UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE MANUALES DE USUARIO Y GUÍAS DE PRÁCTICA PARA BANCOS DE COMPROBACIÓN DE BOMBAS DE INYECCIÓN E INYECTORES ELECTRÓNICOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ SEDE QUITO

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

AUTORES: ESTIVEN PAUL ENDARA CHANGA
MAURO ANDRÉS CRUZ CESPEDES

TUTOR: JUAN JOSÉ MOLINA CAMPOVERDE

Quito - Ecuador
2025

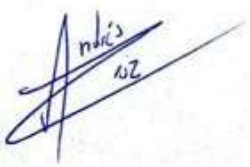
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Estiven Paul Endara Changa con documento de identificación N° 1750309732 y Mauro Andrés Cruz Cespedes con documento de identificación N° 1726672221 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, 26 de febrero del 2025

Atentamente,



Estiven Paul Endara Changa
1750309732

Mauro Andrés Cruz Cespedes
1726672221

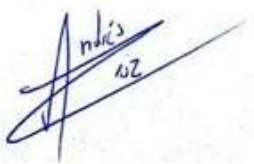
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Estiven Paul Endara Changa con documento de identificación N° 1750309732 y Mauro Andrés Cruz Cespedes con documento de identificación N° 1726672221 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: "Desarrollo e implementación de manuales de usuario y guías de práctica para bancos de comprobación de bombas de inyección e inyectores electrónicos en la carrera de Ingeniería Automotriz Sede Quito", 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, 26 de febrero del 2025

Atentamente,



Estiven Paul Endara Changa
1750309732

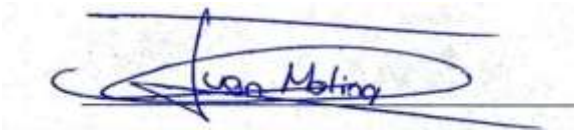
Mauro Andrés Cruz Cespedes
1726672221

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan José Molina Campoverde con documento de identificación N° 0105819841, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE MANUALES DE USUARIO Y GUÍAS DE PRÁCTICA PARA BANCOS DE COMPROBACIÓN DE BOMBAS DE INYECCIÓN E INYECTORES ELECTRÓNICOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ SEDE QUITO, realizado por Estiven Paul Endara Changa con documento de identificación N° 1750309732 y por Mauro Andrés Cruz Cespedes 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, 26 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Juan José Molina Campoverde, MsC.
0105819841

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a Dios, por darme fuerzas y bendiciones para poder llegar hasta aquí, a mis padres Washington Endara y Verónica Changa, por su amor incondicional, su apoyo y esfuerzo constante, gracias por creer en mí, a mi hermano Andrés por ayudarme en todo momento y circunstancia, a mi enamorada Johanna, por ser mi compañera, mi inspiración y mi refugio en todo momento, y a mi abuela, María Gilberta Dumancela, que ahora me cuida desde el cielo, cuyas enseñanzas llevo en mi corazón, este logro es también un homenaje a tu memoria. A todos ustedes, esta tesis está dedicada con profundo amor y gratitud.

Estiven Paul Endara Changa

Dedico el presente proyecto a mis padres por apoyarme en este largo camino que ha significado cruzar este camino en especial a mi mamá durante todas las noches siempre me recibía con un plato de comida luego de llegar de trabajar y estudiar, a mis hermanos que con su granito de arena también hicieron posible este proyecto, a mi perrito leo que desde el cielo sé que debe estar moviendo la colita y orgulloso de lo que hice, a mi gatita Micha que me acompaño desde el inicio de la carrera y finalmente a ti que estuviste en gran parte de la carrera por tu apoyo y por la motivación que me brindaste, ahora que por circunstancias de la vida ahora no estás conmigo, espero la vida nos vuelva dar otra oportunidad, tas.

Mauro Andrés Cruz Céspedes

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a todos lo docentes que me han impartido conocimiento desde primer semestre hasta poder culminar mi carrera, al Ing. Juan José Molina Campoverde, por ser mi tutor y guía durante todo el proceso de titulación, también agradezco a mis padres por darme la oportunidad de elegir la carrera de mis sueños y poder forjarme como un buen profesional, a todos mis compañeros que formaron parte de mi vida académica, gracias por su amistad en la Universidad Politécnica Salesiana.

Estiven Paul Endara Changa

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana que me dio la oportunidad de ser parte de esta gloriosa institución, a mis ingenieros que me impartieron conocimiento a lo largo de la carrera, a mis compañeros que codo a codo fuimos luchando cada semestre para lograr este objetivo y finalmente a el Ing. Juan José Molina Campoverde que supo guiarnos durante todo este proceso finalmente agradezco a Dios que me supo enseñar que este no fue un camino nada fácil pero que luchando día a día se puede lograr lo que se propone.

Mauro Andrés Cruz Céspedes

ÍNDICE GENERAL

Resumen 11
Abstract 12
Introducción 13
Problema 14
OBJETIVOS 15
Objetivo General 15
Objetivos Específicos 15
Metodología 16
CAPITULO 1 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES 18
1.1 Sistema de Inyección Diesel 18
1.2 Bombas de inyección diésel 18
1.3 Bombas lineales 19
1.4 Bomba Rotativa 20
1.5 Bombas Electrónicas 20
1.6 Inyectores 21
1.7 Tipos de Inyectores 22
1.7.1 Inyectores mecánicos 22
CAPITULO 2 23
FUNCIONAMIENTO DE INEYCTORES Y BOMBAS DE INYECCIÓN CRDI 23
2.1 Manual de banco de pruebas de Bombas Common Rail CR1014. 23
2.1.1 Introducción 23
2.1.2 Características de la máquina. 23
2.2 Manual del banco de pruebas de Inyectores Common Rail EPS208S 27
2.2.1 Introducción 27
2.2.2 Funciones principales 28
2.2.3 Características principales 28
2.2.4 Disposiciones mayores 29
2.2.5 Especificaciones técnicas detalladas del equipo. 29
2.2.6 Parámetros principales del banco de pruebas 30
2.2.7 Composición y principio de funcionamiento 31
2.2.8 Mantenimiento y Precauciones 31
2.2.9 Esquema de funcionamiento del Banco EPS208S 31
2.3 Manual del banco de pruebas de Inyectores y Bombas Common Rail CRS300S 32
2.3.1 Introducción 32
2.3.2 Función Principal 33
2.3.3 Características del Banco CRS300S 33

2.3.4 Uso de inyector y bomba de Inyección en el Banco de prueba 34
CAPÍTULO 3 GUIAS DE USUARIO PARA LOS BANCOS CRS300S 36
3.1 Guía para el banco Beacon Common Raíl Test CRS300S 36
3.1.1 Análisis de resultados. 41
3.2 Guía para el banco Beacon Common Raíl Test Bench EPS208S. 43
3.2.1 Montaje y desmontaje de inyector puesto a prueba. 45
3.2.2 Análisis de resultados 53
3.3 Guía para el banco Beacon Common Raíl Test Bench CRS300S 54
3.3.1 Interfaz Principal 55
3.3.2 Pruebas con el inyector DENSO 8-98203849-0 55
3.3.3 Montaje y desmontaje de inyector y puesta a prueba 57
3.3.4 Prueba con la Bomba Bosch 0 445 020 065 en el Banco CRS300S 65
3.3.5 Tabla comparativa de los bancos de inyección. 69
RECOMENDACIÓN 70
CONCLUSIONES 70
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de motor de combustión diésel 18
Figura 2 : Elementos principales de una bomba lineal 19
Figura 3: Bomba en línea 20
Figura 4: Bomba rotativa 20
Figura 5: Bomba electrónica 21
Figura 6: Ilustración de un inyector 21
Figura 7: Inyector mecánico 22
Figura 8: Inyector electrónico 22
Figura 9: Banco de pruebas Common Rail 24
Figura 10: Cuerpo de Breakers 25
Figura 11 : Tacómetro 26
Figura 12: Banco Beacon EPS208 27
Figura 13: Esquema del funcionamiento del banco 32
Figura 14 : Banco de Pruebas Common Rail CRS3000S 32
Figura 15: Banco de pruebas Common Rail CR1014 36
Figura 16: Banco de pruebas Common Rail CR1014 36
Figura 17: Menú de inicio. 37

Figura 18: Interfaz de bomba..... 37
Figura 19: Interfaz de bomba..... 38
Figura 20: Interfaz de Prueba 39
Figura 21: Resultados de la prueba..... 40
Figura 22: Conector de alimentación..... 43
Figura 23: Servo motor, CP1 bomba, Tanque de Combustible 44
Figura 24: Partes internas del Banco de Prueba 44
Figura 25: Conexiones inyector-banco de prueba 45
Figura 26: Inyector montado 46
Figura 27: Inyector conectado..... 46
Figura 28: Acople del inyector 47
Figura 29: Herramientas utilizadas..... 47
Figura 30: Acoples para inyector..... 48
Figura 31: Interruptor de encendido 48
Figura 32: Interfaz del Software..... 49
Figura 33: Selección del Inyector..... 49
Figura 34: Interfaz de Prueba del Inyector 50
Figura 35: Resultados de Prueba 51
Figura 36: Resultados de la prueba del inyector [PDF]..... 52
Figura 37: Interfaz del Banco con Inyector..... 54
Figura 38: Cable del Inyector..... 55
Figura 39: Conexión de cables para prueba con inyector..... 56
Figura 40: Inyector DENSO 121 00861..... 57
Figura 41: Bomba y Riel 57
Figura 42: Tapón de riel..... 58
Figura 43: Inyector DESO..... 58
Figura 44: Base para el inyector..... 59
Figura 45: Conexión de cable 58
Figura 46: Conexión del banco de pruebas 59
Figura 47: Manguera de presión..... 60
Figura 48: Inyector montado en el banco 60
Figura 49: Selección de Inyector..... 61
Figura 50: Prueba del Inyector 62
Figura 51: Informe [PDF]..... 63

Figura 52: Resultados en Probetas..... 64
Figura 53: Interfaz del Banco con Bomba..... 65
Figura 54: Botón Setting 65
Figura 55: Configuración del sistema..... 66
Figura 56: Cable de la bomba de inyección 66
Figura 57: Tipo de Bomba de Inyección 67
Figura 58: Selección de PN de la bomba de inyección 68
Figura 59: Interfaz de prueba de la Bomba 68
Figura 60: Sistema Eléctrico Breakers 70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de la maquina 24
Tabla 2: Parámetros de medición..... 24
Tabla 3: Tacómetro 25
Tabla 4: Medidor de RPM 26
Tabla 5: Disposiciones Mayores..... 29
Tabla 6: Especificaciones Técnicas 29
Tabla 7: Parámetros del Banco de Pruebas..... 30
Tabla 8: Características del Banco..... 33
Tabla 9: Parámetros Técnicos..... 35
Tabla 10: Parámetros del Banco de Pruebas..... 63
Tabla 11: Parámetros del Banco de Pruebas..... 69

Resumen

Este proyecto técnico busca determinar procesos necesarios para realizar instructivos de uso en bancos de prueba CR1014, CRS300S, EPS208S. El objetivo es establecer una base de manuales y guías de práctica para estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz Sede Quito, que impulse el desarrollo de conocimiento en temas de sistemas de inyección CRDI.

La metodología empleada presenta un análisis técnico y detallado de los bancos de comprobación CRDI, seguido de la redacción de los manuales y guías basados en los resultados de pruebas rápidas, que fueron realizadas en un tiempo estimado de 10 a 15 minutos por banco, con el fin de evaluar la viabilidad y funcionalidad de los documentos elaborados, además de recopilar comentarios de docentes para tener un mejor enfoque sobre de los bancos de inyección.

El banco CR1014 está diseñado para pruebas de inyectores y bombas operando a una condición de altas presiones 1400-1600 bar, midiendo caudal de inyección, por otra parte el banco CR300S permite realizar pruebas únicamente con bombas de inyección midiendo caudal a precisión minuto por ciclo, además de funcionar a condiciones cercanas de 1400 bar, en cambio el banco EPS208S, es un equipo exactamente para inyectores midiendo volumen por ciclo y trabajando a una presión de 1000-1500 bar, siendo eficiente para sistemas de inyección electrónica.

Finalmente, con la información recopilada, se desarrollan comparativas con los tres bancos de inyección, para lo cual se obtiene resultados destacados en el banco CR1014, siendo el más completo al momento de realizase las distintas pruebas, ya que en el mismo se pueden realizar evaluaciones de bombas e inyectores. A diferencia de los bancos EPS208S y CRS300S que es de forma individual. Al presentar valores de la comparativa se obtiene datos de tiempo de inyección de 2.5 milisegundos y dando un caudal de 4.16 L/min y 0.4 ml por ciclo respectivamente.

La implementación de estos manuales permite la formación de manera práctica a estudiantes, contribuyendo con metodología a la carrera de Ingeniería Automotriz y su vez, brindando una mejor visión acerca de los equipos con los que cuenta la universidad para poder tener una correcta formación profesional.

Palabras Claves: CRDI, BANCOS de inyección CR1014, CRS300S, EPS208S, inyector, Diesel, bancos de prueba.

Abstract

This technical project seeks to determine the processes necessary to create instructions for use on CR1014, CRS300S, EPS208S test benches. The objective is to establish a base of manuals and practice guides for students of the Automotive Engineering course at the Quito campus, to promote the development of knowledge on CRDI injection systems.

The methodology used presents a detailed technical analysis of CRDI test benches, followed by the drafting of manuals and guides based on the results of quick tests, which were performed in an estimated time of 10 to 15 minutes per bench, in order to assess the feasibility and functionality of the documents produced, in addition to collecting comments from teachers to have a better approach to the injection benches.

The CR1014 bench is designed to test injectors and pumps operating at a high pressure condition of 1400-1600 bar, measuring injection flow, on the other hand the CR300S bench allows testing only injection pumps measuring flow at high precision minute per cycle, besides operating at conditions close to 1400 bar, on the other hand the EPS208S bench, is an equipment exactly for injectors measuring volume per cycle and working at a pressure of 1000-1500 bar, being efficient for electronic injection systems.

Finally, with the information gathered, comparisons are developed with the three injection benches, for which outstanding results are obtained in the CR1014 bench, being the most complete at the moment of carrying out the different tests, since it can be used to evaluate pumps and injectors. Unlike the EPS208S and CRS300S benches, which are carried out individually. When presenting comparative values, injection time data of 2.5 milliseconds is obtained, giving a flow rate of 4.16 L/min and 0.4 ml per cycle respectively.

The implementation of these manuals allows the training of students in a practical way, contributing with methodology to the career of Automotive Engineering and in turn, providing a better vision about the equipment that the university has in order to have a correct professional training.

Keywords: CRDI, injector, Diesel, test benches, CR1014, CRS300S, EPS208S.

Introducción

El avance tecnológico en la industria automotriz ha transformado profundamente los sistemas de inyección a Diesel, mejorando la eficiencia y reduciendo las emisiones contaminantes. La Carrera de Ingeniería Automotriz sede Quito enfrenta la tarea de preparar a sus estudiantes con las competencias necesarias para abordar el amplio campo laboral que les espera. Para ello, es importante contar con herramientas y equipos que posibiliten una formación práctica en el manejo y diagnóstico de estos sistemas.

El presente trabajo se centra en el desarrollo e implementación de manuales de uso y guías de práctica para tres bancos de pruebas de inyección Diesel, los cuales son: Banco de comprobación de bombas con sistemas CRDI (Common Rail Direct Injection), Banco universal para calibración de bombas de inyección mecánicas y Banco comprobador de inyectores electrónicos. Estos equipos ayudan a tener un mejor diagnóstico en temas de sistemas de inyección, ya que con práctica el estudiante puede generar un aprendizaje verdadero para el campo automotriz, permitiendo tener una experiencia real, y conocimientos teóricos.

Los manuales y las guías de práctica que se presentan en este trabajo contienen instrucciones que permiten la manipulación adecuada de los bancos de prueba, además de información de estándares y características principales de los equipos. La creación de este proyecto ayuda a mejorar la metodología de estudio, teniendo como resultado un aprendizaje eficaz, además de generar interés en temas relacionados con sistemas de inyección Diesel.

Este trabajo pretende fortalecer la formación en la Carrera de Ingeniería Automotriz sede Quito, ayudando a los estudiantes a que tengan las habilidades y conocimientos necesarios para destacarse en un entorno cada vez más competitivo y tecnológicamente avanzado.

