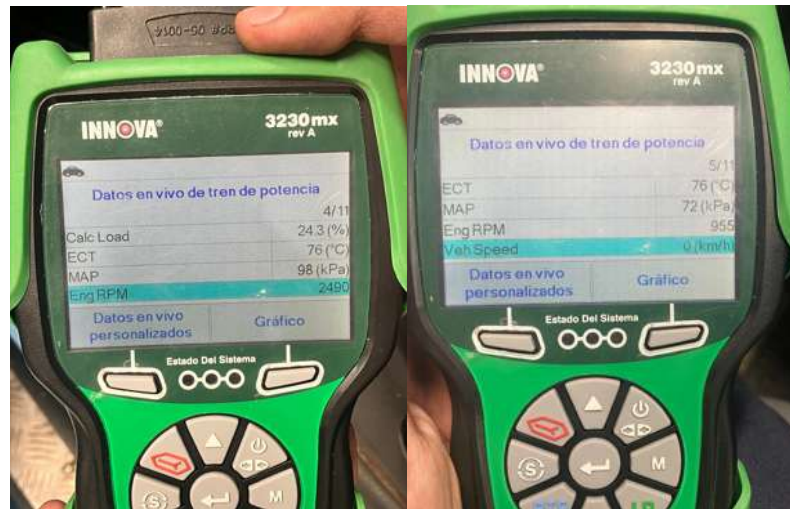
Anexo 16.

Mediciones de Presión en el Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok a 2400Bar



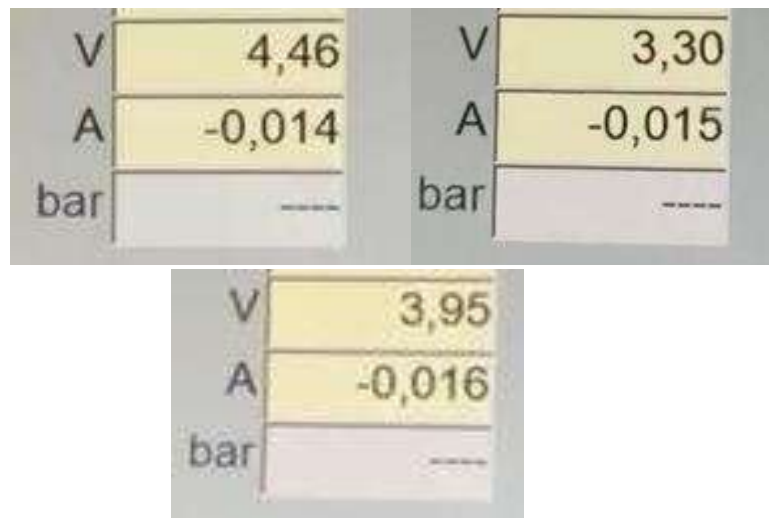
Anexo 17.

Medición de rpm por escáner obd2 Camioneta Volkswagen Amarok



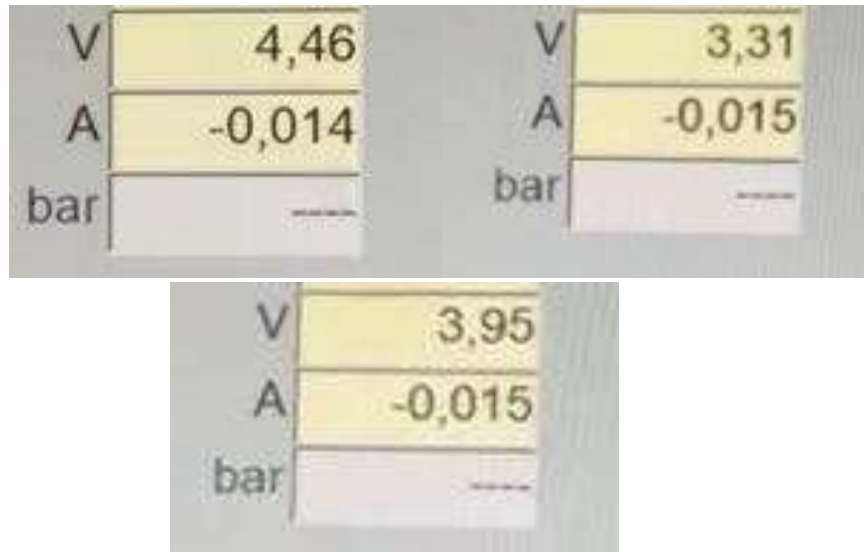
Anexo 18.

Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 1500Bar



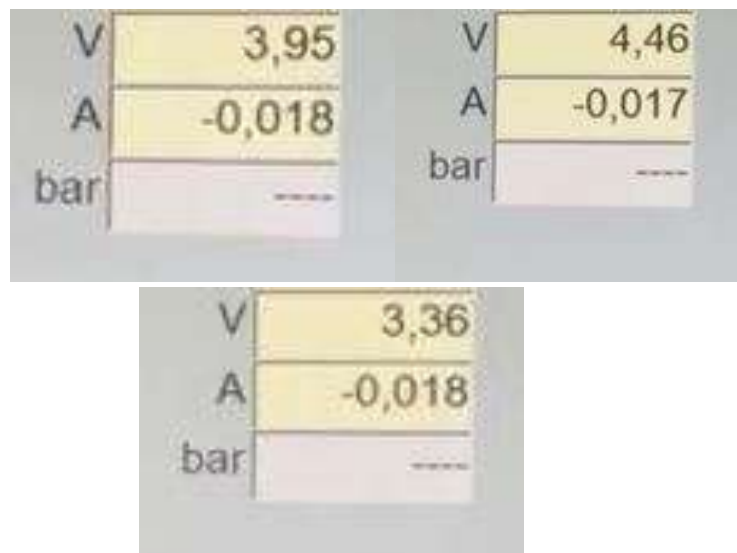
Anexo 19.

Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar



Anexo 20.

Mediciones de voltaje Equipo Bosch FSA 740 Camioneta Volkswagen Amarok a 2000Bar



Anexo 21.

Tabla de mediciones Ford Ranger

| Sistema de 1500 bar teórica y 1315 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 1.5 | 4.46 | 0 |
| Ralentí | 194-208 | 3.95 | 955 |
| Plena Carga | 440 | 3.30 | 2500 |

| Sistema de 2000 bar teórica y 1753 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 1.5 | 4.46 | 0 |
| Ralentí | 250-277 | 3.95 | 955 |
| Plena Carga | 585 | 3.31 | 2500 |

| Sistema de 2400 bar teórica y 2104 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 1.5 | 4.46 | 0 |
| Ralentí | 326 | 3.95 | 955 |
| Plena Carga | 680 | 3.36 | 2500 |

Anexo 22.

Tabla de mediciones Volkswagen Amarok

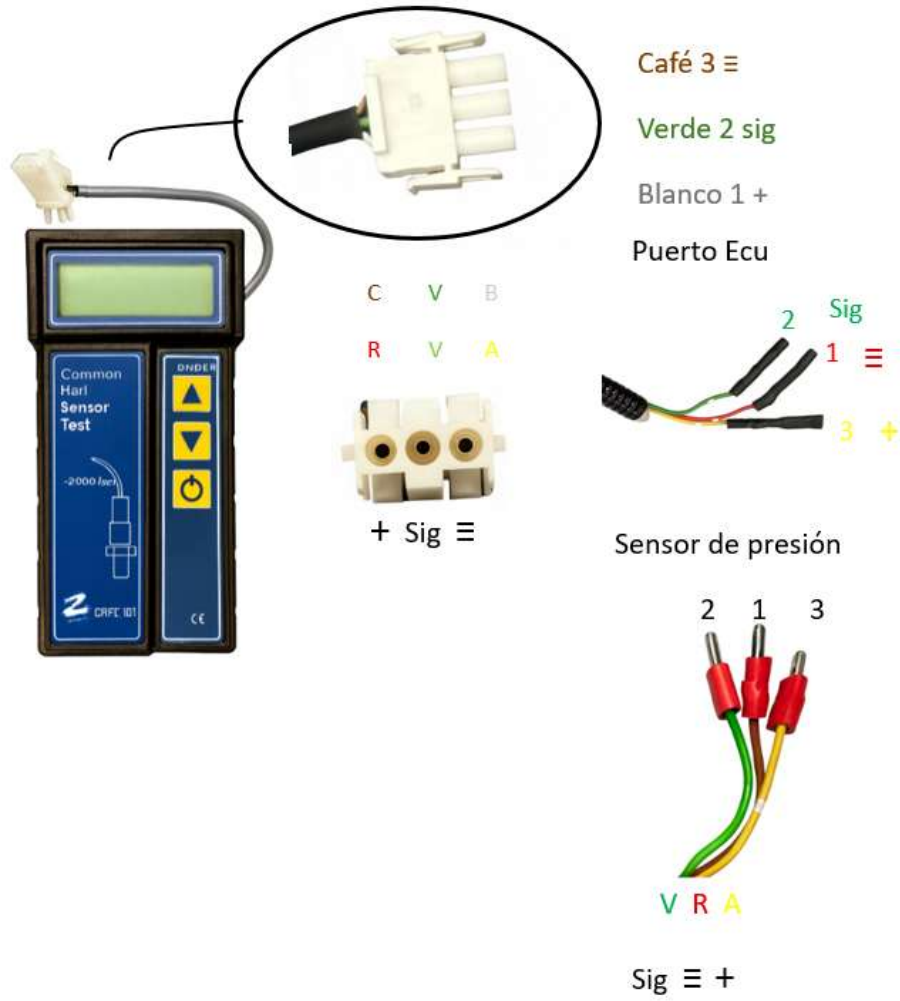
| Sistema de 1500 bar teórica y 917 bar presión real | | | |
|--|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 0.5 | 4.49 | 0 |
| Ralentí | 233 | 3.80 | 700 |
| Plena Carga | 610 | 2.75-2.80 | 2500 |

