



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: “DIAGNÓSTICO DE MOTORES DIÉSEL ELECTRÓNICOS, A BASE DE
PRESIONES EN EL RIEL COMÚN (CRDI)”**

AUTOR: JHONY PATRICIO REYES CUALCHI

DIRECTOR: ING. CARLOS MAFLA Msc.

Ibarra, Abril 2018



CERTIFICADO

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **“DIAGNÓSTICO DE MOTORES DIÉSEL ELECTRÓNICOS, A BASE DE PRESIONES EN EL RIEL COMÚN (CRDI)”** presentado por el señor: Jhony Patricio Reyes Cualchi con número de cédula 1720300712, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 25 días del mes abril de 2018.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carlos Mafla", is written over the printed name.

Ing. Carlos Mafla MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de grado, a toda mi familia en especial a mis queridos padres quienes han sido fuente de motivación e inspiración para la culminación de esta etapa profesional en mi vida. Sin olvidar a un pilar fundamental, mi querida esposa quien, con sus palabras de motivación, su acompañamiento, su apoyo han hecho de mi vida un padre, un esposo un profesional responsable.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento profundo a todas las personas que contribuyeron en el desarrollo de la presente investigación, de manera especial al director de tesis quien con sus conocimientos supo guiar y dirigir mi trabajo de grado, así como también al Cuerpo Administrativo y personal docente de la carrera quienes de manera desinteresada supieron autorizar el ingreso a los talleres para la realización de las pruebas respectivas con los distintos equipos que posee la misma.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I	1
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Tema	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Situación actual	2
1.4 Prospectiva	2
1.5 Planteamiento del problema	2
1.6 Objetivos	2
1.6.1 Objetivo general	2
1.6.2 Objetivos específicos	3
1.7 Alcance	3
1.8 Justificación	3
1.9 CONTEXTO	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Motores diésel	5
2.2 Motores Common Rail	6
2.3 Elementos del sistema Common Rail	8
2.4 Sensores	10
2.5 Sensor de posición del cigüeñal (CKP).	10

2.6	Sensor de posición del pedal del acelerador (APS).	11
2.7	Sensor de temperatura de refrigerante (ECT).	11
2.8	Sensor de temperatura del combustible (FTS).	12
2.9	Sensor de la masa del aire (MAF).	13
2.10	Sensor de presión en el Riel.	13
2.11	Actuadores	15
2.12	Válvula reguladora de presión de combustible (PRV).	16
2.13	Válvula de recirculación de gases de escape.	16
2.14	Inyectores	17
2.15	Circuito de baja presión	18
2.16	Circuito de alta presión	19
2.17	Diagnóstico automotriz	20
2.18	Equipos de diagnóstico automotriz	20
2.19	Probador digital de alta presión Common Rail CRD700	21
2.20	Probador y simulador de presión Common Rail GT-508	23
2.21	Simulador de pulsos para inyectores CRI 200	26
2.22	Estetoscopio electrónico	27
2.23	Boroscopio	28
CAPÍTULO III		31
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	31
3.1	Diagnóstico mediante probador digital de alta presión Common Rail CRD700	31
3.2	Diagnóstico mediante probador y simulador de presión Common Rail GT-508	33
3.3	Diagnóstico mediante simulador de pulsos para inyectores CRDi	38
3.4	Parámetros de funcionamiento estetoscopio	43
3.5	Diagnóstico mediante boroscopio	45
CAPÍTULO IV		49
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
4.1	Presión en el riel mediante equipo de diagnóstico GT - 508	49
4.2	Presión en el riel mediante equipo de diagnóstico CRD700	52
4.3	Prueba de inyector CRDi en banco comprobador de inyectores diésel	54
4.4	Prueba estetoscopio	56
4.5	Prueba boroscopio	57
CAPÍTULO V		61

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1 Conclusiones	61
5.2 Recomendaciones	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NUM.	DESCRIPCIÓN	PAG.
Figura 1	Diagrama de presiones en la combustión	4
Figura 2	Motor con sistema de inyección Common Rail	6
Figura 3	Componentes del sistema Common Rail	7
Figura 4	Sensores y componentes del sistema de inyección.	8
Figura 5	Sensor de posición del cigüeñal	9
Figura 6	Sensor pedal del acelerador	10
Figura 7	Sensor temperatura refrigerante	10
Figura 8	Señor temperatura de combustible	11
Figura 9	Sensor flujo de aire	11
Figura 10	Sensor de presión en el riel	12
Figura 11	Conexión sensor ICP	13
Figura 12	Curva de presión sensor FRP Bosch	13
Figura 13	Válvula reguladora de presión	14
Figura 14	Válvula de recirculación de gases de escape	15
Figura 16	Partes inyector diesel	16
Figura 17	Circuito de baja presión	16
Figura 18	Circuito de alta presión de combustible.	17
Figura 19	Probador digital CRD700	18
Figura 20	Equipo CRD700	20
Figura 21	Componentes del Equipo GT – 508	22
Figura 22	Cables de conexión del equipo GT - 508	23
Figura 23	Pantalla LCD	23
Figura 24	Generar de pulsos CRI 200	24
Figura 25	Funcionalidad CRI 200 y probador de inyectores manual	25
Figura 26	Estetoscopio de cuatro canales	26
Figura 27	Boroscopio de uso automotriz	27
Figura 28	Desmontaje de cañería de alta presión del primer cilindro.	29
Figura 29	Instalación de equipos para el diagnóstico	29
Figura 30	Mediciones de presión con el equipo CRD700	30

Figura 31	Conexión equipo de diagnóstico CR508	33
Figura 32	Conectores para el sensor de presión en el riel.	33
Figura 33	Identificación de selector de diagnóstico equipo GT – 508	34
Figura 34	Valores de presión con el equipo de diagnóstico GT - 508	34
Figura 35	Lectura de mediciones con equipo GT – 508	35
Figura 36	Equipo de diagnóstico CRI 200	35
Figura 37	Pantalla probadora CRI 200	36
Figura 38	Probador mecánico de inyectores diésel	37
Figura 39	Extracción tubería de retorno de combustible.	38
Figura 40	Extracción de cañerías	38
Figura 41	Conectores de los inyectores	39
Figura 42	Comprobación inyector con el equipo CRI 200	39
Figura 43	Equipo de diagnóstico estetoscopio	40
Figura 44	Componentes para diagnóstico auditivo	41
Figura 45	Conexión del estetoscopio al motor	41
Figura 46	Boroscopio de uso automotriz	42
Figura 47	Inspección mediante boroscopio	43
Figura 48	Inspección del cilindro número 1	43
Figura 49	Curva de la presión en el riel prueba 1	45
Figura 50	Curva de presión en el riel prueba 2	45
Figura 51	Curva de presión en el riel prueba 3	46
Figura 52	Curva de presión en la cañería prueba 1	47
Figura 53	Curva de presión en la cañería prueba 2	47
Figura 54	Curva de presión en la cañería prueba 3	48
Figura 55	Pruebas de funcionamiento utilizando un estetoscopio.	51
Figura 56	Prueba 1 de inspección visual	51
Figura 57	Prueba 2 de inspección visual	52
Figura 58	Prueba 3 de inspección visual	52