Problema

Actualmente la carreara de ingeniería automotriz, enfrenta el desafío de capacitar a los estudiantes en el manejo efectivo de equipos de diagnóstico y prueba, como los bancos universales para calibración de bombas de inyección y bancos comprobadores de inyectores electrónicos. Estos equipos sirven para comprender y diagnosticar los sistemas de inyección diésel, asegurando un rendimiento adecuado de los motores.

Delimitación de problema. -

Sin embargo, se ha identificado una carencia significativa en la disponibilidad de manuales de uso y guías de práctica adecuadas para las practicas correspondientes a realizar en específico de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito. Esta falta de recursos educativos dificulta la capacitación efectiva de los estudiantes, limitando su comprensión y habilidades prácticas en el manejo de los equipos de diagnóstico mencionados

El manejo de los bancos de pruebas de bombas e inyectores recae en el operario, en decir, los estudiantes que llevan a cabo prácticas relacionadas con estos sistemas. Según esta consideración, se evidencia la importancia de contar con una guía y manual apropiados para que los estudiantes puedan trabajar con los bancos de pruebas de bombas e inyectores electrónicos adecuadamente (Castillejo Calle, 2014).

Durante el desarrollo del proyecto técnico, se encontraron varias dificultades al realizar pruebas en diferentes bancos. Desde la falta de acoples, hasta una fuga de combustible en la entrada de la bomba del banco de pruebas, estas situaciones se debieron a que dicho banco no había sido manipulado ni utilizado previamente por los estudiantes.

Se requirió una solución rápida para realizar las pruebas. Además, el banco arrojaba resultados con un margen de error, lo que ocasionó fallos en los datos finales de las pruebas. El sistema operativo del banco no iniciaba debido a la desconexión de componentes del hardware.

Una vez resuelto este problema, se intentó iniciar la prueba de la bomba, pero se descubrió que no arrancaba, lo que causó un retraso en el proyecto de tres días. Al identificar la falla en la caja de fusibles, se constató que un breaker estaba apagado, lo que se solucionó de inmediato para dar paso a realizar las pruebas en el banco.

OBJETIVOS

Objetivo General.

Desarrollar e implementar manuales de usuario y guías de práctica para los bancos de comprobación de bombas de inyección e inyectores electrónicos de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Sede Quito.

Objetivos Específicos

- Caracterizar de una forma técnica las funciones y capacidades de los BANCOS de inyección CR1014, CRS300S, EPS208S.
- Generar el manual y guías de práctica que permitan a los estudiantes realizar pruebas y ajustes en inyectores electrónicos utilizando los bancos de comprobación CR1014, CRS300S, EPS208S.
- Mejorar las habilidades prácticas de los estudiantes en el manejo de los bancos de comprobación mediante instructivos de uso de los Bancos Diesel.

Metodología

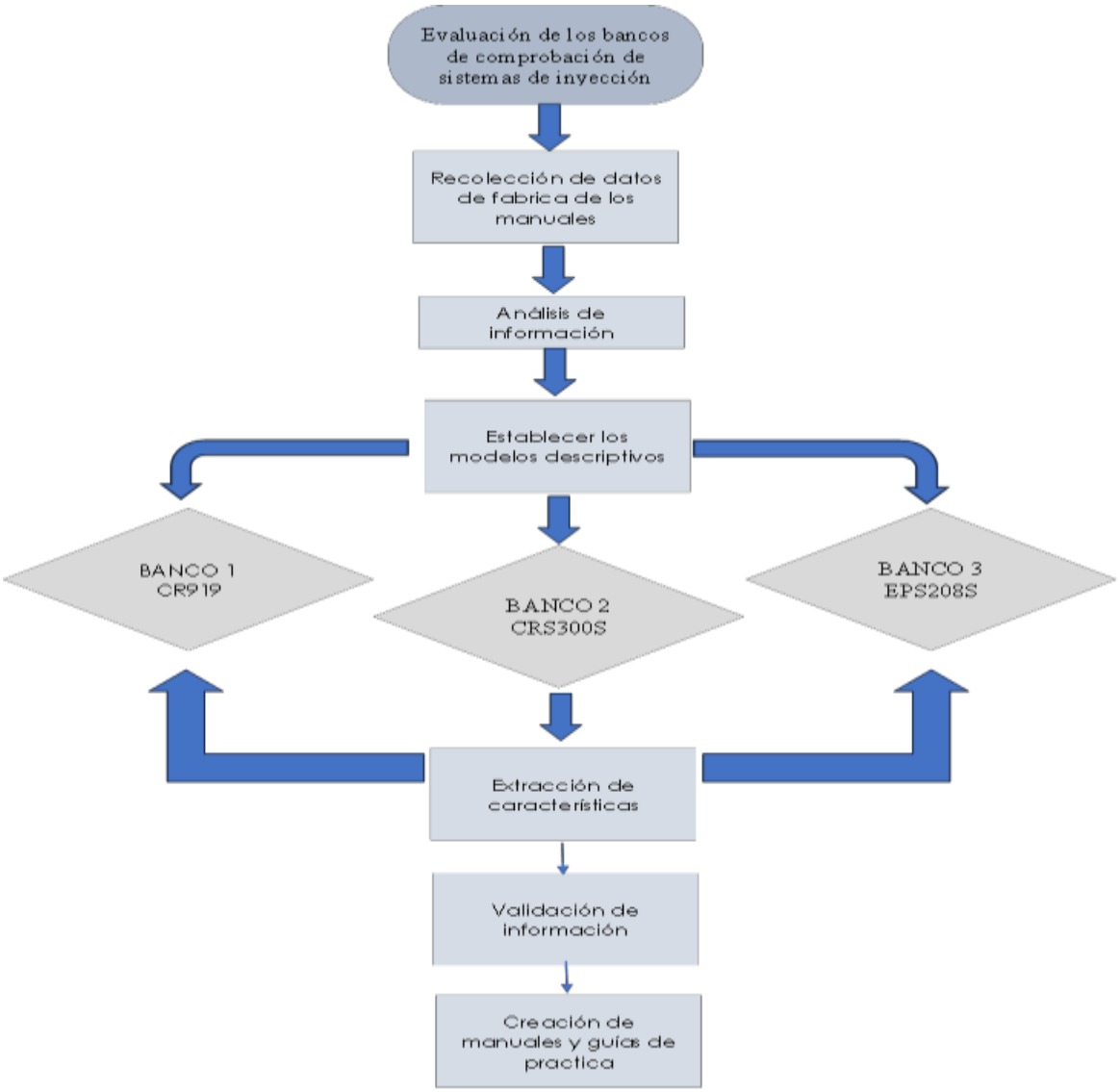
A continuación, se presentan los métodos a implementar.

Método Analítico: En el método analítico se va a garantizar un enfoque sistemático y fundamentado en la evidencia para la implementación de los manuales y guías de práctica, asegurando que estos recursos educativos sean efectivos y adecuados para las necesidades y requisitos de los estudiantes mediante el uso de bancos de prueba de sistemas de inyección

Método Descriptivo: En el método descriptivo se va a proporcionar una visión detallada y comprensiva del desarrollo de manuales de uso y guías de práctica, permitiendo una evaluación exhaustiva de su efectividad y relevancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de ingeniería automotriz

Método Experimental: En el método experimental se desarrollará las pruebas adecuadas para el funcionamiento correcto de los bancos a usar, teniendo en cuenta varios aspectos importantes como su calibración y el modelo a usar en cada una de ellas, de esta manera tendremos todos los datos necesarios para la creación de los manuales

A continuación, se presenta la metodología propuesta en el estudio:



A continuación, se detallan las variables que se analizan en el desarrollo del proyecto:

CUALITATIVO	CUANTITATIVO
Comprensión de las instrucciones	Rendimiento en pruebas prácticas
Precisión en la ejecución de prácticas	Tiempo empleado en completar las prácticas
Interacción con los equipos de diagnóstico	Evaluación de la compresión técnica
Retro alimentación sobre la utilidad de los recursos educativos	Satisfacción con los recursos educativos
Nivel de satisfacción del docente	Mejora en la precisión de diagnóstico
Identificación de áreas de mejora	Incremento en la retención de conocimientos

CAPITULO 1

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

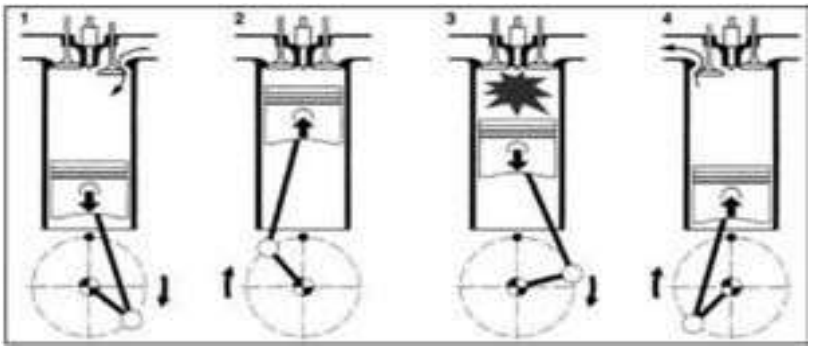
1.1 Sistema de Inyección Diesel

En un motor diésel, el proceso de autoencendido es importante, ya que se encarga de proporcionar el combustible necesario para su encendido y funcionamiento. Los sistemas de inyección diésel inyectan directamente el combustible en la cámara de combustión a través de inyectores ubicados en cada cilindro, operando a alta presión. Este control preciso de la inyección asegura una mezcla adecuada de aire y combustible (AFR), favoreciendo una combustión eficiente y optimizando la producción de potencia del motor (Cifuentes et al., 2022) (Barros & Pulla, 2016).

Como resultado, se tiene que la mezcla se quema con rapidez, teniendo así una combustión en la que el gas contenido en la cámara se expanda, moviendo de esta manera el pistón hacia el punto muerto inferior (PMI) y así provocando que la biela mueva al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento lineal del pistón a un movimiento de rotación (Carrión Ramón, 2012; Mafla Yépez, 2020).

A continuación, se indica en la siguiente imagen los ciclos de trabajo de un motor de combustión por encendido provocado: Admisión, Compresión, Trabajo y Escape.

Figura 1: Ciclo de motor de combustión diésel



Fuente: (Parera, 1996)

1.2 Bombas de inyección diésel

Un motor diésel es un propulsor, este sistema es importante para la entrega de combustible al motor, dando así una combustión conveniente para una inyección, el cual se encarga de proporcionar el combustible en la cantidad precisa y en el momento exacto durante el ciclo de combustión. Su principal tarea consiste en atomizar el combustible en pequeñas gotas para una mezcla ideal con el aire en la cámara de combustión. Este

procedimiento interviene directamente con una buena función directa con el motor, la eficiencia en el consumo de combustible y las emisiones (Molina Campoverde, 2020) *(*Llumiquinga & Vicuña, 2024).

Figura 2 : Elementos principales de una bomba lineal

Fuente:(Granell, 2016)

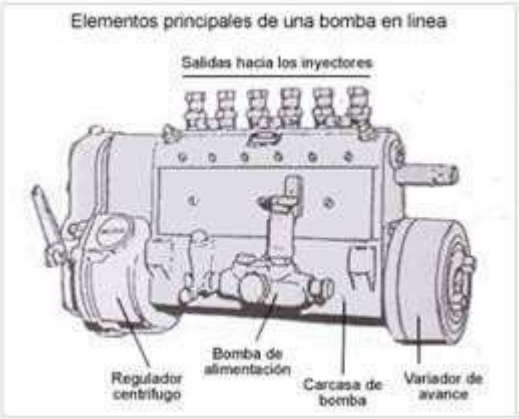
El funcionamiento se encarga hace que el combustible se inyecte en las condiciones adecuadas en la cámara, para así tener una correcta combustión. Los inyectores se ocupan de pulverizar el carburante para cada cilindro, siendo la bomba de inyección la que suministra a los inyectores el combustible con la presión necesaria y en los momentos precisos (Apaza, 2019).

En consecuencia, la bomba de inyección diésel es uno de los elementos más importantes del sistema de inyección, elevando la presión del combustible para adecuar su suministro al ritmo de los inyectores en cada momento, dosificando el funcionamiento de todo el sistema según necesidades requeridas por el bloque motor (MAPFRE, 2024).

1.3 Bombas lineales

Se utilizan en motores de alta relación de compresión. Por lo tanto, se encuentran colocados en línea y se accionan gracias a su sincronización con el movimiento del motor, a través del árbol de levas. Un diseño especial de émbolo y un sistema de giro de estos permite variar la cantidad de combustible a inyectar para adaptarse a las necesidades del motor. Este tipo de bombas son las más utilizadas en vehículos diésel (Apaza, 2019).

Figura 3: Bomba en línea



Fuente: (Granell, 2016)

1.4 Bomba Rotativa

Estas bombas, al igual que las lineales, regulan el caudal de la inyección. Sin embargo, solo utilizan un único dispositivo de bombeo que reparte el combustible a todos los inyectores, suministrándolo en orden correlativo. Funcionan con una bomba de aletas que aspira el combustible del depósito para llevarlo a la cámara de la bomba, desde donde es dosificado al sistema de inyección. Las válvulas rotativas pueden ser de émbolo axial o de émbolo radial (Carrión Ramón, 2012).

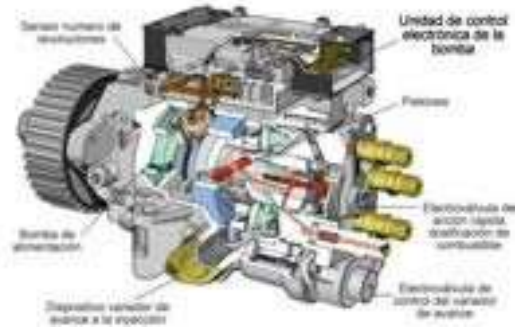
Figura 4: Bomba rotativa

Fuente:(Granell, 2016)

1.5 Bombas Electrónicas

Estas son las bombas más utilizadas actualmente y supusieron una gran evolución frente a las mecánicas, ya que permiten alcanzar presiones mayores. Además, son más ligeras, seguras, eficientes y generan menos calor. Se emplean en coches con sistema de inyección, se suelen ubicar en el interior del depósito y funcionan a mayor presión que las mecánicas entre 2 y 4 bares (Henkel Ibérica, 2015).

Figura 5: Bomba electrónica

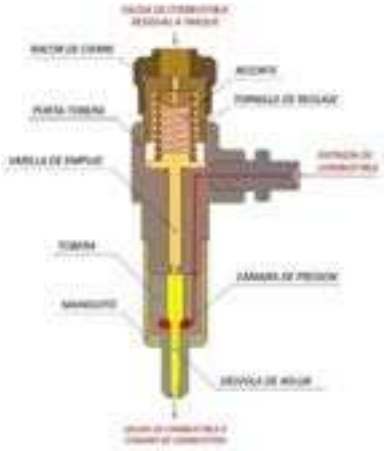


Fuente:(AUTOLAB, 2021)

1.6 Inyectores

Son electroválvulas capaces de abrirse y cerrarse millones de veces con una reacción muy precisa al pulso eléctrico que los acciona, sin fugas ni escapes de carburante. Son los encargados de suministrar el combustible al conducto de admisión o a la cámara de precombustión, según si se trata de un sistema de inyección directa o indirecta respectivamente, de forma pulverizada y sin goteos para que el combustible se distribuya de la forma más homogénea posible según el régimen de funcionamiento del motor (Piñaloza & Maiquíza, 2011).

Figura 6: Ilustración de un inyector



Fuente:(Ayora Rivera, 2017)

1.7 Tipos de Inyectores

1.7.1 Inyectores mecánicos

Eran los propios de los motores diésel hasta la llegada de los sistemas de inyección de conducto único o common-rail. Funcionan por medio de un sistema de alimentación encargado de controlar la cantidad y el momento de pulverizar el combustible de forma mecánica (Ayora Rivera, 2017).

Figura 7: Inyector mecánico

Fuente: *(G&G Lab Diesel, 2022)*

Cuentan con múltiples sensores que envían la información a la unidad de control para que ésta apruebe cuándo y cuánto combustible debe aportarse en cada momento. Por tanto, los activa la centralita y se cierran por recuperación de un resorte o muelle interno (Granell, 2016).

Figura 8: Inyector electrónico

Fuente: (Cifuentes et al., 2022)

CAPITULO 2

FUNCIONAMIENTO DE INEYCTORES Y BOMBAS DE INYECCIÓN CRDI

2.1 Manual de banco de pruebas de Bombas Common Rail CR1014.

2.1.1 Introducción

La función del banco de pruebas de rendimiento integral de control electrónico de riel común de alta presión CR1014 es simular las condiciones de trabajo de la computadora o Unidad de Control del Motor (ECU) del motor diésel, al mismo tiempo que proporciona señales de control para sistemas de riel común como Bosch y Delphi, dando impulso a las bombas de combustible de riel común de alta presión e inyectores de riel común de alta presión (Beacon Machine Manufacturing Co., 2020)(Alarcón & Jaramillo, 2007).