| Sistema de 2000 bar y 1220 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 0.5 | 4.49 | 0 |
| Ralentí | 312 | 3.80 | 700 |
| Plena Carga | 850-863 | 2.6-2.95 | 2500 |

| Sistema de 2400 bar y 1463 bar presión real | | | |
|---|---------------|-------------|------|
| Condición | Presión (Bar) | Voltaje (V) | RPM |
| ON | 0.5 | 4.49 | 0 |
| Ralentí | 382-385 | 3.86 | 700 |
| Plena Carga | 1022-1027 | 2.80 | 2500 |

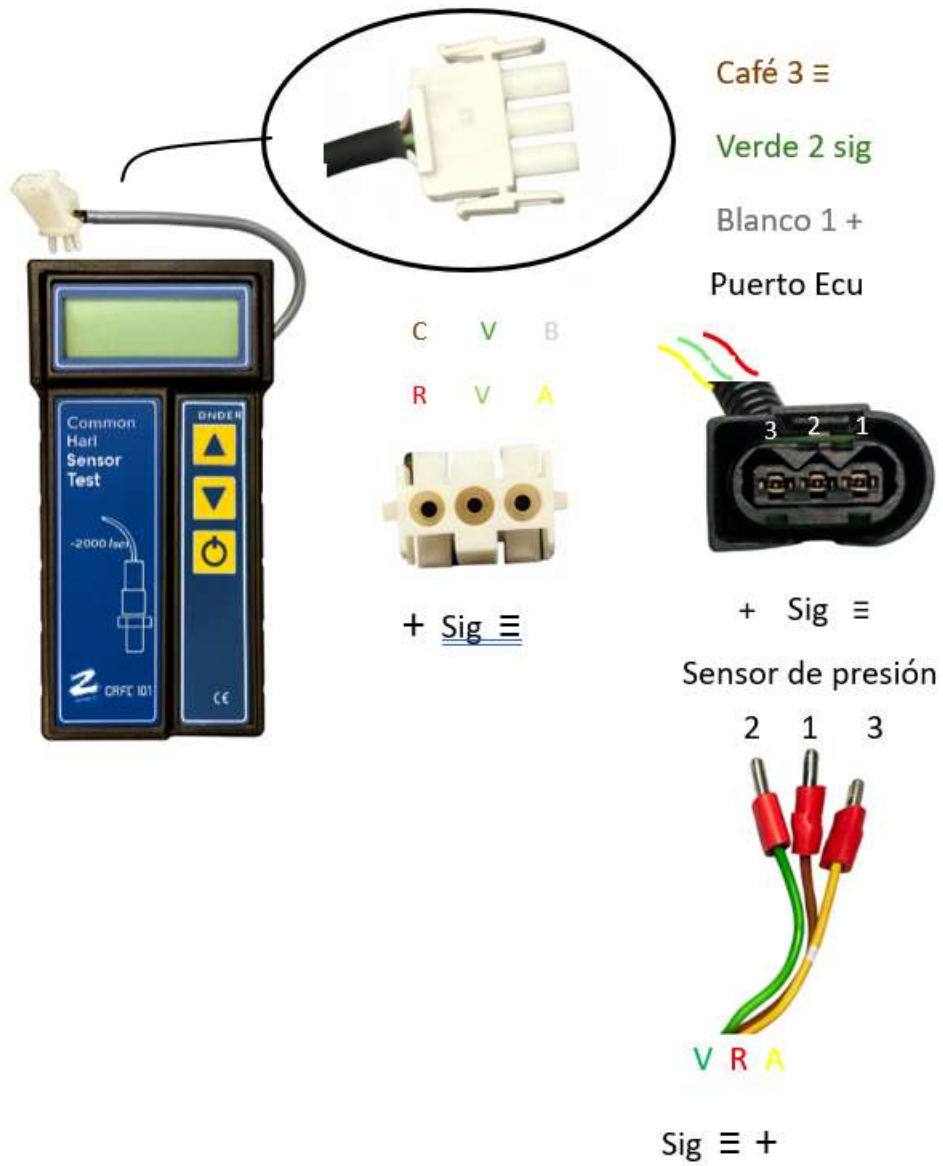
Anexo 23.

Diagrama Pictográfico del Equipo CRPT-101 Camioneta Ford Ranger



Anexo 24.

Diagrama Pictográfico del Equipo CRPT-101 Camioneta Volkswagen Amarok



Anexo 25.

Uso del Equipo CRPT-101



Anexo 26.

Anotación de Valores de las Pruebas