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NUM.	DESCRIPCIÓN	PAG.
Tabla 1.	Parámetros de funcionamiento equipo CRD700	31
Tabla 2.	Características técnicas motor Mazda BT50	31
Tabla 3.	Parámetros de funcionamiento equipo GT - 508	33
Tabla 4.	Especificaciones técnicas D max 3.0	34
Tabla 5.	Parámetros técnicos CRI 200	39
Tabla 6.	Presión de trabajo sistema CRDi	49
Tabla 7.	Prueba de presión con equipo CRD700	52
Tabla 8.	Resultados pruebas inyector 1 y 3	55
Tabla 9.	Resultados pruebas inyectores 2 y 4	55
Tabla 10.	Parámetros encontrados en la prueba con estetoscopio	56

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NUM.	DESCRIPCIÓN	PAG.
Anexo 1.	Valor de trabajo del sensor de presión del riel	65
Anexo 2.	Especificaciones técnicas Chevrolet Dmax 3.0 CRDi	66
Anexo 3.	Especificaciones técnicas Mazda BT 50 Diesel	67

RESUMEN

La presente investigación propone el análisis del funcionamiento de las presiones de trabajo en el riel común de un motor Diésel con sistema electrónico (CRDi) a través de equipos de diagnóstico automotriz. El primer equipo de diagnóstico puede medir la presión realizando un bypass en las cañerías de combustible entre el inyector y el riel común, el segundo equipo realiza un diagnóstico similar al anterior, el bypass se realiza en la conexión eléctrica entre el sensor de presión del riel y el conector del sensor, un tercer equipo de diagnóstico es el simulador de pulsos de trabajo de inyectores, éste equipo con ayuda de un probador manual de inyectores diésel diagnostica la entrega y retorno de combustible de cada uno de los inyectores fuera del motor. Un cuarto equipo de diagnóstico es el estetoscopio automotriz, el cual canaliza el sonido producido por cualquier elemento mecánico o electromecánico hasta unos auriculares, logrando identificar claramente el sonido producido por el trabajo mecánico, en este caso se identifica mediante el sonido el funcionamiento de los inyectores; se realizó un primer análisis del inyector 1 y 3 y un segundo análisis de los inyectores 2 y 4 logrando identificar un sonido acorde al funcionamiento normal del motor de combustión interna. Un último equipo de diagnóstico es el Boroscopio, el cual se utiliza para la inspección interna del cilindro número 1 de un motor, en la visualización se encuentra posible falla en la parte interna pudiendo ser una fisura producida por un exceso de temperatura de trabajo. Los equipos de diagnósticos automotriz utilizados facilita el análisis de los componentes del sistema CRDi.

ABSTRACT

The present investigation proposes the analysis of the operation of the working pressures in the common rail of a Diesel engine with electronic system (CRDi) through automotive diagnostic equipment. The first diagnostic equipment can measure the pressure by bypassing the fuel pipes between the injector and the common rail, the second equipment makes a diagnosis similar to the previous one, the bypass is made in the electrical connection between the rail pressure sensor and the connector of the sensor, a third diagnostic equipment is the jet work simulator of injectors, this equipment with the help of a manual tester of diesel injectors diagnoses the delivery and return of fuel of each of the injectors outside the engine. A fourth diagnostic equipment is the automotive stethoscope, it is capable of channeling the sound produced by any mechanical or electromechanical element to headphones, clearly identifying the sound produced by mechanical work. In this case, the sound of the injectors is identified by sound. , a first analysis of the injector 1 and 3 was carried out and a second analysis of the injectors 2 and 4 managing to identify a sound according to the normal operation of the internal combustion engine. A final diagnostic device is the Boroscope, which was used for the internal inspection of the cylinder number 1 of a motor, in the visualization it was found possible failure in the internal part being able to be a fissure produced by an excess of working temperature. The automotive diagnostic equipment used facilitated the analysis of the components of the CRDi system.

INTRODUCCIÓN

El incremento del parque automotor con sistemas diésel controlados electrónicamente hace que los profesionales automotrices sigan actualizando su conocimiento y técnicas en el área de diagnóstico en motores Diésel modernos. La utilización de equipos de diagnóstico especializados en medición de presiones en el riel aumenta la posibilidad de realizar un buen trabajo al momento de buscar la falla y solucionarla.

El desarrollo teórico va direccionado al análisis e interpretación del sistema Common Rail, de igual forma, a cada uno de los elementos que constituyen dicho sistema. Los componentes más importantes de analizar son los inyectores en sus dos tipos, de igual forma sensores y actuadores que trabajan sincronizadamente en todo el sistema CRDi. La información que genera el sensor de presión en el riel se interpreta como la presión existente al momento de entregar el combustible por medio de los inyectores a la cámara de combustión.

Una vez estudiado las características y funcionamiento del sistema Common Rail se procede a realizar el análisis por medio de equipos de diagnóstico. El análisis de la presión en el riel con el dispositivo CRD700 verifica la presión a varios regímenes del motor. El equipo de diagnóstico GT-508 identifica la presión realizando un bypass en la conexión del sensor de presión en el riel. Mediante un estetoscopio se identifican los sonidos generados por algunos componentes mecánicos o electromecánicos. Por medio de un boroscopio se identifican posibles daños mecánicos en cavidades de difícil visión.

En la parte final se realiza lo referente a conclusiones y recomendaciones de todos los diagnósticos automotrices. En la parte de anexos se encuentran las especificaciones de los motores utilizados y los manuales originales de cada uno de los equipos.

CAPÍTULO I

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Tema

Diagnóstico de motores Diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (CRDi).

1.2 Antecedentes

Los motores Diésel a diferencia de los motores a gasolina funcionan por autoencendido, el proceso de compresión eleva la temperatura a 900°C, lo cual provoca un encendido automático al ingresar el combustible a la cámara por medio del inyector (NGK, 2017). El proceso de la entrega del combustible a la inyección es gobernada por el sistema de inyección.

En la actualidad los motores diésel vienen incorporados en vehículos pequeños y grandes, pero en ambos casos incorporan un sistema de inyección electrónica, la cual mejora notablemente el funcionamiento del motor generando reducir notablemente los gases contaminantes y así contribuyendo al gran problema mundial sobre la contaminación ambiental.

El diagnóstico en motores diésel electrónicos ha mejorando con la implementación de nuevos equipos de medición de parámetros de funcionamiento del motor, exactamente de la parte de inyección diésel. La ayuda de equipos especializados para los parámetros de funcionamiento del sistema CRDi ayudan a tener exactitud en el diagnóstico y seguridad para la persona que trabaja en ello, ya que el sistema maneja elevadas presiones de fluidos.(Mancera, 2018)

Algunas investigaciones que contempla el análisis del funcionamiento del sistema de inyección electrónica diésel, como la realizada por Coral (2013) se direcciona a la creación de un componente electrónico capaz de interpretar la presión que se genera en el sistema CRDi y de ésta forma lograr simular el trabajo real del sistema, pero en un banco de pruebas.