El usuario puede modificar y almacenar los parámetros de la señal de accionamiento según las condiciones necesarias, resultando beneficioso para el personal de mantenimiento al ajustar y reparar el funcionamiento del sistema de riel común de alta presión.

El sistema de control de la máquina diésel adopta un controlador completamente automático, para la válvula solenoide de riel común o el inyector piezoeléctrico, la bomba de alta presión, el inyector de riel común de presión media HEUI, la bomba de accionamiento, la bomba y la boquilla de la bomba, y la prueba de mantenimiento. A continuación, se presenta las características de cada uno de los bancos de prueba utilizado en la investigación:

2.1.2 Características de la máquina.

El banco de prueba que se observa en la Figura 9, diagnostica y evalúa bombas de inyección Diesel, puede realizar pruebas de presión, caudal y retorno de combustible, este quipo permite el control de las pruebas que se van a realizar mediante un tablero que se encuentra situado a la izquierda de este. Teniendo amplia visualización en los resultados obtenidos.

Figura 9: Banco de pruebas Common Rail

Fuente: Autores

En la tabla 1 se presenta las características principales del equipo que van desde sus dimensiones hasta sus sistemas internos, además en la tabla 2 se encuentran los parámetros de medición, es decir lo que se va a utilizar durante el proceso de las pruebas.

Tabla 1: Características de la maquina

Descripción	Datos
Dimensiones de la máquina	205X130X192 cm
Banco de pruebas	Plataforma física que alberga el equipo.
Unidad de control	Interfaz de usuario y sistemas de control electrónico para gestionar las pruebas.
Sistema hidráulico	Incluye bombas y sensores necesarios para simular las condiciones de funcionamiento de un motor diésel.

Fuente: Autores

Tabla 2: Parámetros de medición

Descripción	Detalle
Presión del Rail	Puede simular presiones del sistema Common Rail hasta niveles muy exactos, alrededor de 2000 bares o más.
Caudal de Inyección	Mide el volumen de combustible inyectado.
Tiempo de Inyección	Monitorea el tiempo en el que el inyector permanece abierto.
Retorno de Combustible	Mide el volumen de combustible que regresa del inyector al tanque.

Fuente: Autores

En la figura 10 se encuentran los breakers del equipo, este sistema se encarga de proteger el banco de pruebas contra sobrecargas y cortocircuitos, asegurando la seguridad eléctrica del equipo y del operador.

Figura 10: Cuerpo de Breakers

Fuente: Autores

A continuación, la Tabla 3 se detalla los paneles de distribución con breakers automáticos, destacando opciones de “reset” automático y manual, que aseguran la protección de la máquina y lo que es más importante al operario ante fallas o excesos de corriente.

Tabla 3: Tacómetro

Detalle	Contexto
Panel de Distribución	Aloja los breakers y facilita la distribución segura de la electricidad a los diferentes componentes del banco de pruebas.
Breakers Automáticos:	Desconectan automáticamente el circuito eléctrico en caso de sobrecarga o cortocircuito, previniendo daños al equipo y posibles incendios.
Reset Automático o Manual:	Algunos breakers pueden ser reiniciados automáticamente, mientras que otros requieren intervención manual para reiniciarlos.

Fuente: Autores

En la Figura 11 se puede apreciar el tacómetro de la maquina en donde se puede visualizar el número de revoluciones al que trabaja el motor, así como la frecuencia con la que inyecta combustible con el objetivo de obetener datos de rendimiento de los componentes del sistema.

Figura 11 : Tacómetro

Fuente: Autores

A continuación, la Tabla 4 detalla los instrumentos de medición utilizados en el banco de pruebas Common Rail CR1014 para evaluar y monitorear diferentes aspectos del sistema de inyección diésel:

Tabla 4: Medidor de RPM

Detalle	Descripción
Medidor de Presión del Rail	Mide la presión del combustible en el sistema de inyección Common Rail.
Medidor de Caudal de Combustible	Mide el volumen de combustible inyectado por el inyector en un determinado periodo.
Medidor de Retorno de Combustible	Mide el volumen de combustible que retorna del inyector al tanque durante la prueba.
Manómetros de Presión	Utilizados para medir diversas presiones en el sistema, como la presión de alimentación y la presión de retorno.

Fuente: Autores

2.2 Manual del banco de pruebas de Inyectores Common Rail EPS208S

A continuación, se prestan una fotografía del banco EPS208S en el cual se pueden realizar pruebas como estanqueidad, pruebas de caudal, pruebas de presiones, pruebas de pulverización, pruebas de retorno, pruebas de corrección y calibración de un inyector.

Figura 12: Banco Beacon EPS208

Fuentes: Autores

2.2.1 Introducción

El banco de pruebas de riel común de alta presión EPS208S es una herramienta avanzada diseñada para simular y controlar sistemas de inyección diésel. Con capacidades para imitar la funcionalidad del ECU de motores diésel, este banco de pruebas da señales de control precisas para diversos sistemas, incluyendo Bosch, Denso, Delphi y Siemens, permitiendo activar y probar inyectores de riel común de alta presión. Su sistema todo en uno integra funciones de control y medición en tiempo real, asegurando una operación eficiente y precisa durante las pruebas (Marcelo, 2012).

Los usuarios pueden ajustar parámetros clave como presión de inyección, tiempo de inyección y velocidad de operación según las especificaciones y necesidades del motor en evaluación. Estos ajustes personalizables pueden ser guardados para futuras referencias, facilitando la comparación y análisis de diferentes configuraciones durante el mantenimiento y la optimización del rendimiento del sistema. La pantalla LCD proporciona una interfaz intuitiva para monitorear y controlar el proceso de prueba,

asegurando que los técnicos puedan verificar de manera efectiva el comportamiento y la eficiencia del sistema de riel común de alta presión (Marcelo, 2012).

Con una construcción robusta y un diseño que garantiza la precisión en la simulación de condiciones reales de funcionamiento del motor, el banco de prueba EPS208S es ampliamente utilizado en talleres de servicio automotriz, laboratorios de investigación. Es una herramienta indispensable para mejorar la eficiencia del combustible, reducir emisiones y optimizar el rendimiento general de los motores diésel (Machine, 2024).

2.2.2 Funciones principales

El banco de pruebas de inyección EPS208S es conocido por las funciones de diagnosticar, y calibrar inyectores Common Rail en motores diésel. Ayuda a verificar fugas internas, medir la cantidad de combustible inyectado además de simular las condiciones reales de trabajo a diferentes presiones, evaluando la pulverización del combustible y comprobando el retorno con función en el sistema eléctrico del inyector.

La trayectoria del ciclo de trabajo del sistema de suministro de aceite del banco de pruebas comienza desde el tanque de combustible, donde el combustible pasa a través de un filtro para eliminar impurezas. Luego, es bombeado por la bomba de riel común hacia las tuberías del riel común y finalmente llega a los inyectores de combustible. Después de la inyección, el combustible residual fluye de regreso a través de los inyectores y pasa por un filtro, un radiador y una válvula solenoide antes de ser medido por un medidor de flujo y devuelto al tanque de combustible para su posterior uso (Marcelo, 2012).

2.2.3 Características principales

El banco de pruebas de inyección cuenta con un sistema de operación automática integrado que controla la velocidad del banco, la presión del riel de combustible, la medición del flujo y el análisis de informes. La base de datos es completamente accesible, permitiendo la incorporación de números de parte, y realiza actualizaciones automáticas de red para mantener los datos y funciones de prueba al día. Opcionalmente, el banco de pruebas puede evaluar el tiempo de respuesta de la inyección de combustible, generar códigos de compensación para los inyectores y llevar a cabo pruebas de resistencia en estos componentes.

2.2.4 Disposiciones mayores

A continuación, en la Tabla 5 se describen las características del banco de pruebas, asegurando que este no solo satisfaga las necesidades actuales de diagnóstico y ajuste, sino que también esté listo para enfrentar futuros desafíos en el desarrollo y optimización de los sistemas de inyección de combustible.

Tabla *5*: Disposiciones Mayores

Caracterización	Descripción
Disposiciones mayores para el Banco	Control en tiempo real de computadora industrial, sistema Windows
	Medición del sensor con pantalla LCD
	Utilización de bomba de aceite common rail de alta presión original de BOSCH para generar presión del carril 0-200 MPa
	Medición en tiempo real de presión, velocidad, temperatura, volumen de aceite, etc.
	Funciones de protección incluyendo sobretensión, variaciones de voltaje
	Ajuste del ancho y frecuencia del pulso, ajuste de los tiempos de inyección
	Capacidad para probar tanto inyectores de combustible tipo válvula solenoide como tipo piezoeléctrico
	Almacenamiento y consulta de miles de datos de inyectores de combustible
	Medición precisa, fácil operación, bajo nivel de ruido y ahorro de energía
	Puerta protectora de vidrio orgánico para seguridad y facilidad de observación

Fuente: (Machine, 2024)

2.2.5 Especificaciones técnicas detalladas del equipo.

Se detallan las diferentes pruebas de rendimiento que puede realizar en el banco a evaluar inyectores. Cada prueba está diseñada para verificar y garantizar el funcionamiento óptimo de estos inyectores bajo diferentes condiciones.

Tabla 6**:** Especificaciones Técnicas

Parámetro	Detalles
	En la prueba de sellado del inyector se puede prevenir fugas de combustible al momento de realizar la prueba

Pruebas que se realizan en el banco de pruebas	Se evalúa el desempeño del inyector al momento de realizar pruebas bajo condiciones de carga máxima
	Analiza al inyector al hacerlo funcionar bajo cargas moderadas
	Examina al inyector de manera eficaz y precisa durante el funcionamiento de bajas revoluciones
	Verifica la capacidad del inyector al realizar inyecciones controladas antes del ciclo principal de la combustión

Fuente: Autores

2.2.6 Parámetros principales del banco de pruebas

Los parámetros detallados en la Tabla 7 indican los valores máximos y mínimos necesarios para el correcto funcionamiento del banco de prueba, asegurando así pruebas con resultados óptimos.

Tabla 7: Parámetros del Banco de Pruebas

Parámetro	**Valor**	**Unidades**
Rango de presión	0 ~ 200	MPa
Rango de velocidad	0 - 1500	RPM
Volumen del tanque	10	L
Precisión del filtro de aceite	3	μ
Potencia de calefacción	1	kW
Potencia de disipación de calor	1	kW
Control de temperatura	40 ± 2	°C
Fuente de alimentación	AC 220V, 50	Hz
Potencia de salida	2	kW
Tamaño total	830 × 750 × 900	mm
Peso neto	150	Kg
Sensor de flujo	Rango de flujo: 0.008 - 4	L/min ±0.3%

Fuente: Manual de Fabrica (Machine, 2024)

2.2.7 Composición y principio de funcionamiento

El banco presenta una estructura de marco de acero, lo que garantiza un diseño compacto y una alta resistencia. La carcasa está fabricada con plástico de inyección electrostática de alta presión, ofreciendo características como resistencia a los arañazos, durabilidad y un acabado brillante y estético. La mesa de prueba incluye un interruptor de control de suministro de energía y un botón de control para facilitar las operaciones. La parte operativa del banco de pruebas se maneja completamente a través de una computadora, proporcionando una interfaz de usuario fácil de usar.

Además, cuenta con una puerta protectora tipo cubierta para mayor seguridad durante el uso. El sistema Common Rail se asegura de mantener la presión de combustible adecuada, mientras que el sistema de control electrónico se ajusta según las especificaciones del fabricante para garantizar un funcionamiento óptimo. Se realiza un monitoreo regular de la cantidad y calidad de la inyección para asegurar el rendimiento estable del banco en todas las pruebas realizadas.

2.2.8 Mantenimiento y Precauciones

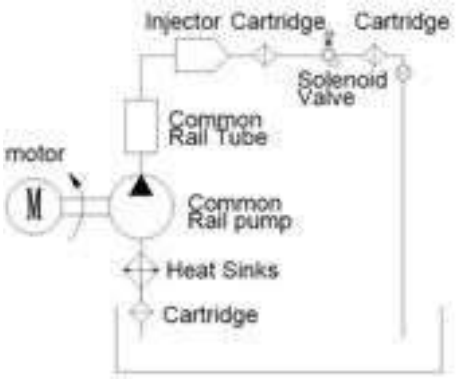
Para el mantenimiento adecuado del banco de pruebas, se recomienda seguir una serie de procedimientos específicos. Como los que se presentan a continuación.

El aceite del tanque debe ser reemplazado por aceite nuevo cada 200 horas de trabajo o después de depurar 50 inyectores el cual consiste en un proceso de limpieza y verificación del correcto funcionamiento de los sistemas de inyección de combustible, con lo que se consigue prolongar la vida útil del equipo. Las abrazaderas de las tuberías que conectan las diferentes partes deben instalarse y sujetarse correctamente para evitar fugas de aceite y la entrada de aire no deseada. No se debe modificar el programa del controlador sin autorización previa, y se recomienda no desmontar los cuatro tornillos de fijación del motor principal a menos que sea estrictamente necesario.

2.2.9 Esquema de funcionamiento del Banco EPS208S

El funcionamiento inicia con un motor que impulsa todo el banco de inyección, dirigiendo el combustible hacia una bomba de riel común. Este sistema cuenta con disipadores de calor para mantener la temperatura del banco dentro de rangos normales. A través del tubo del riel común, el combustible fluye hacia los inyectores, llegando finalmente a la válvula de solenoide, donde se generan los datos necesarios para realizar la prueba.

Figura 13: Esquema del funcionamiento del banco



Fuente: (Machine, 2024)

2.3 Manual del banco de pruebas de Inyectores y Bombas Common Rail CRS300S

2.3.1 Introducción

Este banco de pruebas de la serie adopta un dispositivo de conservación de frecuencia de alta calidad y tiene características de alta confiabilidad, ruido ultra bajo, ahorro de energía, alto torque de salida, función de protección automática perfecta y fácil operación.

Se debe tener en cuenta que este banco de inyección funciona bajo el accionar de un control paso de corriente que permite controlar el volante para poder ejecutar la prueba ya sea con el inyector o con la bomba. A continuación, se presenta una imagen del banco de pruebas CRS3000S.

Figura 14 : Banco de Pruebas Common Rail CRS3000S

Fuente: Autores

2.3.2 Función Principal

El banco de inyección ofrece pruebas y ajustes para evaluar el rendimiento de sistemas de inyección de combustible diésel. Incluyendo una medición exacta de la entrega de combustible por cada cilindro a diferentes velocidades de operación, la evaluación y ajuste del momento y la duración proporcionada por la bomba de inyección, así como la verificación y ajuste del gobernador mecánico para mantener la velocidad del motor.

Además, se realiza la evaluación del sistema de distribución de combustible dentro de la bomba de inyección, pruebas y ajustes de dispositivos de sobrealimentación y compensación, medición del retorno de aceite y verificación de válvulas electromagnéticas para sistemas de 12V y 24V. También se monitorea la presión interna y se verifica el ángulo de avance del dispositivo de encendido, asegurando así el funcionamiento óptimo del motor diésel durante las pruebas. 1. Medición de la entrega de cada cilindro a cualquier velocidad.

2.3.3 Características del Banco CRS300S

A continuación, en la Tabla 8 se puede apreciar las características que componen al banco CRS300S con sus respectivos valores estimados para una prueba a realizar con el banco de pruebas.

Tabla 8: Características del Banco

No.	**CARACTERISTICAS**	**DESCRIPCIÓN**	**Valores/ Unidades**
1	Cambio de frecuencia para variar la velocidad rotacional	Permite ajustar la velocidad rotacional cambiando la frecuencia.	Ajustable entre 0.1 Hz y 1000 Hz.
2	Bajo descenso de velocidad rotacional y alto esfuerzo de torsión de producción	Mantiene una velocidad mínima constante con alta capacidad de torsión para producción.	10 RPM 500Nm
3	Alta precisión de medición	Proporciona mediciones precisas para los parámetros controlados.	±0.1°C (para temperatura), ±1 Pa (para presión)
4	Funciones de protección contra sobre voltaje, sobrecarga y cortocircuito	Incorpora protecciones eléctricas para evitar daños por condiciones adversas de operación.	240V 10A

5	Diez velocidades de rotación preajustadas	Ofrece diez configuraciones predefinidas de velocidad de rotación.	1000, 1500, 2000, ..., 5000 RPM
6	Revisión constante de la temperatura	Monitorea continuamente la temperatura para mantener condiciones operativas seguras.	0°C a 100°C
7	Ultra bajo nivel de ruido	Funciona con un nivel de ruido muy bajo, adecuado para entornos sensibles al ruido.	Menos de 50 dB
8	Posición de operación	Puede operar en ambos lados de un banco de pruebas y detenerse en cualquier posición deseada	Izquierda, derecha, centro
9	Medición y control en tiempo real	Mide y controla en tiempo real la velocidad, recuento, temperatura, presión, ángulo y recorrido además se seguir la prueba a detalle con una computadora y se mostrar en una pantalla LCD de 17 pulgadas	17 pulgadas 1920x1080 pixeles

Fuente: Autores

2.3.4 Uso de inyector y bomba de Inyección en el Banco de prueba

Características Principales

El banco de pruebas de inyección ofrece una operación con gestión eficiente para el control de velocidad, presión del riel, flujo de medición y análisis de informes para obtener resultados precisos. Este banco permite la prueba de una amplia gama de inyectores y bombas de alta presión, incluyendo modelos específicos como la válvula solenoide dual EUI de Delphi E3 y bombas como VP37, VP44, RED4 y Denso V3/V4/V5. Los datos de prueba están alineados con los estándares originales de fábrica. Esto garantiza que todo se realice con la precisión necesaria para cumplir con los estándares de calidad esperados. Además, la base de datos abierta facilita agregar números de inicio y se actualiza automáticamente en línea, asegurando que las funciones y los datos de prueba estén siempre al día.

Parámetros Técnicos

A continuación, se muestra la Tabla 9, que presenta datos para el uso de bombas e inyectores. Estas variables se encuentran relacionadas con pruebas diseñadas para simular cómo funcionan realmente las bombas e inyectores en los vehículos, garantizando que los resultados obtenidos reflejen su rendimiento en condiciones de uso normales.

Tabla 9: Parámetros Técnicos

No	Parámetro Técnico	Detalle	Unidades
1	Rango ajustable de velocidad de rotación	0 a 4000	RPM
2	Doble serie de graduaciones	15/150	CC
3	Volumen del depósito de aceite	100	LITROS
4	Temperatura	40 ± 2	℃
5	Unidad de Filtración de aceite	5	mm
6	Suministro de corriente continua	12v/24	V
7	Presión de alimentación de aceite	0 a 0.4 (baja), 0 a 4 (alta)	MPa
8	Presión de aire	-0.03 a 0.3	MPa
9	Área de avance del soporte	0 a 25	mm
10	Alimentación trifásica	380 / 50 o según solicitud	Hz
11	Momento del volante de inercia	0.8	kg·m²
12	Altura del centro	125	mm
13	Potencia de salida	7.5 kW a 15	kW
14	Dimensiones	200 x 90 x 170	cm
15	Preso neto	1000	Kg
16	Tiempo medio entre fallos del banco de pruebas	≥2500	Horas

Fuente: Autores

CAPÍTULO 3
GUIAS DE USUARIO PARA LOS BANCOS CRS300S

3.1 Guía para el banco Beacon Common Raíl Test CRS300S

A continuación, se presenta la guía de usuario para los bancos de pruebas de bombas, para dar inicio de encendido en el banco de pruebas se sigue los siguientes pasos.

Figura 15: Banco de pruebas Common Rail CR1014

Fuente: Autores

En la parte media de la máquina, del lado izquierdo, se ubica un interruptor de color rojo. Para arrancar la máquina, se debe girar este interruptor en sentido antihorario. Antes de poner en funcionamiento el equipo se debe verificar que todas las conexiones eléctricas se encuentren en perfecto estado.

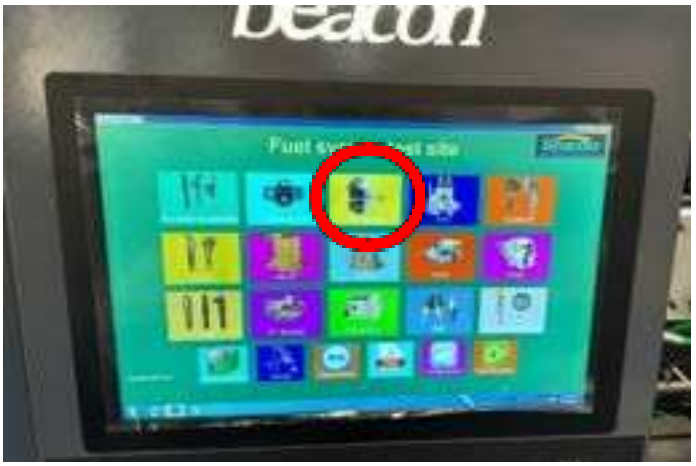
Figura 16: Banco de pruebas Common Rail CR1014

Fuente: Autores

Una vez que se enciende la pantalla se acciona las bombas de diésel y de aceite que se pueden identificar como ¨Diesel Pump¨ y ¨Oil Pump¨ con el fin de que exista la

presión necesaria para poder iniciar las pruebas. Es importante considerar que si estos botones no se encuentran accionados el banco de pruebas no podrá encenderse.

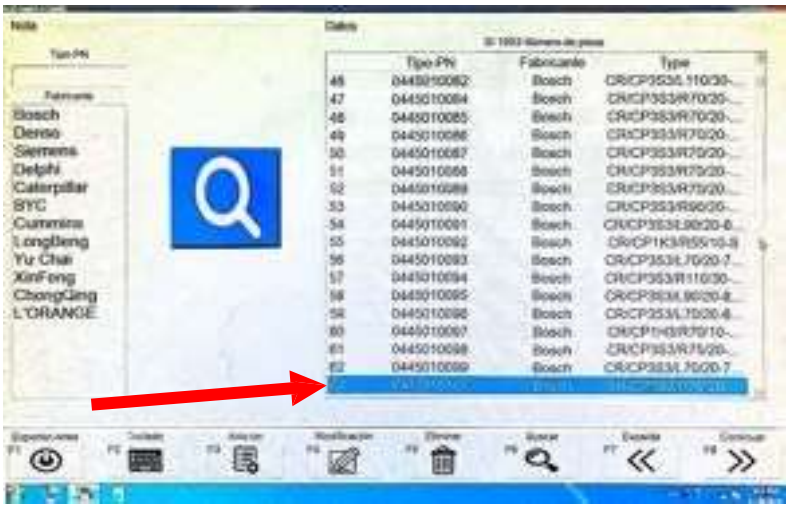
Figura 17: Menú de inicio.



Fuente: Autores

En la interfaz de inicio principal se selecciona la opción “CR BOMBA” como se muestra en la Figura 18, que permite realizar las pruebas en las bombas de combustible de riel común, en este menú se pueden seleccionar y verificar todas las funcionalidades que ofrece la bomba, al seleccionar dicha opción dará entrada a la interfaz siguiente de datos correspondiente de la bomba a realizar la prueba.

Figura 18: Interfaz de bomba.



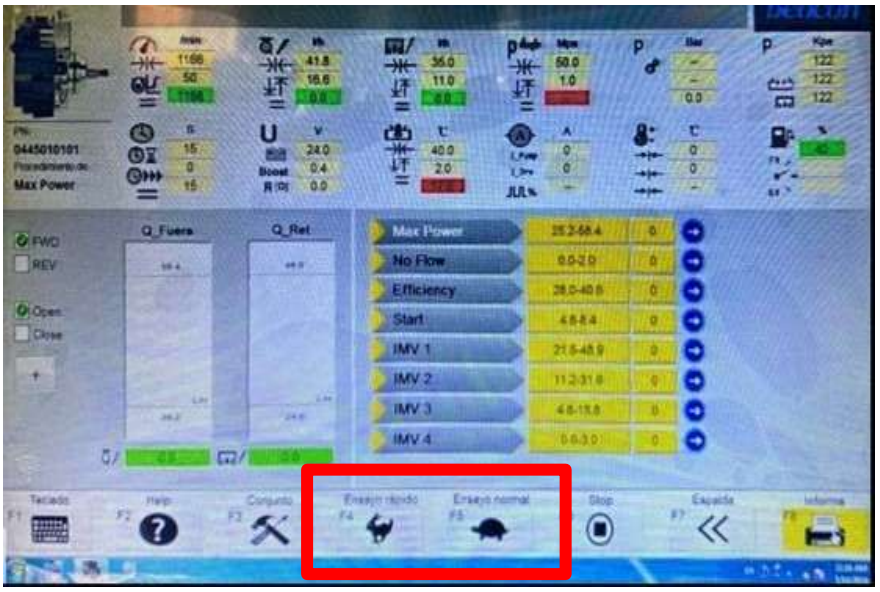
Fuente: Autores

En esta interfaz, seleccione el fabricante y el número de serie (PN) de la bomba que va a probar y haga clic en el botón “Continuar” para ingresar a la interfaz de prueba de la bomba.

Si hace clic en ¨Modificar¨, puede ingresar a la interfaz de edición de datos de la bomba.

Para buscar el número de serie (PN) del contenido de búsqueda, se ingresa el PN del inyector que se va a evaluar en el campo de edición "Tipo-PN" a la izquierda, y luego clicar en el botón o icono "Buscar".

Figura 19: Interfaz de bomba.



Fuente: Autores

En la interfaz, el usuario puede presionar en la opción "Prueba normal" o "Prueba rápida". Sin intervención manual, el motor del banco de pruebas puede empezar a girar y va a alcanzar automáticamente la velocidad objetivo. Así mismo, la presión del riel se va a establecer automáticamente en el valor objetivo. Después, el sistema va a medir la cantidad de aceite.

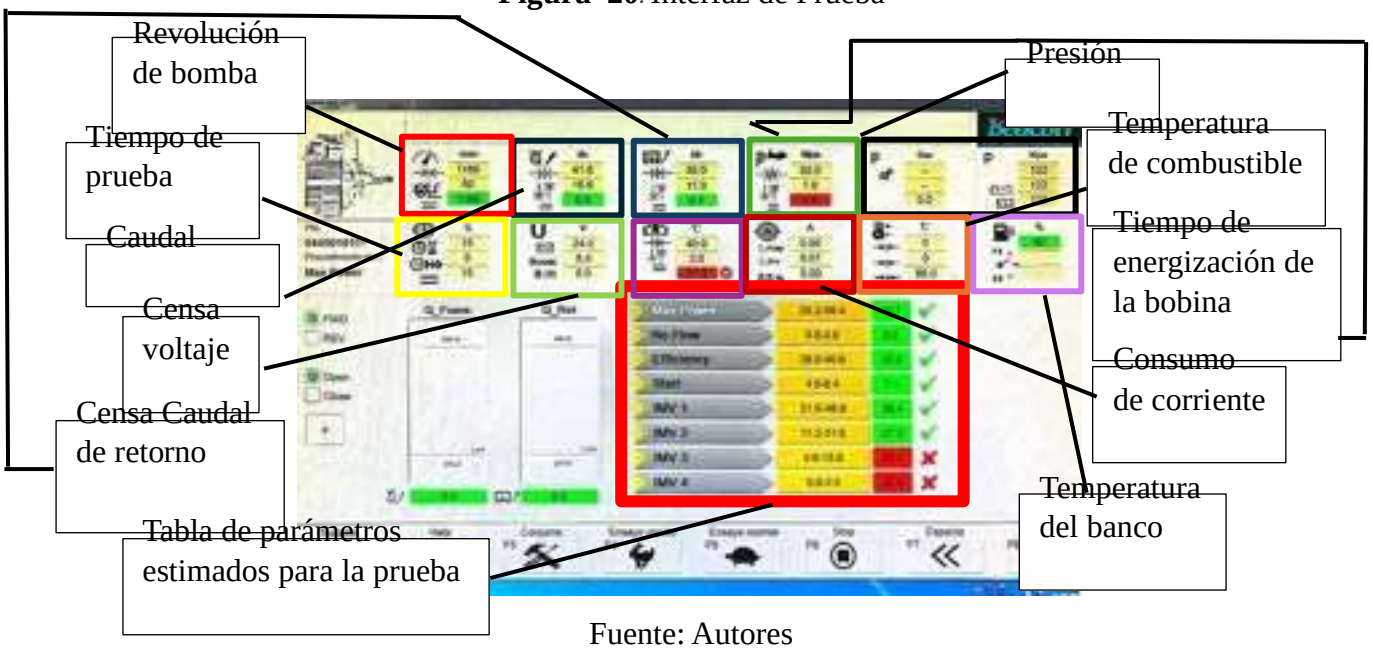
Después de la estabilización, el sistema registra automáticamente la cantidad de aceite de trabajo a través del sensor de flujo automático. Una vez completadas las condiciones de trabajo, se realiza automáticamente la siguiente medición de las condiciones de trabajo y el informe se genera automáticamente después de medir todas las condiciones de trabajo. A continuación, se introducen las características principales:

En el botón “Conjunto” donde se puede configurar la velocidad y el tiempo de prueba de cada condición de trabajo. Valor a visualizar 0 segundos, 0 m/s^2, conforme a la prueba que se va a realizar se puede cambiar esta combinación

Prueba normal: En esta prueba se verifica el estado de cada paso del inyector de acuerdo con el tiempo de detección establecido en la configuración. El valor a visualizar en esta prueba es de 5 segundos.

Prueba rápida: Detecta cada paso del inyector según el tiempo de detección establecido en la configuración. Esta función es adecuada para detectar rápidamente el inyector. Se recomienda utilizar una condición de trabajo durante 20 segundos.

Figura 20: Interfaz de Prueba



Fuente: Autores

Una vez que la prueba termine se visualizan los resultados, así como si cumple o no con los parámetros determinados de la bomba, los resultados indican un diagnóstico del estado de la bomba, así como su eficiencia a la hora de ser montada en el vehículo. A continuación, se da una definición a cada uno de los elementos mencionados en la Figura 20.

Revoluciones de la bomba: Velocidad a la que gira la bomba (RPM)

Tiempo de duración de prueba: Periodo durante la cual se realiza la prueba

Caudal: Cantidad de combustible que atraviesa por la bomba

Censa el Voltaje: Registra el voltaje que suministra a la bomba

Censa Caudal de retorno: Inspecciona la cantidad de combustible que regresa a través del sistema de retorno

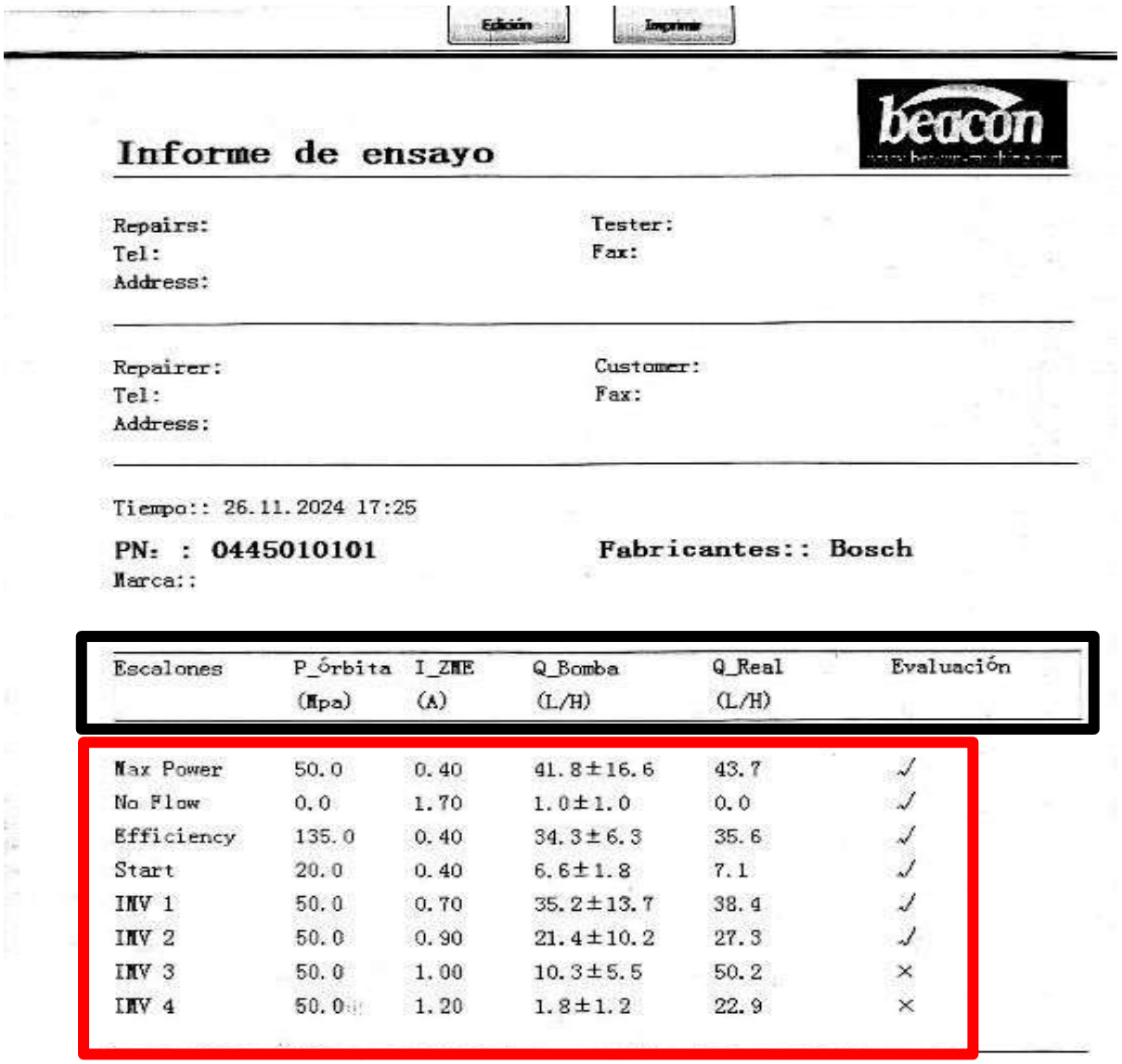
Presión: Mide la presión del combustible del sistema Common Rail