En la actualidad el diagnóstico del sistema de inyección electrónica diésel se realiza mediante la utilización de equipos electrónicos de alta precisión. Las elevadas presiones en el sistema dificultan realizar un análisis del funcionamiento sin la utilización de

dispositivos apropiados que nos faciliten la lectura de los parámetros de funcionamiento del sistema Common Rail. (Mancera, 2018)

1.3 Situación actual

En la actualidad el parque automotor ha crecido, principalmente los automotores que utilizan motores a Diesel con sistemas de inyección Common Rail. Mediante éste sistema se mejora el rendimiento del motor logrando reducir la contaminación al ambiente por el proceso de combustión que se genera dentro de la cámara (BOSCH R. , 2015).

La importancia de realizar el mantenimiento preventivo en cualquier sistema automotriz hace que pueda alargarse la vida útil de cada uno de los componentes. El sistema Common Rail es el principal componente el cual presenta anomalías de funcionamiento, es así que se diagnóstica de diferentes maneras pudiendo identificar como el valor de presión del combustible como el mas importante a revisar (Augeri, 2013).

1.4 Prospectiva

La presión del combustible en el sistema diesel es la principal característica para lograr un excelente funcionamiento de todo el sistema. El procedimiento para identificar la presión pueden ser diversas, existen equipos que facilitan la medición con lo cual el técnico puede dar un diagnóstico del funcionamiento del sistema.

1.5 Planteamiento del problema

En la actualidad se han creado diferentes equipos que ayudan en el diagnóstico de los sistemas de inyección de combustibles, disminuyendo costos y tiempo en el trabajo, generalmente, se centran en las mediciones de presiones de funcionamiento del circuito de combustible, de tal forma que se logre una solución o corrección a algún problema que se encuentre presente en los componentes, como pueden ser los inyectores, bomba de presión, sensores.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Diagnosticar en motores diésel electrónicos (CRDi) el funcionamiento de las presiones de trabajo en el riel común mediante equipos de diagnóstico automotriz.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Investigar bibliográficamente acerca del funcionamiento y presiones de trabajo del sistema de inyección diésel CRDi
2. Diagnosticar inyectores CRDi por medio de pulsos.
3. Medir presiones del riel a diferente régimen del motor.
4. Implementar equipos de medición para sistemas CRDi.

1.7 Alcance

En éste trabajo de titulación se pretende analizar la presión del combustible Diesel en el riel común del sistema de inyección Common Rail o CRDi, lo cual es necesario para realizar un diagnóstico adecuado del estado de funcionamiento de los componentes.

Para el desarrollo de ésta propuesta de investigación, se realiza mediciones en dos motores Diesel de marcas diferentes, mediante la utilización de equipos electrónicos de medición de elevadas presiones. Además, se pretende realizar análisis mediante un boroscopio y un estetoscopio a algunos componentes del motor para verificar su correcto funcionamiento.

1.8 Justificación

Para el excelente funcionamiento de un motor Diésel es necesario realizar mantenimientos preventivos y correctivos de todos sus componentes y así alargar la vida útil del mismo. Entre los componentes más importantes que contribuyen al buen funcionamiento de motor es el sistema CRDi, el cual aporta con combustible a la cámara de combustión a elevadas presiones de funcionamiento. El diagnóstico de las presiones de trabajo en el riel común mediante equipos especializados ayuda a disminuir tiempo y costos en el mantenimiento. La importancia de la identificación de los parámetros de funcionamiento permiten que el técnico pueda desempeñar de mejor forma su trabajo, ya que, el diagnóstico genera los valores con los cuales se puede definir si el sistema está trabajando de forma normal o se encuentra en mal funcionamiento.

El presente proyecto pretende realizar mediciones de la presión en el riel común de los sistemas CRDi con la utilización de diferentes equipos para disminuir los tiempos de reparaciones o mantenimientos que se generan en los inyectores diésel, de igual forma contribuir a las personas especializadas en el área automotriz pudiendo brindarles conocimientos y guías simples y eficaces al momento de diagnosticar los sistemas de

inyección diésel. Existen equipos de diagnóstico de elevado costo que generan la información de trabajo del sistema CRDi, pero el manejo de quipos más asequibles económicamente hace que el costo de los mantenimientos disminuya.

Además, el mantenimiento preventivo y correctivo mediante boroscopio y estetoscopio automotriz facilita el diagnóstico de algunos componentes del motor de difícil acceso o de complicada visibilidad, logrando así, generar nuevas técnicas de mantenimiento en el taller automotriz.

1.9 Contexto

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

Éste trabajo describe el análisis de fallas del sistema de alimentación de combustible, se fundamenta en el estudio de curvas generadas en el osciloscopio al momento de funcionamiento normal del motor y generando fallas controladas que sean características producidas por sensores y actuadores del sistema.

Diseño e implementación de instrumental para un procedimiento de diagnóstico y reparación en Taller de Sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA (Casanova, 2014).

La investigación de Casanova (2014) representa el análisis de la presión del sistema de inyección de combustible Diesel generado desde la bomba de alta presión. Mediante la utilización de un equipo especializado que permite analizar el sistema CRDi se logra la reducción de tiempo en reparaciones o diagnóstico de fallos presentes en el sistema de inyección Diesel.

Guía para el diagnóstico del sistema de inyección CRDi Bosch (Alarcón & Jaramillo, 2017).

La elaboración de una guía de diagnóstico genera una ventaja al momento de definir el tipo de fallo que puede tener el sistema de inyección de combustible. El manejo de una guía facilita la identificación de la presión de trabajo dependiendo del régimen de giro del motor Diesel lo manifiesta Alarcón y Jaramillo (2017) en su investigación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Motores Diésel

Los motores térmicos utilizan combustible diésel para que se realice el proceso de transformación de energía calorífica a energía mecánica. Existe diferencias con el motor a gasolina, como la forma de realizar la alimentación y la combustión. Durante el ciclo de admisión el cilindro se llena solo de aire y a diferencia de los motores a gasolina la compresión es mayor, la compresión eleva la temperatura del aire lo suficiente para encender el combustible introducido en la cámara por medio de un inyector (CEAC, 2003). La relación de compresión en motores Diésel es elevada entre 16:1 y 23:1, se generan presiones dentro de la cámara de combustión alrededor de 30 y 55 bar; ésta presión ayuda al aumento de la temperatura del aire hasta llegar a una temperatura de 700° y 900°. La elevación de temperatura es para generar la combustión del combustible y el aire, sin la presencia de una chispa como lo es en motores que funcionan a gasolina (CEAC, 2003).