Temperatura del combustible: Mantiene una temperatura adecuada para el funcionamiento de la prueba

Tiempo de energización de la bobina: Suministra energía eléctrica al solenoide

Consumo de corriente: Mide cuánta corriente eléctrica consume la bomba durante su prueba

Figura 21: Resultados de la prueba



Edición Imprimir

beacon

Informe de ensayo

Repairs:
Tel:
Address:

Tester:
Fax:

Repairer:
Tel:
Address:

Customer:
Fax:

Tiempo:: 26.11.2024 17:25

PN: : 0445010101 **Fabricantes:: Bosch**

Marca::

Escalones	P_órbita (Mpa)	I_ZME (A)	Q_Bomba (L/H)	Q_Real (L/H)	Evaluación
Max Power	50.0	0.40	41.8±16.6	43.7	✓
No Flow	0.0	1.70	1.0±1.0	0.0	✓
Efficiency	135.0	0.40	34.3±6.3	35.6	✓
Start	20.0	0.40	6.6±1.8	7.1	✓
INV 1	50.0	0.70	35.2±13.7	38.4	✓
INV 2	50.0	0.90	21.4±10.2	27.3	✓
INV 3	50.0	1.00	10.3±5.5	50.2	×
INV 4	50.0	1.20	1.8±1.2	22.9	×

Fuente: Autores

Esta hoja de resultados nos evalúa la eficiencia en parámetros establecidos para el funcionamiento de un inyector. Este proceso inicia al momento de configurar el banco para tener los resultados correspondientes que se detallan a continuación.

Las variables que nos presenta este informe son:

P_órbita (MPa):

Representa la presión de trabajo en el sistema Common Rail durante cada prueba.

I_ZME (A):
Es la corriente eléctrica aplicada al inyector para su activación.

Q_Bomba (L/H):
Es el caudal de referencia que debería suministrar el inyector bajo las condiciones de prueba.

Q_Real (L/H):
Es el caudal real medido durante la prueba, que se compara con el valor de referencia.

Evaluación:
Indica si el inyector cumple con las especificaciones esperadas (✓ para aprobado, ✗ para rechazado).

3.1.1 Análisis de resultados.

Max Power (Máxima potencia):

- **Presión:** 50.0 MPa
- **Caudal de referencia:** 41.8 ± 16.6 L/H
- **Caudal real:** 43.7 L/H
- **Resultado:** ✓ (Correcto). El inyector suministra el caudal adecuado en esta condición.

No Flow (Sin flujo):

- **Presión:** 0.0 MPa
- **Caudal de referencia:** 1.0 ± 0.1 L/H
- **Caudal real:** 0.0 L/H
- **Resultado:** ✓ (Correcto). No hay flujo de combustible, lo cual es esperado en esta prueba.

Efficiency (Eficiencia):

- **Presión:** 135.0 MPa
- **Caudal de referencia:** 34.3 ± 6.3 L/H
- **Caudal real:** 35.6 L/H

- **Resultado:** ✓ (Correcto). El inyector cumple con las especificaciones para eficiencia.

Start (Arranque):

- **Presión:** 20.0 MPa
- **Caudal de referencia:** 6.6 ± 1.8 L/H
- **Caudal real:** 7.1 L/H
- **Resultado:** ✓ (Correcto). El caudal en condiciones de arranque está dentro del rango aceptado.

INV 1 (Prueba intermedia 1):

- **Presión:** 50.0 MPa
- **Caudal de referencia:** 35.2 ± 13.7 L/H
- **Caudal real:** 38.4 L/H
- **Resultado:** ✓ (Correcto). Se encuentra dentro del rango esperado.

INV 2 (Prueba intermedia 2):

- **Presión:** 50.0 MPa
- **Caudal de referencia:** 21.4 ± 10.2 L/H
- **Caudal real:** 27.3 L/H
- **Resultado:** ✓ (Correcto). Aunque está en el límite superior, cumple con el rango especificado.

INV 3 (Prueba intermedia 3):

- **Presión:** 50.0 MPa
- **Caudal de referencia:** 10.3 ± 5.5 L/H
- **Caudal real:** 50.2 L/H
- **Resultado:** ✗ (Incorrecto). El caudal real es significativamente mayor al rango esperado, lo que indica un posible fallo o desajuste en el inyector.

INV 4 (Prueba intermedia 4):

- **Presión:** 50.0 MPa
- **Caudal de referencia:** 1.8 ± 1.2 L/H
- **Caudal real:** 22.9 L/H
- **Resultado:** ✗ (Incorrecto). El caudal es excesivo, lo que sugiere una falla grave, como fugas internas o mal funcionamiento.

3.2 Guía para el banco Beacon Common Raíl Test Bench EPS208S.

Antes de instalar y utilizar el banco de pruebas, se recomienda leer cuidadosamente esta guía práctica para comprender el funcionamiento, los principios y el sistema operativo de cada componente de la prueba. Además, es importante seguir siempre las indicaciones del personal del laboratorio encargado de los equipos.

Como se muestra en la Figura 23, se procede a conectar el cable de alimentación introduciendo la toma de corriente que se sitúa debajo del lado derecho de la máquina. Dando de esta manera un flujo electrónico para que pueda funcionar el banco de prueba.

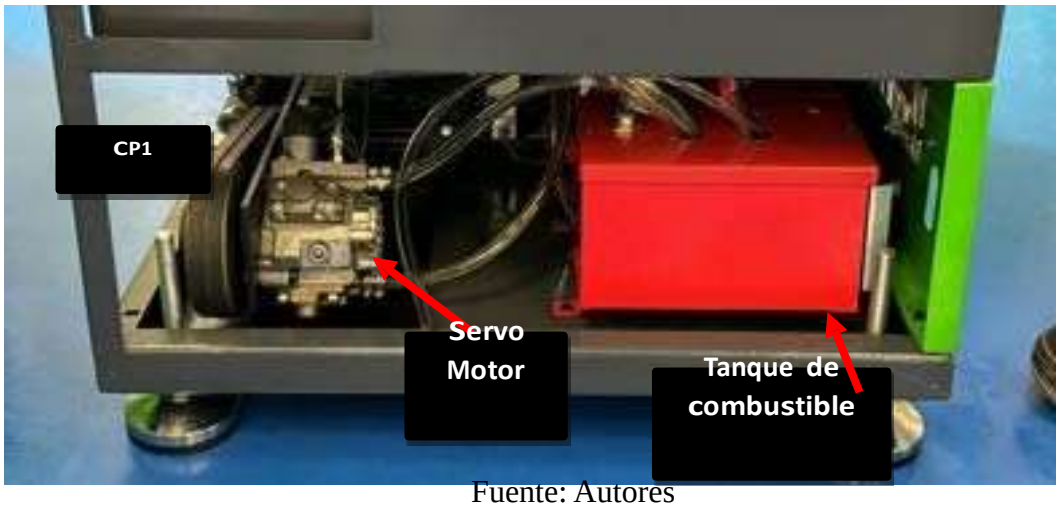
Figura 22: Conector de alimentación

Fuente: Autores

Para verificar la funcionalidad completa del sistema del banco, retirar el tornillo de la tapa que cubre el tanque de Diesel y asegurar que el nivel de aceite sea adecuado para la prueba. En caso de que el nivel no esté dentro de los parámetros indicados, se debe

añadir aceite conforme a las especificaciones del manual hasta alcanzar al menos el 70 % de la escala recomendada.

Figura 23: Servo motor, CP1 bomba, Tanque de Combustible

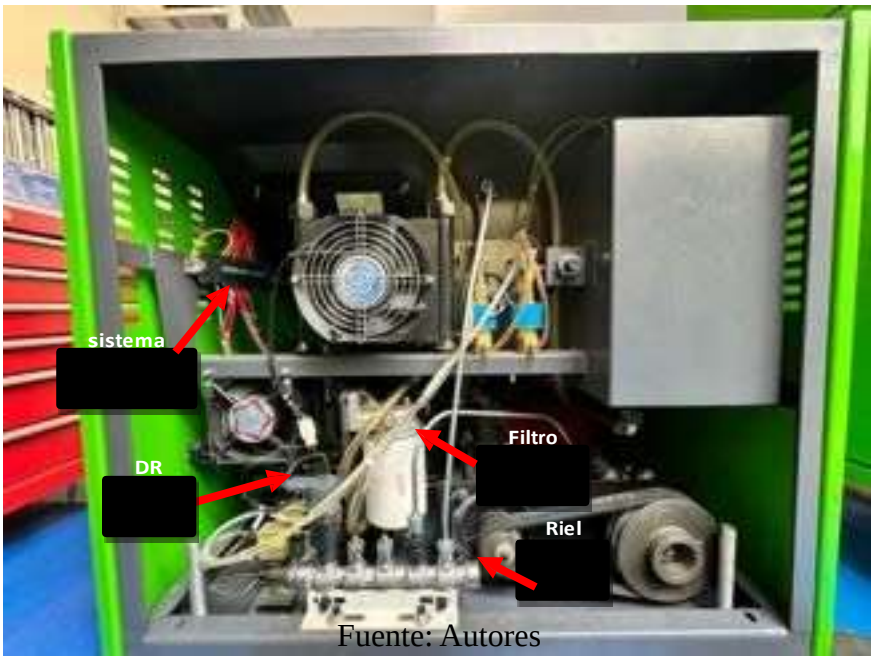


Fuente: Autores

Se extrae la tapa posterior y exterior del banco para verificar las partes señaladas en la Figura “9 y 10”, como corresponde.

Verificar todas las partes del banco y hacer una inspección visual de los componentes, es obligatorio que se ubiquen las tapas antes de iniciar la prueba con el inyector.

Figura 24: Partes internas del Banco de Prueba



Fuente: Autores

Seleccionar el inyector para la prueba, tener en cuenta el modelo de este y así escogerlo en el software del banco

El inyector seleccionado es de marca DENSO 8-98203849-0 MANUFACTOR, asegurar que el inyector se encuentre limpio y en condiciones adecuadas para la prueba, verificar que todas las partes móviles y conexiones estén intactas y funcionales.

Figura 25: Conexiones inyector-banco de prueba

Fuente: Autores

3.2.1 Montaje y desmontaje de inyector puesto a prueba.

Se selecciona el inyector a usar en este caso es uno de la marca Denso 8-98203849-0, este inyector en específico puede operar a muy a altas presiones, garantizando una atomización precisa del combustible que mejora la eficiencia y reduce emisiones. Su sistema de control electrónico optimiza el momento y la cantidad de inyección se utiliza este tipo de inyector debido a que está diseñado para vehículos con sistema de inyección multipunto.

Figura 26: Inyector montado

Fuente: Autores

Para lo cual al inyector se lo reposa en un brazo de sujeción del banco para posteriormente sujetarlo al mismo con una palanca situada en el lado derecho. Se orienta al inyector de manera que tenga un acople en dirección frontal para una conexión de cañería de color verde

Figura 27: Inyector conectado

Fuente: Autores

Se procede a conectar el cable que genera la señal del inyector al banco para la prueba, en la parte superior del inyector lo introducimos hasta hacer un contacto mínimo. De la misma manera conectamos la cañería de retorno del combustible en el inyector con un acople al final de la manguera que nos provee el banco de pruebas

Figura 28: Acople del inyector

Fuente: Autores

Se conecta la manguera verde la cual es la que genera la presión en el riel del inyector, se lo ajusta con una llave 17 añadiendo un acople en “L” en el inyector

Figura 29*:* Herramientas utilizadas

Fuente: Autores

Cuentan con piezas adicionales, como los acoples utilizados en el banco de pruebas y el banco de pruebas para inyectores y bombas, para colocarlos utilizamos llaves mixtas número 17 y 21.

Figura 30: Acoples para inyector

Fuente: Autores

Para el proceso de desmontaje del inyector, se apaga el banco de pruebas, y se procede a quitar todas las conexiones como cañerías, acoples, y cables que estén conectados al inyector de esta manera nos queda solo el inyector para aflojar el sujetador y proceder a sacarlo y dar por terminada la prueba

Como primer paso, se gira la manija de encendido, para la activación del interruptor de alimentación color rojo, en dirección horizontal sentido de las agujas del reloj

Figura 31: Interruptor de encendido

Fuentes: Autores

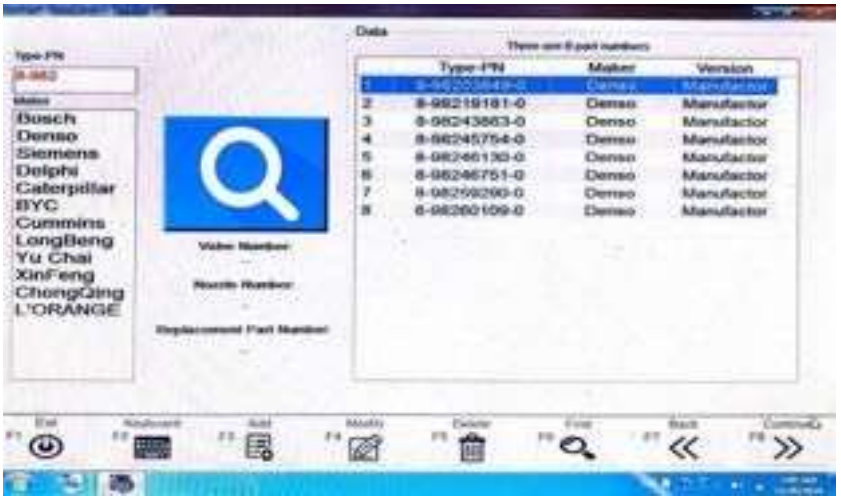
Una vez realizado este proceso, la computadora PC da inicio automáticamente y la pantalla de la computadora, presentando así la interfaz de prueba. Si no se activa, verifique que la fuente de alimentación este cargada. A continuación, se muestra el inicio del programa Windows, accediendo así al control del banco.

Figura 32: Interfaz del Software

Fuente: Autores

Se observa varios menús que nos genera el software, lo cual nos permite ver las diferentes pruebas que se pueden realizar en este banco, se procede hacer clic en la figura del módulo del inyector como indica la flecha roja, posterior a este paso se ingresa el modelo del inyector para que la interfaz la selección y procede a realizar la prueba, el menú se desplegara y nos dará la opción de realizar pruebas rápida que va a tener una duración de 5 minutos aproximadamente y así verificar si el equipo está en un buen funcionamiento dando una idea cerca del estado del equipo, la otra opción sería una prueba normal con una duración de 20 minutos. En esta prueba se evaluará desde su mínima hasta la máxima capacidad del equipo con el fin de darnos una evaluación completa del equipo evaluado.

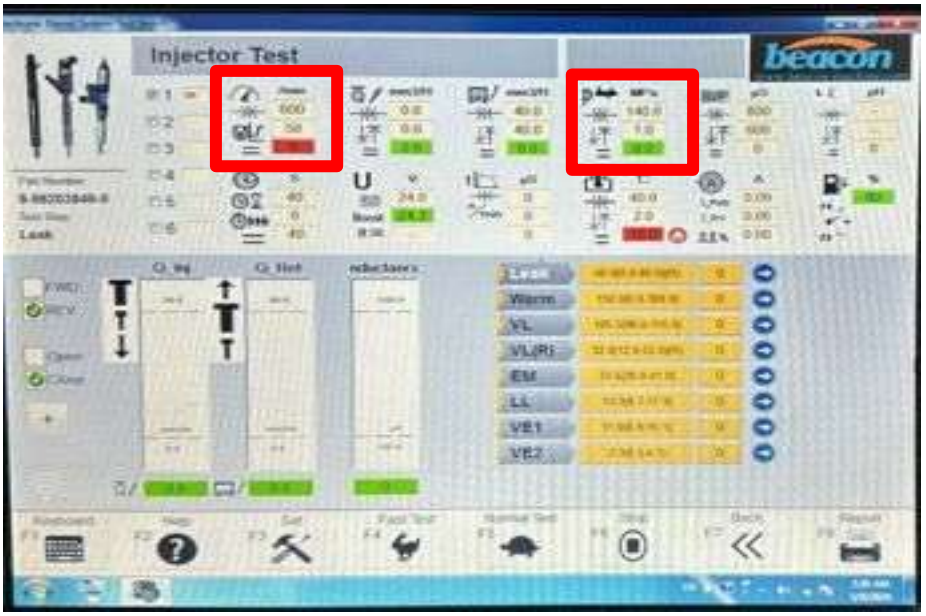
Figura 33: Selección del Inyector



Fuente: Autores

Buscar la prueba requerida del modelo de inyector, ingresando a la interfaz de la prueba

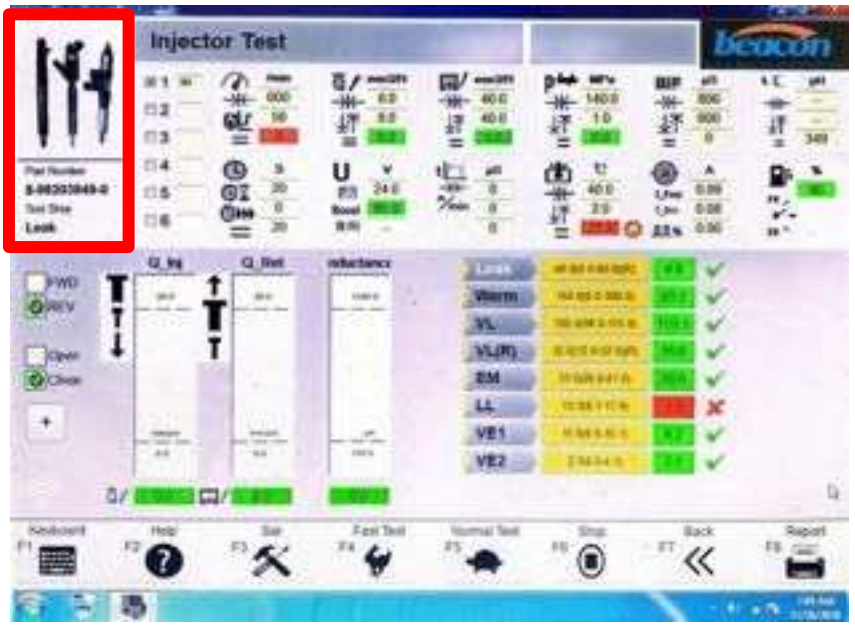
Figura 34: Interfaz de Prueba del Inyector



Fuente: Autores

Se realiza una prueba rápida en el banco de inyección para obtener los resultados correspondientes. Con forme a esto se verifica que todos los parámetros estén bien configurados. Una vez que todo esté conectado y ajustado correctamente, se inicia la prueba en el banco. Se procede a presionar "Prueba rápida" y se observa el comportamiento del inyector, monitoreando en tiempo real los parámetros como la presión de inyección, el volumen de combustible inyectado y cualquier otra variable relevante.

Figura 35: Resultados de Prueba

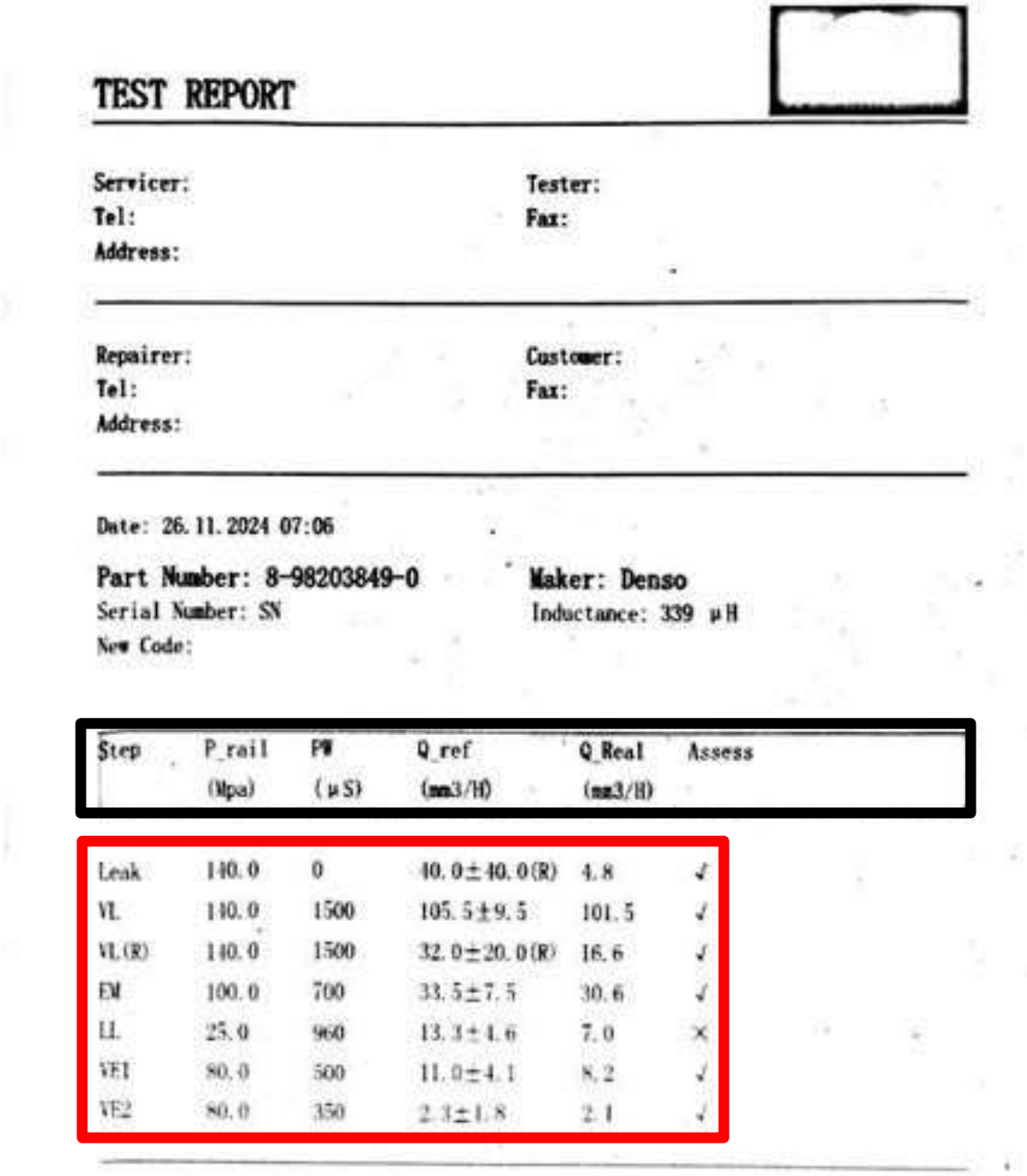


Fuente: Autores

Se genera un reporte digital de la prueba realizada para facilitar el respectivo diagnóstico dicho reporte entrega al usuario un informe acerca de la prueba realizada con un rango de valores y si es que el resultado se encuentra dentro de esos valores en caso de que sea resultados positivos el informe marcara un color verde caso contrario arrojara color rojo notificando así un problema con el equipo.

Una vez completada la prueba, se analizan los datos obtenidos para evaluar el rendimiento del inyector. Se comparan los resultados con los estándares de rendimiento esperados y se documenta cualquier hallazgo significativo

Figura 36: Resultados de la prueba del inyector [PDF]



TEST REPORT

Servicer:
Tel:
Address:

Tester:
Fax:

Repairer:
Tel:
Address:

Customer:
Fax:

Date: 26.11.2024 07:06

Part Number: 8-98203849-0
Serial Number: SN
New Code:

Maker: Denso
Inductance: 339 μH

Step	P_rail (Mpa)	PW (μS)	Q_ref (mm3/H)	Q_Real (mm3/H)	Assess
Leak	140.0	0	40.0±40.0(R)	4.8	√
VL	140.0	1500	105.5±9.5	101.5	√
VL(R)	140.0	1500	32.0±20.0(R)	16.6	√
EM	100.0	700	33.5±7.5	30.6	√
LL	25.0	960	13.3±4.6	7.0	×
VE1	80.0	500	11.0±4.1	8.2	√
VE2	80.0	350	2.3±1.8	2.1	√

Fuente: Autores

Las variables para esta prueba realizada en el BANCO BEACON COMMON RAÍL TEST BENCH EPS208S son las siguientes: etapa, presión del riel en MPa, ancho de pulso en μs, caudal de referencia en mm^3/h, caudal real en mm^3/h y evaluación.

3.2.2 Análisis de resultados

Leak (Fuga):

- **Presión:** 140 MPa
- **Caudal de referencia:** 40 ± 40 mm³/H
- **Caudal real:** 4.8 mm³/H
- **Resultado:** ✓ (Aceptable). El caudal real está dentro del rango de referencia, lo que indica que no hay fugas internas significativas.

VL (Volumen bajo):

- **Presión:** 140 MPa
- **Caudal de referencia:** 105.5 ± 9.5 mm³/H
- **Caudal real:** 101.5 mm³/H
- **Resultado:** ✓ (Aceptable). El inyector está entregando el caudal esperado bajo estas condiciones.

VL(R) (Volumen bajo con retorno):

- **Presión:** 140 MPa
- **Caudal de referencia:** 32 ± 20 mm³/H
- **Caudal real:** 16.6 mm³/H
- **Resultado:** ✓ (Aceptable). Aunque el valor real es bajo, aún se encuentra dentro del rango tolerado.

EM (Volumen medio):

- **Presión:** 100 MPa
- **Caudal de referencia:** 33.5 ± 7.5 mm³/H
- **Caudal real:** 30.6 mm³/H
- **Resultado:** ✓ (Aceptable). El inyector cumple con las especificaciones en esta etapa.

LI (Volumen bajo - Idle):

- **Presión:** 25 MPa
- **Caudal de referencia:** 13.3 ± 4.6 mm³/H
- **Caudal real:** 7.0 mm³/H
- **Resultado:** ✗ (No aceptable). El caudal real está por debajo del rango permitido, lo que podría indicar un problema en condiciones de baja presión.

VE1 (Preinyección 1):

- **Presión:** 80 MPa
- **Caudal de referencia:** 11 ± 4.1 mm³/H
- **Caudal real:** 8.2 mm³/H
- **Resultado:** ✓ (Aceptable). El inyector cumple con las especificaciones en esta etapa.

VE2 (Preinyección 2):

- **Presión:** 80 MPa
- **Caudal de referencia:** 2.3 ± 1.8 mm³/H
- **Caudal real:** 2.1 mm³/H
- **Resultado:** ✓ (Aceptable). El inyector trabaja correctamente en esta fase.

3.3 Guía para el banco Beacon Common Raíl Test Bench CRS300S

La siguiente guía para estudiantes sobre el banco de inyección explica cómo funciona y cómo operar el equipo. Proporciona detalles sobre cómo preparar y configurar el banco de pruebas para realizar pruebas en inyectores y bombas de combustible. También cubre los procedimientos paso a paso para llevar a cabo las pruebas de funcionamiento, cómo interpretar los resultados obtenidos y los cuidados básicos necesarios para asegurar que el banco de inyección mantenga un rendimiento óptimo.

Figura 37: Interfaz del Banco con Inyector

Fuente: Autores

3.3.1 Interfaz Principal

La interfaz principal de este equipo muestra varias opciones en pantalla para seleccionar el tipo de prueba a realizar, con controles claros y accesibles. Además, cuenta con controles de emergencia estratégicamente ubicados para garantizar un acceso rápido y seguro en situaciones críticas.

Este equipo cuenta con una pantalla LCD de 17 pulgadas el cual muestra simultáneamente múltiples parámetros, facilitando la supervisión y el control del equipo. Permite visualizar los siguientes datos de velocidad de rotación, temperatura, presión de aceite entre otros durante las pruebas ejecutadas.

3.3.2 Pruebas con el inyector DENSO 8-98203849-0

El cable de inyector se lo conecta al banco de pruebas para simular las condiciones reales de funcionamiento del motor y realizar pruebas en los inyectores, ayuda a verificar que funcionen correctamente, tanto eléctrica como mecánicamente. Se puede comprobar la capacidad de los inyectores para atomizar el combustible correctamente y garantizar un rendimiento adecuado para las pruebas que se van a realizar.

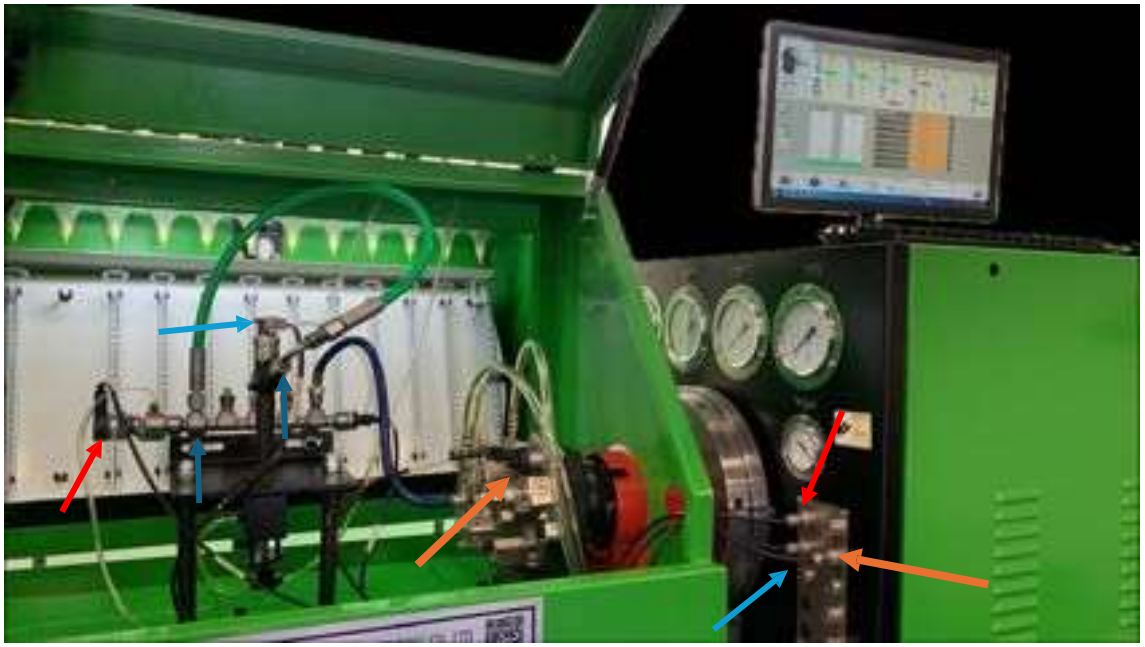
Figura 38: Cable del Inyector

Fuente: Autores

La conexión debe de estar a detalle como se muestra en la Figura 4. Esta conexión sirve tanto para la prueba de inyectores y bombas. Se selecciona el cable y mediante el mismo se lo enlaza al inyector con el apartado de conexión en el banco de prueba, ya que

de esta manera genera la señal para que el inyector pueda establecer un diagnóstico de acuerdo con la prueba realizada.

Figura 39: Conexión de cables para prueba con inyector



Fuente: Autores

Los componentes que conforman el banco de inyección puesto a prueba en la Figura 40, presentan flechas de diferentes colores que se detallan a continuación:

En el sistema descrito, las flechas naranjas representan el cable de conexión de la bomba con el banco de pruebas, mientras que las flechas azules indican la conexión del riel con el inyector. Por otro lado, las flechas celestes señalan el cable de conexión de señal del inyector con el banco de pruebas, y las flechas rojas muestran el cable de conexión del riel con el banco de pruebas, empleado para el monitoreo de combustible.