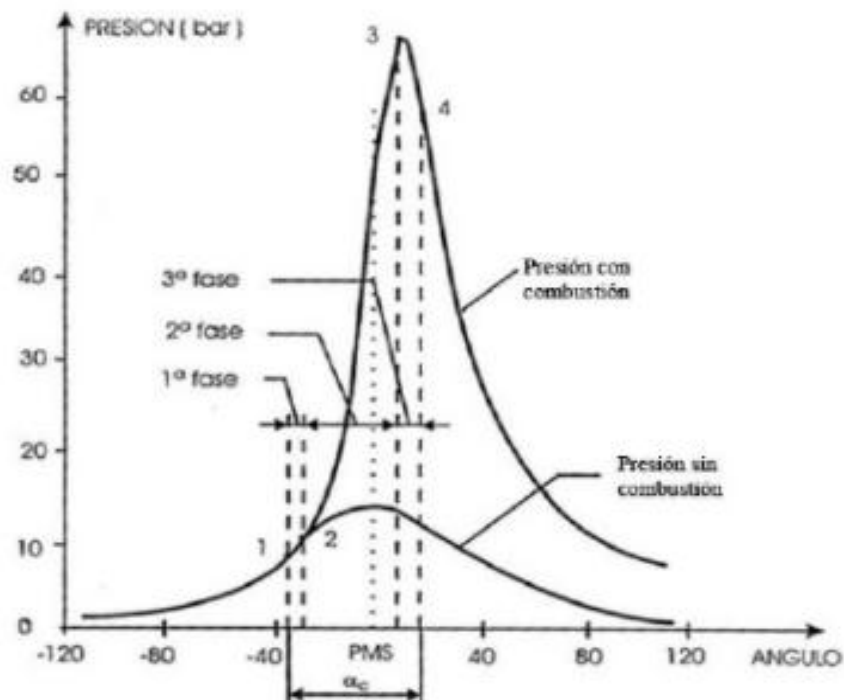


Figura 1. Diagrama de presiones en la combustión
Fuente: (CEAC, 2003)

La figura 1 indica las presiones existentes durante el ciclo de combustión, al iniciar el proceso de compresión se crea un espacio entre los puntos 1-2 lo cual se refiere al tiempo de retardo, a partir del punto 2 se producen tres etapas de combustión llegando en su última etapa a la presión máxima.

La tecnología ha generado que los sistemas de inyección de combustible se vayan mejorando, en la actualidad los motores Diésel presentan sistemas electrónicos para comandar la entrega de combustible hacia la cámara de combustión, obteniendo así un mejor rendimiento del motor y disminución en los gases contaminantes en el ambiente (Alonso, 2009).

2.2 Motores Common Rail

La tecnología Common Rail (Riel Común) fue creada para mejorar el proceso de pulverización del combustible ya que es uno de las etapas de la combustión, pudiendo así, reducir un 25 a 35% en comparación con el motor diésel que trabaja con inyección mecánica. Además, disminuye el ruido que se produce al momento del proceso de la combustión logrando obtener mejor temporización que los otros motores (Castro J. , 2015). Uno de los sistemas de inyección más perfeccionados es el sistema de inyección por acumulador o conocido como Common Rail. La mayor ventaja de éste sistema, es la gran posibilidad de variación de la presión de trabajo de la inyección de combustible y los tiempos de inyección. Los dos parámetros anteriormente mencionados se consiguen mediante la separación de la generación de presión a cargo de la bomba de alta presión y la inyección producida por los inyectores(BOSCH, 2005).

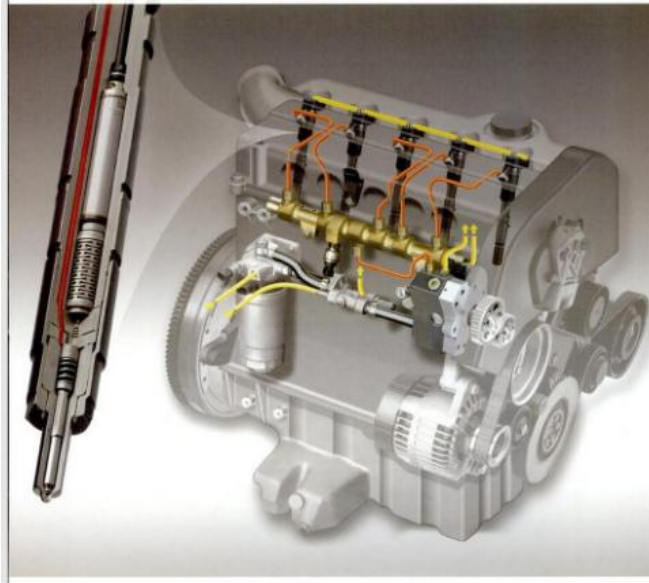


Figura 2. Motor con sistema de inyección Common Rail
Fuente: (BOSCH, 2005)

La aplicación de motores que vienen incorporados el sistema de inyección por acumulador se utiliza en diferentes vehículos como indica BOSCH (2005):

- Vehículos turismo: desde motores pequeños y económicos que van desde tres cilindros con cilindrada de 0.8 litros con 41 CV de potencia y 100 Nm de par motor, además, un consumo de combustible de 3.5 litros por cada 100 km recorridos, hasta los motores de ocho cilindros con aproximadamente 4 litros de cilindrada con 245 CV de potencia y 560 Nm de par motor.
- Vehículos industriales ligeros: en aquellos automotores con potencias de 40.2 CV por cilindro.
- Vehículos industriales pesados, inclusive locomotoras y grandes navíos con potencias generadas de hasta 268.2 CV aproximadamente(BOSCH, 2005).

El sistema de inyección diésel ofrece una elevada flexibilidad en lo que se refiere a la adaptación de la inyección en el motor y esto lo consigue mediante las siguientes características (BOSCH, 2005):

- Presión elevada de inyección alrededor de los 1600 bares hasta los 1800 bares.
- Inyección de presión adaptativa a las condiciones de funcionamiento del motor, la presión puede variar de 200 a 1800 bares.
- Inicio variable de la inyección.

- Alta posibilidad de realizar algunas inyecciones previas y posteriores.

De tal forma las características de funcionamiento del sistema Common Rail contribuye a un mejoramiento de la potencia del motor logrando reducción del consumo de combustible, ruidos y emisiones contaminantes.(BOSCH, 2005)

2.3 Elementos del sistema Common Rail

Los componentes mecánicos de éste sistema, se caracterizan por tener una gran robustez y exactitud, todas las características anteriormente mencionadas son necesarias ya que el sistema maneja una elevada presión de funcionamiento, además, requiere de una gran exactitud de funcionamiento de todos los componentes en movimiento para que sea totalmente eficiente, y que pueda cumplir los requerimientos por los que fue diseñado.

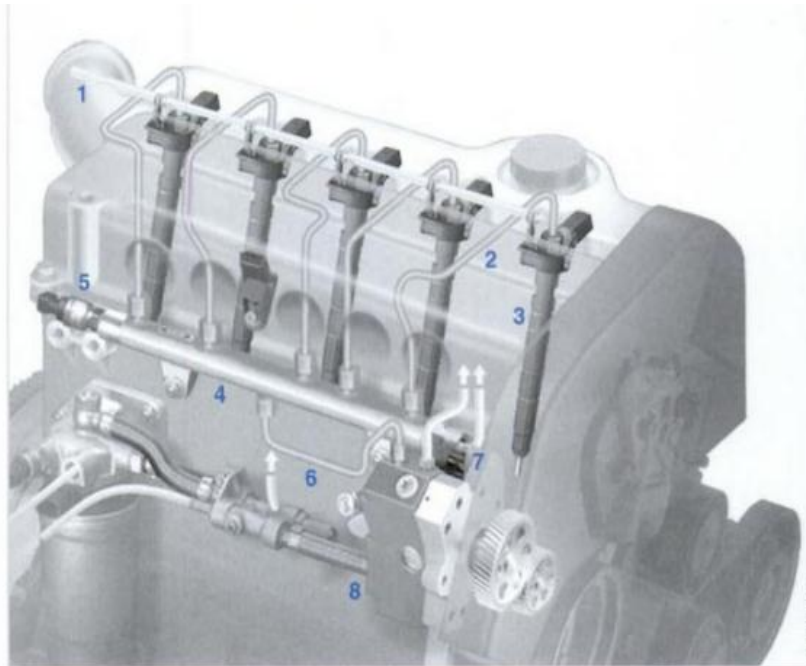


Figura 3. Componentes del sistema Common Rail

Fuente: (BOSCH, 2005)

La figura 3 indica los componentes del sistema CRDi, a continuación se enumera a cada uno de ellos: 1 Tubería de retorno de combustible procedente de los inyectores, 2 Tubería de combustible de alta presión que conecta entre el inyector y el riel, 3 Inyector, 4 Conducto común, 5 Sensor de presión del conducto común o riel, 6 Tubería de combustible

de alta presión que conecta entre la bomba de alta presión y el riel, 7 Retorno de combustible procedente de la bomba de alta presión, 8 Bomba de alta presión.