Todas las conexiones detalladas en la Figura 40 son importantes para el funcionamiento del banco al momento de poner a prueba el inyector con la bomba ya que de no conectar como se lo explica e indica en esta guía, puede presentar problemas al momento de monitorear los resultados reales, además de existir posibles fugas y datos con fallos.

Se selecciona el tipo de inyector y se introduce el PN “Numeración del inyector”, que está a un lado del inyector. Como se muestra en la Figura 40.

Figura 40: Inyector DENSO 121 00861

Fuente: Autores

3.3.3 Montaje y desmontaje de inyector y puesta a prueba

El montaje del inyector consiste en instalarlo en el equipo para simular condiciones de funcionamiento reales. Se conectan las líneas de combustible y los sensores para evaluar su desempeño, como el flujo, la presión y la pulverización.

Figura 41: Bomba y Riel

Fuente: Autores

El desmontaje implica retirarlo cuidadosamente para evitar daños, asegurándose de que quede limpio para su próxima instalación o reparación. Este proceso permite verificar su correcto funcionamiento o identificar posibles fallas

En el centro de la imagen se aprecia un riel común metálico con varias conexiones donde están fijados los tubos de alta presión que alimentan los inyectores. Estas conexiones están aseguradas mediante pernos hexagonales, y se utiliza una llave combinada para apretar o aflojar uno de estos pernos. Para realizar la prueba, se procede a desmontar el tapón del riel utilizando una llave número 19, permitiendo que el inyector tenga comunicación directa con la bomba y con el banco de pruebas.

Figura 42: Tapón de riel

Fuente: Autores

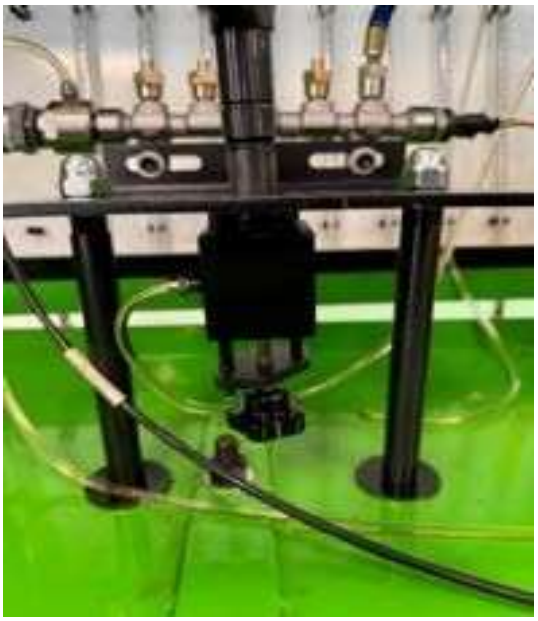
Para este montaje se utilizó un inyector de la marca Denso con el número de serie 8-98203849-0 como se puede apreciar en la Figura 44. Este inyector es el elegido para poder realizar la prueba con la bomba de inyección en el banco detallado, ya que tienen un funcionamiento unido al accionar la bomba y trabajan con valores similares.

Figura 43: Inyector DESO

Fuente: Autores

Una vez elegido el inyector se coloca en la base dispuesta por el banco ajustando la perilla que se encuentra en la base. Esta base ayuda a mantener estático el inyector y poder tener una prueba más efectiva con relación inyector- bomba y observar mejor los datos en el informe final.

Figura 44: Base para el inyector



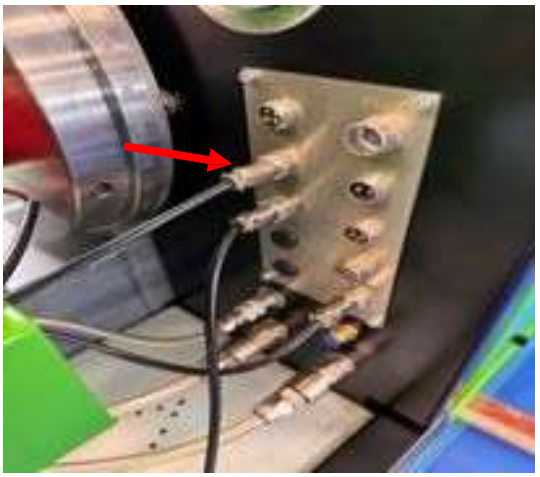
Fuente: Autores

Se conectan los cables de alimentación al inyector como se muestra en la Figura 45, de igual manera los cables de alimentación que van conectados al banco como se señala en la figura 6.

Figura 45: Conexión de cable de alimentación al inyector

Fuente: Autores

Figura 46: Conexión del banco de pruebas



Fuente: Autores

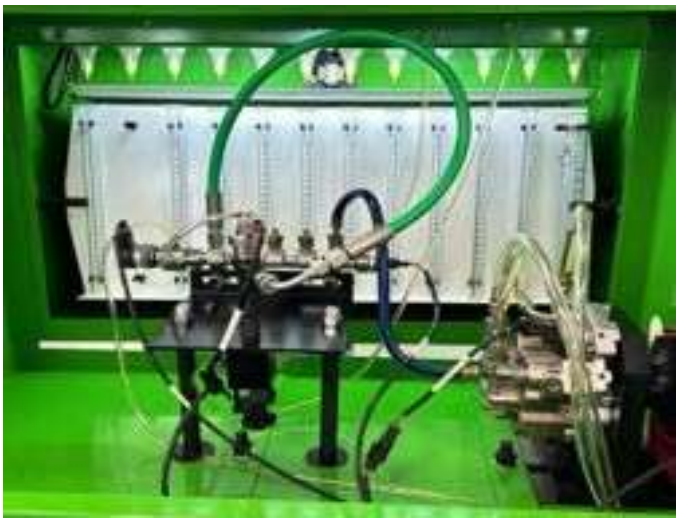
Una vez conectado el cable de alimentación se tiene que conectar la manguera que va a dar presión en el riel común del banco que está identificado con color verde, verificar el estado de la manguera cada que se realiza la prueba para evitar cualquier fuga mínima y a su vez tómese en cuenta con lo señalado que se puede ver en la Figura 47.

Figura 47: Manguera de presión

Fuente: Autores

Una vez realizada las conexiones necesarias para el inyector verificar el ajuste en todas, esto para evitar fugas, Recuerde que el banco de pruebas trabaja a muy altas presiones que van desde 800 bar a 2000 bar, tomar las debidas precauciones al montar el inyector, en este caso la prueba se realizó a una presión de 1200 bares con las debidas normas de seguridad impuestas en el laboratorio.

Figura 48: Inyector montado en el banco

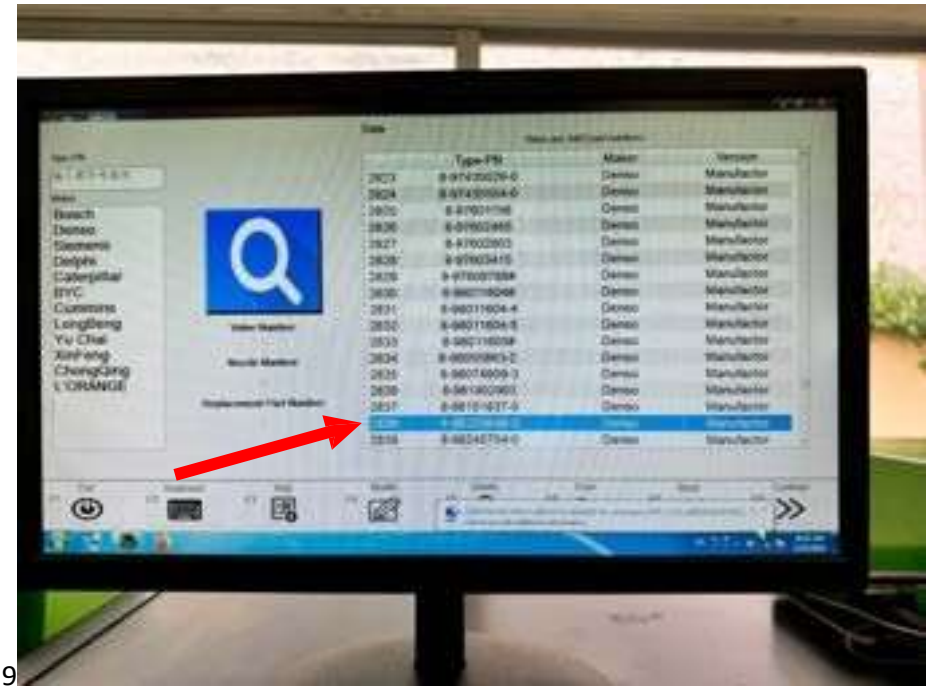


Fuente: Autores

En la pantalla, seleccionar el fabricante y el número de parte (PN) del inyector que deseas probar. Luego presionar en "Continuar" para acceder a la pantalla de prueba específica del inyector seleccionado.

A continuación, en la Figura 49 se presenta todo el listado de tipos de inyectores que contiene el software, una vez identificado el Type- PN se requiere realizar modificaciones en los datos del inyector, se puede hacer clic en "Modificar" para acceder a la pantalla de edición correspondiente. Para generar un código de compensación necesario, se puede ingresar el código original de compensación del inyector. Para buscar una parte específica, ingresa el PN del inyector en el campo Type-PN ubicado a la izquierda y pulse en el botón 'Buscar'.

Figura 49: Selección de Inyector



9

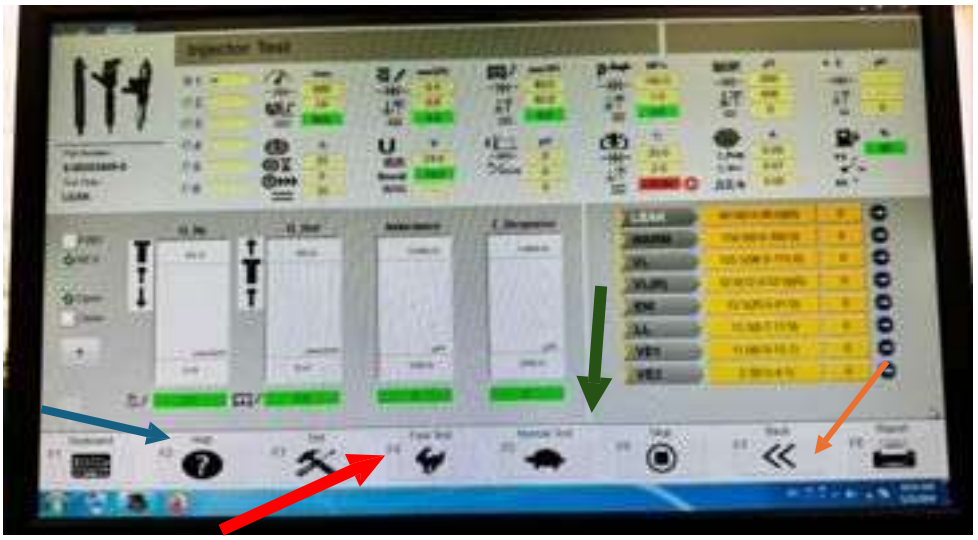
Fuente: Autores

La interfaz proporciona herramientas para la gestión y ajuste de inyectores específicos. Permite al usuario seleccionar el fabricante y el número de parte del inyector deseado para realizar pruebas o ajustes según sea necesario. También ofrece la opción de ingresar un código de compensación cuando se requiera. Además, tiene una función de búsqueda que facilita encontrar rápidamente una parte específica para realizar modificaciones o pruebas. Esta funcionalidad está diseñada para optimizar el mantenimiento y la configuración de inyectores en entornos de bancos de pruebas especializados.

En la pantalla, se selecciona "Prueba rápida' Una vez configurado, el motor del banco de pruebas comienza a girar automáticamente y ajusta sus parámetros para alcanzar la velocidad y presión del riel establecidas. La presión del riel se regula sola hasta llegar al valor deseado, asegurando un flujo de aceite estable. El sistema mide automáticamente la cantidad de aceite utilizada con un sensor de flujo. Al finalizar las pruebas, continúa con los pasos programados.

Se procede a los datos de medición y generará un informe detallado para evaluar los parámetros de trabajo. Las principales características son las siguientes:

Figura 50: Prueba del Inyector

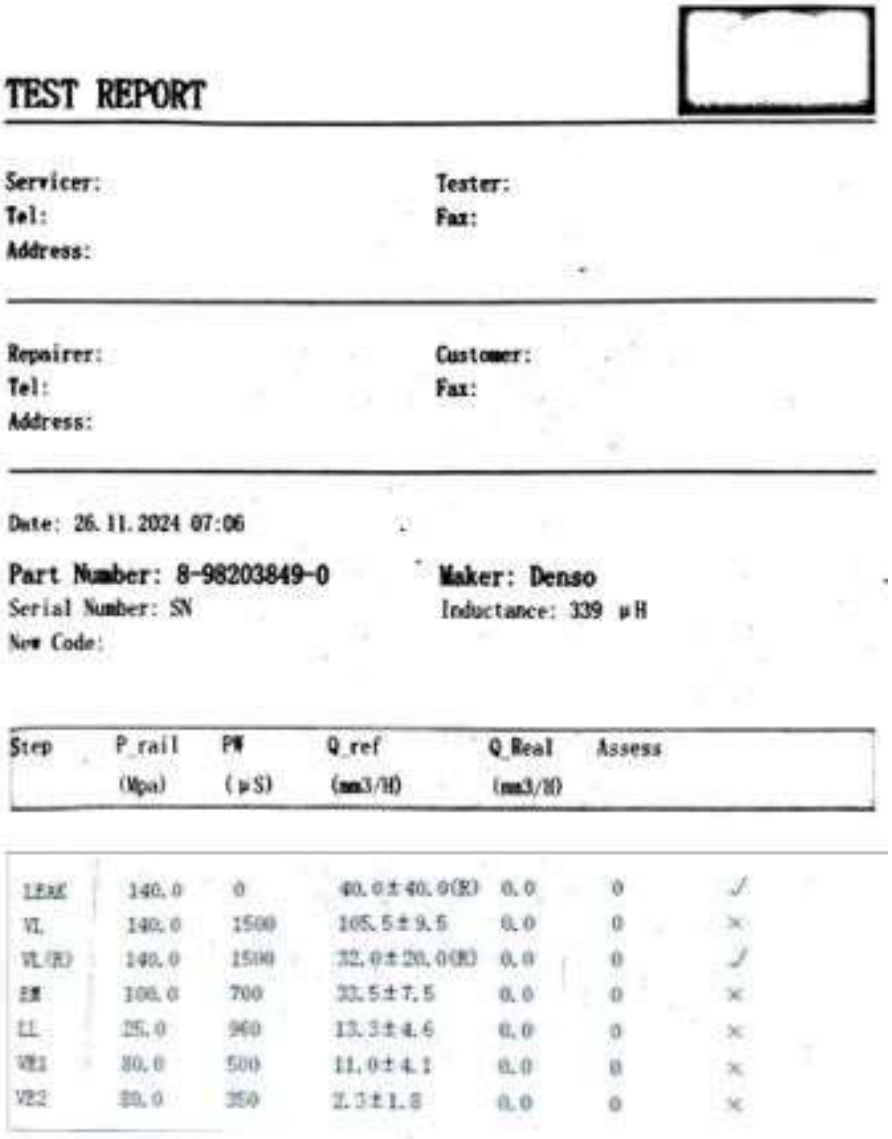


Fuente: Autores

El banco de pruebas de inyección ofrece varias funciones controladas mediante botones específicos. Al presionar el botón "Configurar", se puede establecer la velocidad y el tiempo de prueba para cada condición de trabajo. Por otro lado, al utilizar el botón "Prueba Normal", el equipo controla cada etapa del inyector de acuerdo con el tiempo de detección configurado previamente. Para otras pruebas, el botón "Prueba Rápida" permite la detección rápida del inyector, ideal para condiciones de trabajo de hasta 20 segundos. Además, se ofrece la opción de incrementar el tiempo de prueba en incrementos de 10 segundos para la condición actual sin afectar la siguiente. Finalmente, el botón "T_Response" facilita la detección del tiempo de respuesta de la inyección del inyector, asegurando así un control completo y eficiente durante las pruebas.