Cada uno de los componentes tiene su función dentro del desarrollo de la inyección, todos contribuyen a que el funcionamiento del motor sea el más idóneo teniendo como resultado la disminución de emisiones contaminantes y un mejor rendimiento del motor (BOSCH R. , 2015). La funcionalidad del sistema suma algunos componentes.

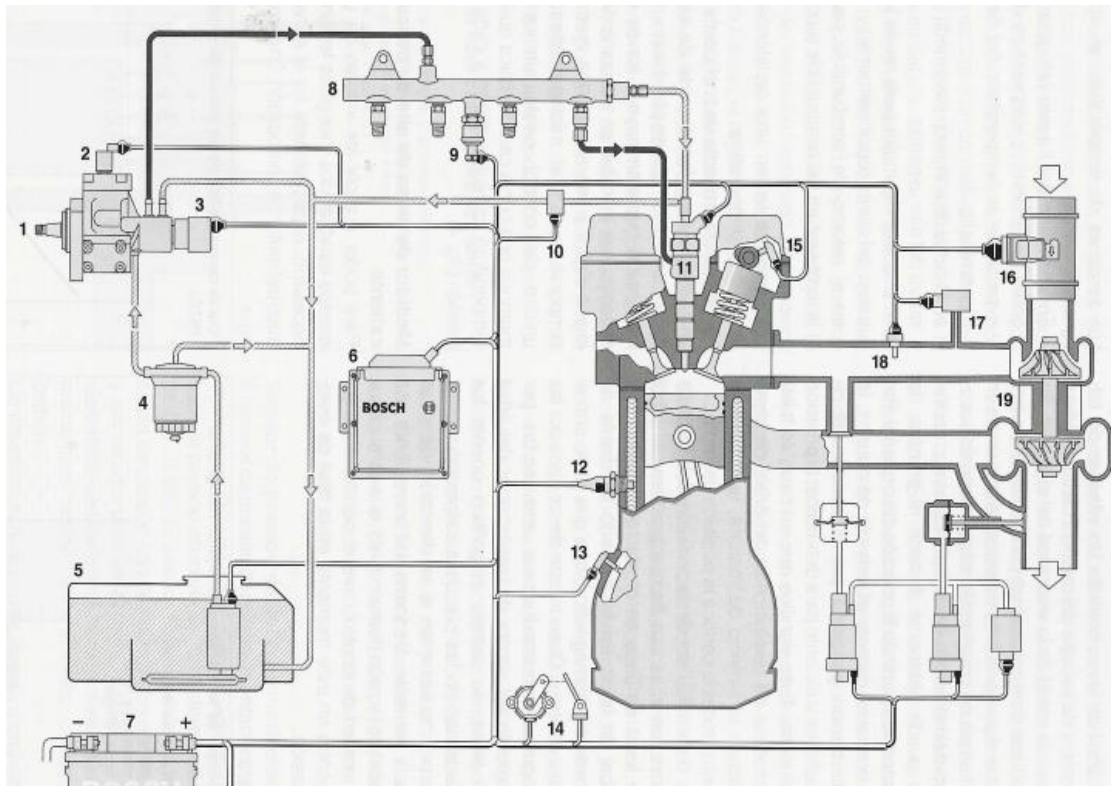


Figura 4. Sensores y componentes del sistema de inyección.

Fuente: (BOSCH, 2005)

La figura 4 indica los sensores, actuadores y componentes que se encuentran en un sistema de inyección Common Rail: 1 Bomba de alta presión, 2 Válvula de desconexión del elemento, 3 Válvula reguladora de presión, 4 Filtro de combustible, 5 Depósito de combustible con filtro previo y bomba previa, 6 Unidad de control, 7 Batería, 8 Acumulador de alta presión (Rail), 9 Sensor de presión de Rail, 10 Sensor de temperatura de combustible, 11 Inyector, 12 Sensor de temperatura del líquido refrigerante, 13 Sensor de revoluciones del cigüeñal, 14 sensor del pedal del acelerador, 15 Sensor de revoluciones

del árbol de levas, 16 Medidor de masa de aire, 17 sensor de presión de sobrealimentación, 18 Sensor de temperatura del aire aspirado, 19 Turbocompresor.

2.4 Sensores

Un sensor es aquel que puede transformar diferentes magnitudes físicas en señales eléctricas y puedan ser enviadas a una unidad de control electrónico. De ésta forma se puede tener una lectura de los parámetros de funcionamiento del sistema de inyección diésel (Barros & Pulla, 2016).

2.5 Sensor de posición del cigüeñal (CKP).

Es el encargado de reconocer la posición del cigüeñal, informa a la computadora el giro del cigüeñal y así definir la estrategia para la inyección de combustible y su posterior funcionamiento adecuado del motor(Heredia, 2008).



Figura 5. Sensor de posición del cigüeñal

Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

El sensor CKP se encuentra posicionado a la altura del cigüeñal para poder detectar la posición del mismo, de tal forma puede identificar la posición exacta del cilindro número 1. La figura 5 indica un sensor de posición del cigüeñal ubicado en la parte posterior del motor.

2.6 Sensor de posición del pedal del acelerador (APS).

Se encarga de transformar la posición del pedal en señal eléctrica para posteriormente ser enviada a la ECU para interpretar la carga que el conductor está imponiendo al momento de pisar el pedal (Barros & Pulla, 2016).



Figura 6. Sensor pedal del acelerador
Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

La figura 6 indica la forma física del sensor de pedal del acelerador. Hay que tomar en cuenta que un mal funcionamiento de éste sistema genera una reducción de potencia de aproximadamente el 50% comenta Barros y Pulla (2016).

2.7 Sensor de temperatura de refrigerante (ECT).

Se ubica en el circuito de refrigeración, el cual se encarga de monitorear la temperatura del líquido refrigerante del motor. En la composición interna del sensor se encuentra un resistor que depende de la temperatura con un coeficiente de temperatura negativo (NTC), la caída de voltaje en el resistor es enviado a la computadora y mediante un convertidor análogo-digital el computador puede interpretar la temperatura registrada en el motor (Coral, 2013).