A continuación, se resume un informe de los resultados de la prueba realizada. Estos datos obtenidos en PDF

Figura 51: Informe [PDF]



TEST REPORT

Servicer:
Tel:
Address:

Tester:
Fax:

Repairer:
Tel:
Address:

Customer:
Fax:

Date: 26.11.2024 07:06

Part Number: 8-98203849-0
Serial Number: SN
New Code:

Maker: Denso
Inductance: 339 μH

Step	P_rail (Mpa)	PW (μS)	Q_ref (mm3/H)	Q_Real (mm3/H)	Assess	
LEAK	140.0	0	40.0±40.0(R)	0.0	0	✓
VL	140.0	1500	105.5±9.5	0.0	0	×
VL(R)	140.0	1500	32.0±20.0(R)	0.0	0	✓
EM	100.0	700	33.5±7.5	0.0	0	×
LL	25.0	960	13.3±4.6	0.0	0	×
VE1	80.0	500	11.0±4.1	0.0	0	×
VE2	80.0	350	2.3±1.8	0.0	0	×

Fuente: Autores

Tabla 10: Parámetros del Banco de Pruebas

ETAPA	P. RIEL	ANCHO DE PULSO	CAUDAL REFERENCIA	CAUDAL REAL	EVALUACION	
LEAK	140.0	0	40.0±40.0(R)	0.0	0	☑
VL	140.0	1500	105.5±9.5	0.0	0	☒
VL(R)	140.0	1500	32.0±20.0(R)	0.0	0	☑
EM	100.0	700	33.5±7.5	0.0	0	☒
LL	25.0	960	13.3±4.6	0.0	0	☒
VE1	80.0	500	11.0±4.1	0.0	0	☒
VE2	80.0	350	2.3±1.8	0.0	0	☒

Fuente: Autores

Se realiza una medición utilizando probetas ubicadas en la parte superior para determinar la cantidad de inyección real durante la prueba. El proceso de preparación comienza asegurando que la probeta esté limpia y seca antes de iniciar la medición. Luego, se coloca la probeta en una posición estable y se nivela adecuadamente para garantizar mediciones precisas.

Durante la prueba, se ajustan todos los parámetros para que el inyector pueda dispensar combustible en las probetas, controlando y registrando la duración del pulso de inyección y la presión utilizada. Finalmente, se lee el nivel de combustible en la escala graduada de la probeta, observando desde un punto de vista horizontal para minimizar errores de paralaje.

A continuación, en la Figura 53 se puede observar dos probetas, las cuales nos muestran cuanta cantidad de combustible se ha consumido tanto en el inyector como en la bomba, identificando así que la probeta de 45ml, es del inyector y que la probeta de 250ml es de la bomba, obteniendo datos de 29.3ml para la primera probeta y 32ml para la segunda probeta según corresponda.

Figura 52: Resultados en Probetas

Fuente: Autores

3.3.4 Prueba con la Bomba Bosch 0 445 020 065 en el Banco CRS300S

En la prueba con la bomba BOSCH 445 020 065 se evaluará el cumplimiento de condiciones de trabajo, teniendo en cuenta sus parámetros de presión y caudal. Esta prueba dará conocimientos de sistema de inyección en los motores, además de detectar fallos y desajustes.

Figura 53: Interfaz del Banco con Bomba

Fuente: Autores

En la interfaz del inicio seleccionar CR PUMP para realizar la prueba con la bomba de inyección, consiste en detectar posibles fallos en la bomba además de monitorear variables como caudal, presión y consumo de corriente, como se muestra en la Figura 54 dirigir el pulsador en la parte señalada.

Previo a seleccionar en la interfaz principal, configurar la medición que se debe realizar aplastando en el botón de [SETTING], como se muestra a continuación

Figura 54: Botón Setting

Fuente: Autores

A continuación, Configurar el sistema como se muestra en la Figura 56. Esta configuración es necesaria debido a que el banco de pruebas está diseñado para generar

datos tanto para inyectores como para bombas. Antes de realizar cualquier prueba, es fundamental ajustar el software como se muestra en la figura 56, permitiendo así que el volante del banco gire correctamente generando datos tanto para los inyectores como para las bombas durante el proceso de prueba.

Figura 55: Configuración del sistema

Fuente: Autores

Se considera importante llevar a cabo esta configuración porque omitirla podría resultar en datos de prueba incorrectos y en la incapacidad del volante del banco de pruebas para girar. Esto, a su vez, impediría el flujo adecuado de combustible a través del banco, impidiendo la realización de pruebas tanto en los inyectores como en las bombas.

Figura 56: Cable de la bomba de inyección

Fuente: Autores

El cable de la bomba de inyección debe conectarse correctamente, ya que su función principal es establecer la conexión eléctrica entre la unidad de control del motor (ECU), el banco de pruebas y la bomba de inyección. Esta conexión permite que las

señales enviadas desde la ECU lleguen a la bomba, asegurando un control preciso sobre el tiempo y la duración de la inyección de combustible en los cilindros del motor.

Además, el cable también puede enviar datos de retroalimentación desde la bomba de inyección de vuelta a la ECU, lo que proporcionar un entorno controlado donde se puede simular diversas condiciones de operación del motor para verificar como responde la bomba de inyección bajo diferentes cargas y velocidades

En esta interfaz, selecciona el fabricante y el número de parte (PN) de la bomba que se va a probar y haz clic en el botón "Continuar" para acceder a la interfaz de prueba de la bomba. Se debe dar clic en "Modificar", puedes ingresar a la interfaz de edición de datos de la bomba.

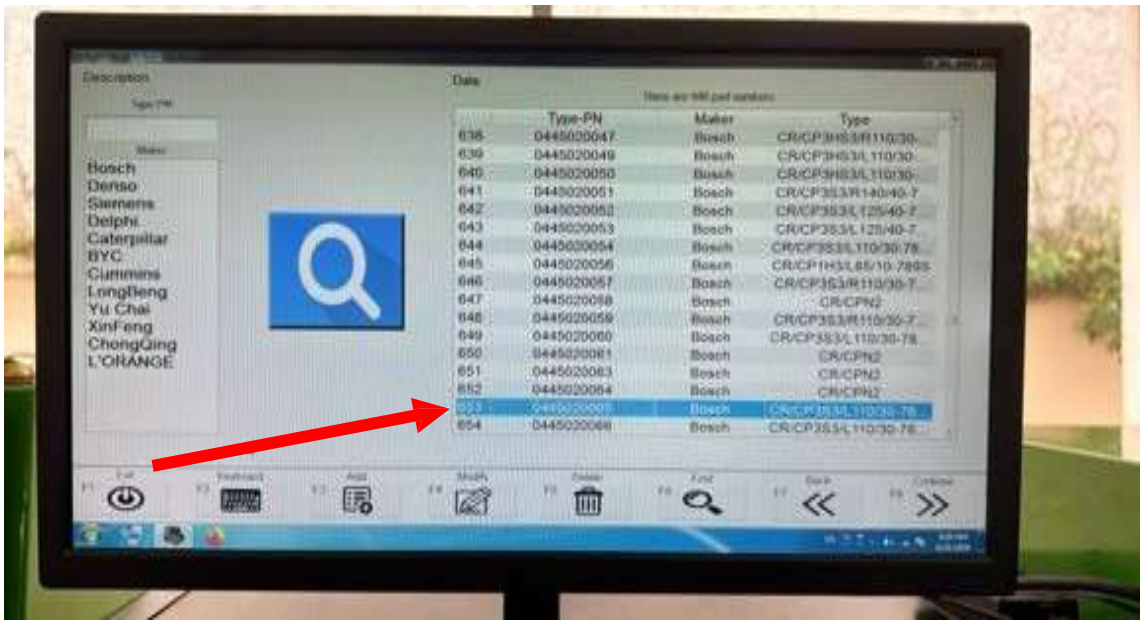
A continuación, se presenta el tipo de bomba a utilizar en la prueba de banco, ubicamos el número se serie el cual es la identificación para poderlo poner en la interfaz del banco para luego hacer la prueba correspondiente.

Figura 57: Tipo de Bomba de Inyección

Fuente: Autores

Para buscar un PN específico, se introduce el PN de la bomba que se desea probar en el campo de edición Tipo-PN a la izquierda y hacer clic en el botón "Buscar".

Figura 58: Selección de PN de la bomba de inyección



Fuente: Autores

Figura 59: Interfaz de prueba de la Bomba

Fuente: Autores

Se debe dar clic en "Prueba normal" o "Prueba rápida". Sin intervención manual, el motor del banco de pruebas procede a girar y se ajustará automáticamente para alcanzar la velocidad y la presión del riel objetivo. La presión del riel se equilibrará automáticamente para alcanzar el valor objetivo después de un período de tiempo, estabilizando la cantidad de aceite.

El sistema registra automáticamente la cantidad de aceite de trabajo a través del sensor de flujo automático. Completadas las condiciones de trabajo, se realiza la siguiente medición y se genera un informe tras medir todas las condiciones de trabajo.

El banco de pruebas ofrece funciones clave para evaluar y controlar bombas de inyección. Permite configurar el tiempo de prueba según las necesidades y cambiar entre condiciones de trabajo con los botones "Último" y "Siguiente". También incluye opciones de pruebas normales o rápidas, siendo estas últimas ideales para evaluaciones rápidas en menos tiempo. Esto garantiza un análisis efectivo del rendimiento de la bomba.

3.3.5 Tabla comparativa de los bancos de inyección.

Tabla 11: Parámetros del Banco de Pruebas

Características	Banco CR1014	Banco CRS300S	Banco EPS208S
Prueba rápida	SI	SI	SI
Tipo de inyector o bomba	BOMBA BOCH CRCP3 G2100-1111100-A38	INYECTOR DENSO 8-98203B49-0 BOMBA BOCH CRCP3 G2100-1111100-A38	INYECTOR DENSO 8-98203B49-0
Tiempo de inyección	2 milisegundos (alrededor de 1400-1600 bar).	2.5 milisegundos	2 milisegundos
Caudal o Volumen de inyección	4.0 L/min	4.16 L/min 0.4 ml por ciclo	0.4 ml por ciclo
Presión de trabajo	alrededor de 1400-1600 bar.	1400bar 1300bar	alrededor de 1000-1500 bar.

Fuente: Autores

En la Tabla 11 se puede ver la comparación final de los tres bancos de pruebas de inyectores CR1014, CRS300S y EPS208S, los cuales fueron puestos a pruebas rápidas, El CR1014 utiliza una bomba Bosh, mientras que el CRS300S Y EPS208S trabaja con inyectores Denso y una bomba Bosch. El tiempo de inyección varias entre 2 y 2.5 milisegundos, con caudales de 4.0L/min para el CR1014 y el CRS300S, por otro lado, el EPS208S mide 0.4ml por ciclo. Las presiones de trabajo oscilan entre 1000 y 1600 bar, según el banco. Estas diferencias se reflejan sus especificaciones en la evaluación de inyectores.

RECOMENDACIÓN

En el lado derecho del banco se ubica el componente estructural eléctrico necesario para el funcionamiento. Este punto es importante ya que en la parte inferior se encuentran interruptores de luz que regulan el flujo de corriente hacia todos los mecanismos del banco. Estos interruptores deben mantenerse activados para asegurar el correcto funcionamiento del equipo. Y permitir que el banco descanse adecuadamente entre pruebas, lo cual ayuda a obtener resultados precisos tanto en las pruebas de inyectores como en las de bombas de inyección.

Figura 60: Sistema Eléctrico Breakers

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Una vez realizada las pruebas se denota que los bancos CR1014 y EPS208S tienen un tiempo de inyección similar de 2 milisegundos, mientras que el banco CRS300S presenta un tiempo ligeramente superior de 2.5 milisegundos. Además, el caudal de inyección varia considerablemente, en el CR1014 y CRS300 manejando alrededor de 4 L/min, mientras, que el banco EPS208S registra un volumen mucho menor a 0.4 ml por ciclo, teniendo una variación de 0.5 milisegundos entre cada banco.

Por otro lado, el banco CR1014 opera a presiones altas de 1400 a 1600 bar, seguido del banco CRS300S que trabaja a 1300 a 1400 bar ideal para bomba Por su parte, el EPS208S presenta una presión de trabajo más variable, con un rango de 1000 a 1500 bar, lo que indica una menor estabilidad en comparación con los otros bancos.

Además de realizar las pruebas en los bancos, tenemos como características a el inyector puesto en prueba, el cual fue uno de marca DENSO 8-98203849-0, siendo elegido por tener un trabajo de alta presión, teniendo como modelo una mejor mezcla de aire-combustible, mayor potencia y menor consumo para un motor.

Las pruebas se realizaron en un tiempo estimado de 10 a 15 minutos, destacando una evaluación mas sencilla para el inyector y bomba, así mismo asumiendo el procedimiento de una prueba real, ya que de esta se verifica la pulverización, la hermeticidad y el caudal. Dados los datos presentados en los informes se identifica fallas y a su vez se evalúa el rendimiento de estos para dar un diagnóstico en conficiones operaciones normales.

Con la recolección de datos para cada banco de prueba se puede determinar que cada uno tiene configuraciones específicas, como lo es en el banco de pruebas CRS1014, que se puede probar tanto la bomba como el inyector, para talleres automotrices que se especialice en sistemas CRDI, dado que es el mas completo de los tres bancos, en cambio el banco EPS208S, debe ser usado únicamente para el tema de inyectores, y el banco CR300S para bombas de inyección.

Dado estos resultados es necesario contar con los manuales y guías que se realizaron en este proyecto, a demás de evaluar sus costos. Este trabajo presenta bases de prácticas e información de docentes que facilitan lograr un proyecto de inversión exitoso en bancos de comprobación de con sistemas CRDI,

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, C., & Jaramillo, J. (2007). *Guía para el diagnóstico del sistema de inyección CRDi Bosch*. Universidad Politécnica Salesiana.

Apaza, H. (2019). *Innovación y fabricación de un banco de pruebas para bombas de inyección diesel y bombas de alta presion common rail* [Tesis]. Universidad Nacional del Callao.

AUTOLAB. (2021, September 13). *Qué es y cómo funciona la bomba de inyección rotativa*. Https://Flotas.Autolab.Mx/Blog/Bomba-de-Inyeccion-Rotativa/.

Ayora Rivera, J. L. (2017). *Análisis y comprobación del funcionamiento de inyectores CRDI piezoeléctricos con el equipo CRT-3500 de KIA* [Tesis]. Universidad Internacional del Eduador .

Barros, L., & Pulla, C. (2016). *Análisis de fallas del sistema de alimentación de combustible de un motor Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi basado en curvas de osciloscopio*. Escuela Politécnica Nacional .

Beacon Machine Manufacturing Co., Ltd. (2020). *CR1014 Common Rail Test Bench Price list*.

Carrión Ramón, L. E. (2012). *Estudio, diseño e implementación de un prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica EUI y PLD* [Tesis]. UPS.

Cifuentes, A., Guano, C., & Sinailín, R. (2022). *ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE INYECCIÓN EN INYECTORES CRDI EN PERIODOS DE MANTENIMIENTO* [Tesis]. Universidad Internacional del Ecuador .

G&G Lab Diesel. (2022, January 30). *INYECTORES MECÁNICOS*. Https://Gyglabdiesel.Com/Inyectores-Mecanicos/.

Granell, A. (2016, April 16). *RO-DES*. Sistema de Inyección.

Henkel Ibérica, S. A. (2015, September 1). *Loctite Teroson*. Bomba Inyección y Combustible: Tipos y Cualidades.

Llumiquinga, S., & Vicuña, R. (2024). *Instrumentación digital y reacondicionamiento del sistema de inyección CRDI en el banco yes01 del Laboratorio de Motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz Sede Quito.* Universidad Politécnica Salesiana.

Mafla Yépez, C. N. (2020). *Análisis de desgaste en elementos de bombeo en bombas de inyección mecánicas con la utilización de Biodiésel* [BachelorThesis]. Universidad Tecnica del Norte .

MAPFRE. (2024, January 25). *Motor Blog-Mapfre.* La Bomba de Inyección Diésel, ¿qué Es y Cómo Funciona?

Martí Parera, A. (1996). *Inyeccion electronica en motores diesel* (Boixareu Editores, Ed.; 1era Edicion). Manuales de Automocion .

Molina Campoverde, J. J. (2020). Driving Mode Estimation Model Based in Machine Learning Through PID's Signals Analysis Obtained From OBD II. In M. and T.-C. P. and M. L. S. and P. V. G. and D. B. Botto-Tobar Miguel and Zambrano Vizuete (Ed.), *Applied Technologies* (pp. 80–91). Springer International Publishing.

Piñaloza Haro, V. D., & Maiquíza Tituaña, P. C. (2011). *Implementación de un banco didáctico con simulación de funcionamiento de un sistema de inyección electrónica Bosch Motronic para la Escuela de Automotriz.* [Tesis]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.