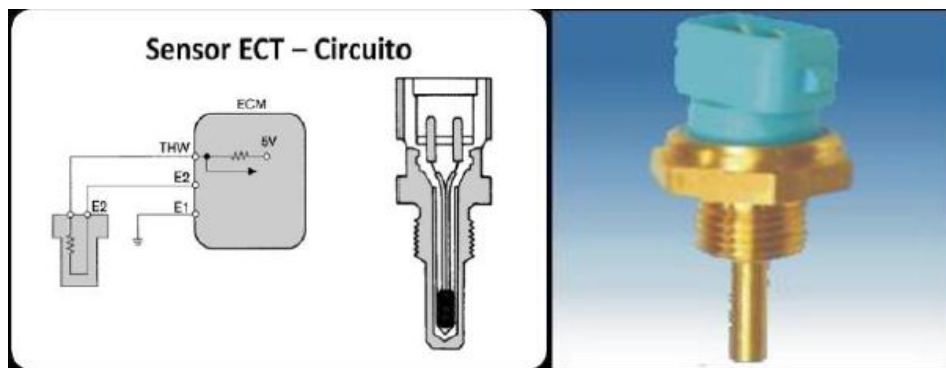


Figura 7. Sensor temperatura refrigerante
Fuente: (Coral, 2013).

La figura 7 indica el sensor ECT y su conexión eléctrica con la cual envía la información necesaria a la unidad central o ECU. La conexión consta de tres cables: el primer cable es la alimentación del sensor que generalmente es 5 voltios; el segundo cable es la conexión del voltaje negativo, que en algunos modelos no se encuentra presente éste cable, la conexión a tierra se da por el contacto de la parte metálica entre el sensor y el motor; y un tercer cable es el encargado de enviar la señal de trabajo del sensor hacia el computador (CEAC, 2003).

2.8 Sensor de temperatura del combustible (FTS).

Se encuentra ubicado en la línea de alimentación de combustible, bastante cercano al motor. La información generada por éste sensor es utilizada por la computadora para modificar o ajustar la cantidad de inyección de combustible, además, puede controlar el trabajo de la válvula de control de presión del riel (Coral, 2013). La figura indica el aspecto exterior como interior de un sensor FTS



Figura 8. Sensor temperatura de combustible
Fuente: (Coral, 2013)

La conexión eléctrica del sensor se realiza por medio de dos cables; el primer cable es una conexión a tierra entre el computador y el sensor; el segundo cable es el encargado de llevar la información de la variación de la resistencia del sensor hacia la ECU. En algunos casos la conexión negativa se realiza entre la parte metálica del motor y la del sensor (Coral C. , 2013).

2.9 Sensor de la masa del aire (MAF).

Se encuentra ubicado en el ducto de ingreso de aire al motor. Su función es medir la temperatura y presión del aire, con ésta información la computadora influye directamente en el comportamiento del sistema de inyección de combustible logrando variar notablemente la entrega del carburante (BOSCH R. , 2015).

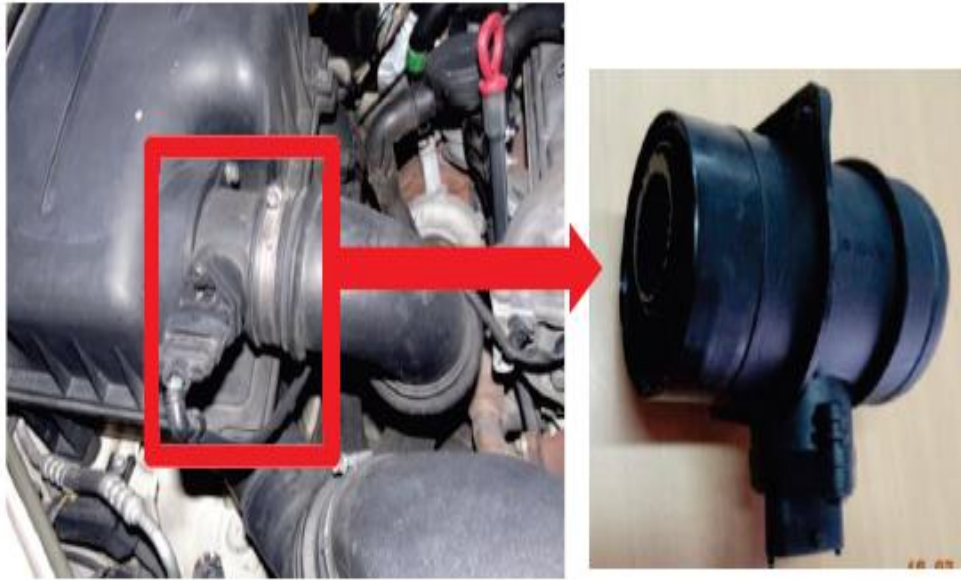


Figura 9. Sensor flujo de aire

Fuente: (Castro & Salazar, 2015)

La figura 9 indica la ubicación del sensor MAF en el motor, cabe recalcar que en la mayoría de modelos de vehículos el sensor de flujo de aire incorpora el sensor de temperatura de aire (Castro & Salazar, 2015).

2.10 Sensor de presión en el Riel.

Este sensor se encuentra instalado en el riel y su función es medir la presión generada en el conducto común. Se los conoce con dos nombres; el primero es sensor de control de la presión de inyección ICP, el nombre más común es sensor de presión en el riel FRP por sus siglas en inglés Fuel Rail Pressure Sensor.

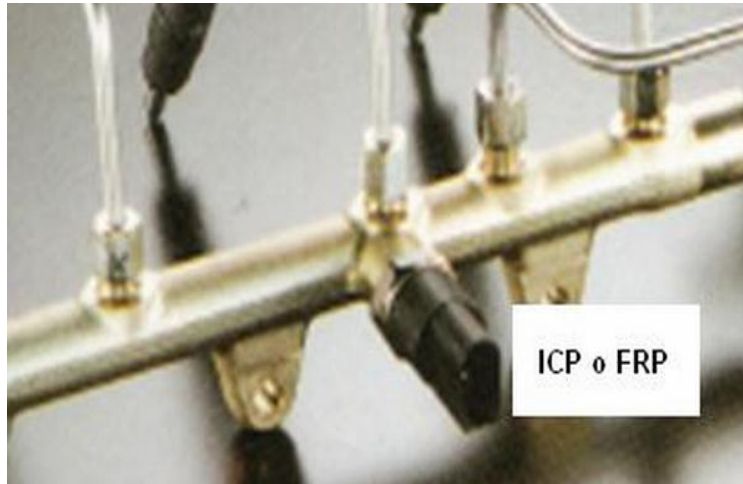


Figura 10. Sensor de presión en el riel

Fuente: (Augeri, CISE Sistema Common Rail Presión en el Riel, 2013)

La figura 10 indica al sensor FRP ubicado sobre el riel de alta presión. Éste sensor tiene una conexión eléctrica de tres cables con los cuales funciona. Los tres cables son:

- Cable 1: Positivo de alimentación de 5 voltios
- Cable 2: Señal al ECU
- Cable 3: Masa de sensores

La figura 11 indica la conexión eléctrica del sensor. Uno de los tres cables lleva la información necesaria para que el computador identifique la presión existente en el riel. Varios equipos de diagnóstico utilizan la información del cable de señal para definir la presión del sistema de inyección de combustible (Augeri, CISE Sistema Common Rail Presión en el Riel, 2013).

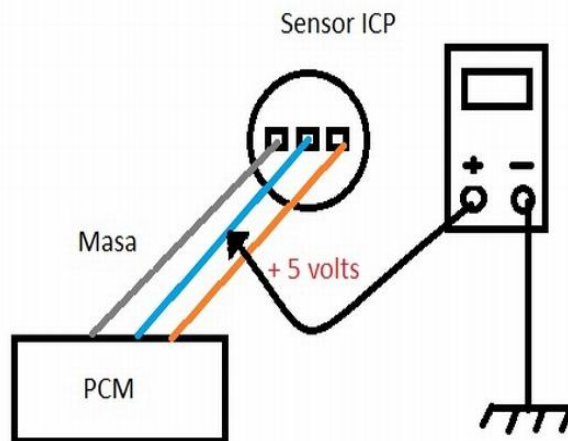


Figura 11. Conexión sensor ICP

Fuente: (Augeri, CISE Sistema Common Rail Presión en el Riel, 2013)

La información que genera el sensor ICP en el sistema de inyección diésel es muy importante, ya que la ECU siempre está utilizando la información de la presión de combustible para generar estrategias de funcionamiento que sean correctas. En la figura 12 se observa la variación de voltaje en función de la presión de trabajo. La línea horizontal representa la presión de combustible, la línea vertical representa la tensión de salida o la señal eléctrica de trabajo del sensor. La línea horizontal de color azul indica el trabajo corrector de la presión de combustible. Las líneas horizontales de color azul indican la presión mínima y máxima del sistema, y las líneas horizontales de color rojo indica cuando un sensor puede estar defectuoso.

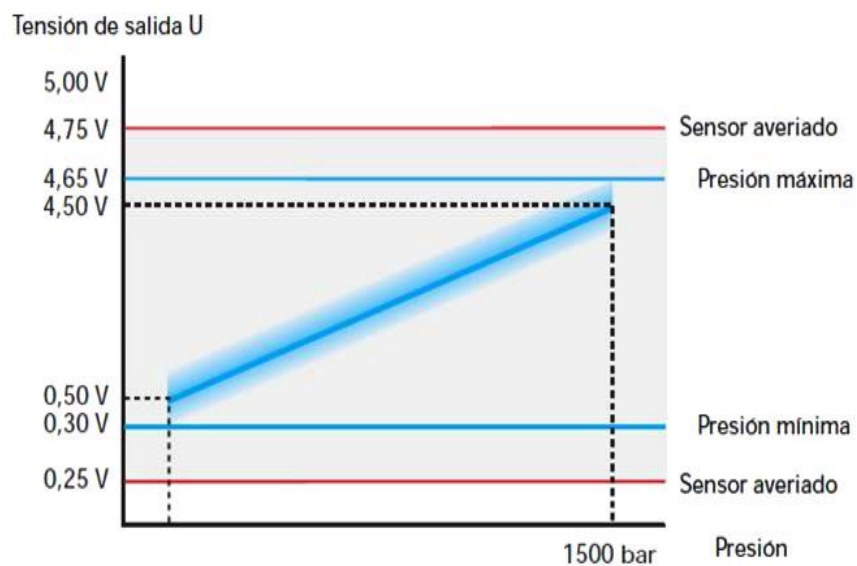


Figura 12. Curva de presión sensor FRP Bosch
Fuente: (Barquero, 2012)

2.11 Actuadores

La función de un actuador es la de transformar las señales eléctricas de salida de la ECM en magnitudes mecánicas, logrando proporcionar y sincronizar la cantidad óptima de combustible mediante el sistema de inyección, tomando en cuenta las señales recibidas desde la unidad de control (Barros & Pulla, 2016).

2.12 Válvula reguladora de presión de combustible (PRV).

Es la encargada de controlar la presión en el riel, maneja la regulación de la cantidad de combustible para el óptimo funcionamiento del sistema Common Rail. Hay que tomar en cuenta que la bomba de alta presión solo se encarga de comprimir la cantidad que necesita el sistema para su funcionamiento, pero no tiene un control exacto a las muchas exigencias que el motor presenta al momento de dosificar el combustible hacia los inyectores. La figura 13 indica la ubicación de la válvula (Barros & Pulla, 2016).



Figura 13. Válvula reguladora de presión
Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

2.13 Válvula de recirculación de gases de escape.

Permite que una cierta cantidad de gases de escape puedan recircular desde el múltiple de escape hacia el múltiple de admisión, de ésta forma se puede reducir las emisiones de gases contaminantes al ambiente, principalmente CO y también ayuda a disminuir el cascabeleo del motor (Zamora, 2012).

La válvula se compone de cuatro bobinas que están conectadas a 12 voltios normalmente de contacto de batería, mientras que la ECU es la encargada de cerrar a masa los negativos de cada bobina, pero de manera secuencial. Así logra funcionar permitiendo el paso de gases según lo decida la computadora (Quimis, Erazo, & Mena, 2013).



*Figura 14. Válvula de recirculación de gases de escape
Fuente: (Zamora, 2012)*

La figura 14 indica la ubicación de la válvula, la cual se encuentra sobre el múltiple de escape o un ducto que conecta hacia el colector de admisión.

2.14 Inyectores

Los inyectores realizan la pulverización del combustible y direccionan el chorro de tal modo que sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión del motor Diésel (Coral F. , 2013). Además, tienen una mayor complejidad de funcionamiento que los inyectores de motores a gasolina.

Según Coral (2013) señala que un inyector es capaz de trabajar a elevadas presiones de 1700 bares logrando aperturas o entregas de combustible de alrededor de 2000 bares/minuto, todo esto dentro de una temperatura de funcionamiento de 500 y 600°C.

Los sistemas de inyección electrónica diésel ocupan inyectores electro-mecánicos. A diferencia de inyectores antiguos, se incorpora un solenoide para manejar la apertura para la entrega del combustible, para esto la computadora valida la información recibida de los sensores y así tomar una decisión sobre el trabajo adecuado del inyector a través del solenoide.

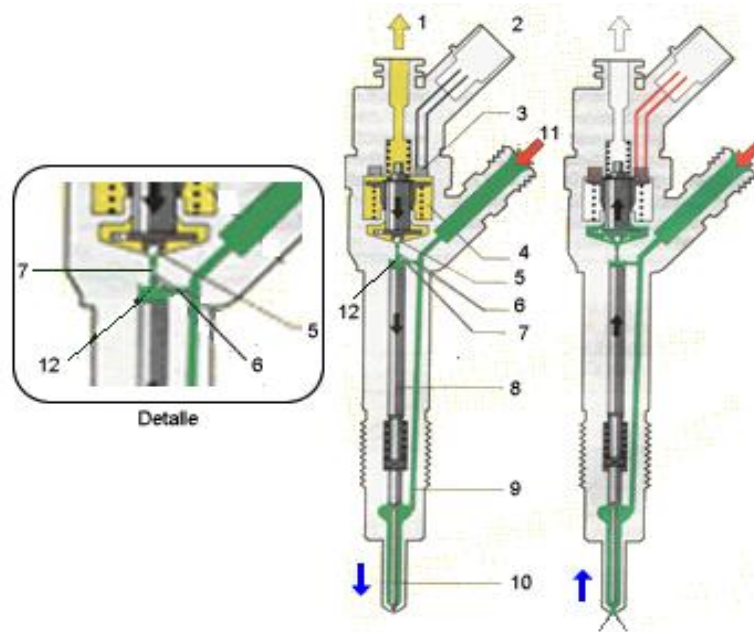


Figura 15. Partes inyector diésel
Fuente: (Coral F. , 2013)

La figura 15 indica las partes del inyector: 1 Retorno de combustible al depósito, 2 Conexión eléctrica, 3 Electro-válvula, 4 Muelle, 5 Bola de válvula, 6 Estrangulador de entrada, 7 Estrangulador de salida, 8 Émbolo de control de válvula, 9 Canal de afluencia, 10 Aguja del inyector, 11 Entrada de combustible a presión, 12 Cámara de control.

2.15 Circuito de baja presión

El circuito de baja presión es el encargado de transportar el combustible desde el tanque o depósito de combustible hasta la bomba de alta presión.

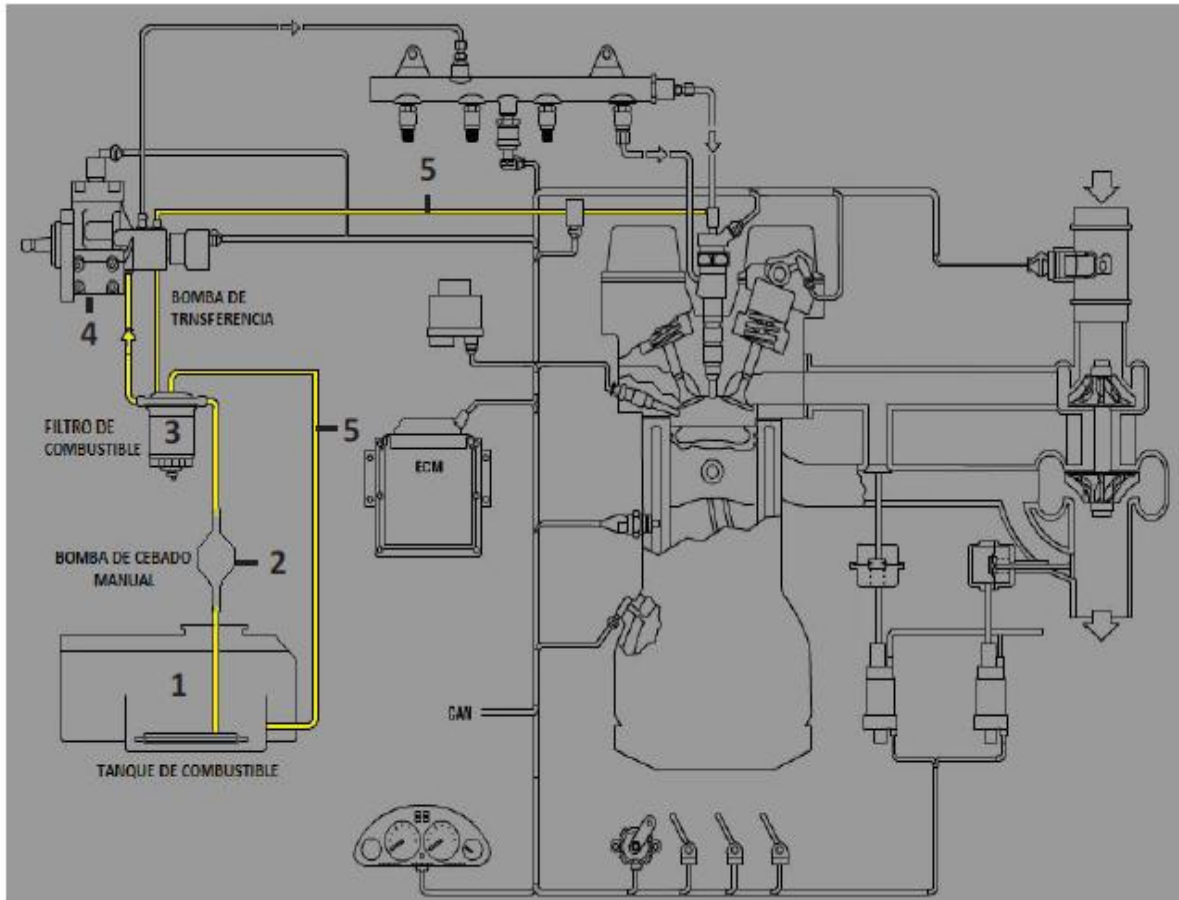


Figura 16. Circuito de baja presión
Fuente: (Castro & Salazar, 2015)

La figura 16 indica los componentes principales del sistema de inyección diésel de baja presión. Se denomina baja presión porque no existen presiones mayores a 5 bares. Posteriormente, se describe los componentes: 1 Tanque de combustible, 2 Bomba de cebado manual, 3 Filtro de combustible, 4 Bomba de transferencia, 5 Mangueras de baja presión.

2.16 Circuito de alta presión

La bomba de alta presión es la encargada de generar la presión necesaria para el funcionamiento adecuado del sistema, se maneja alrededor de 1700 bares. El diagnóstico del circuito de alta presión se realiza con equipos especiales y generalmente equipos electrónicos, ya que la presión generada es de difícil manejo con equipos normales de diagnóstico (Castro & Salazar, 2015).

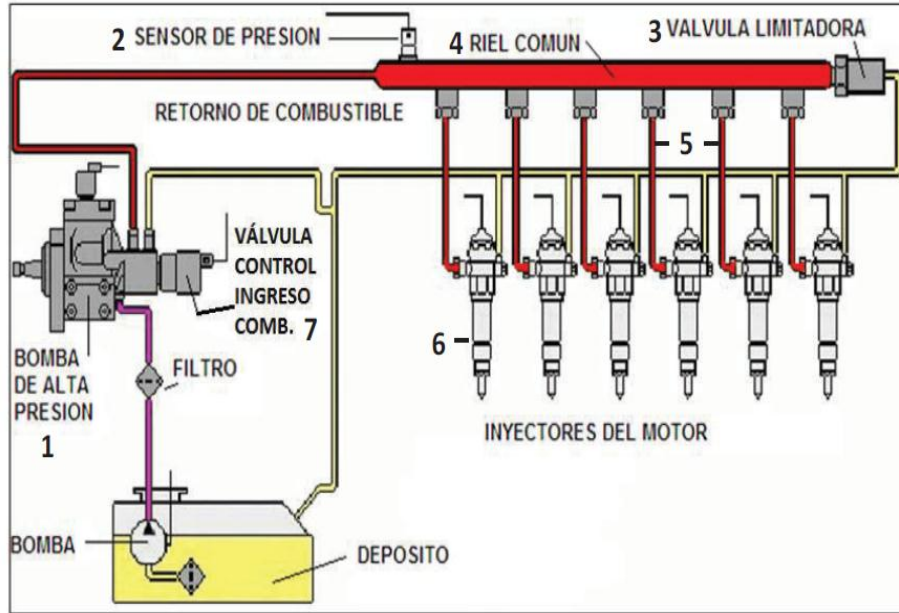


Figura 17. Circuito de alta presión de combustible.

Fuente: (Castro & Salazar, 2015)

La figura 18 indica algunos de los componentes que se encuentran presentes en el circuito de alta presión: 1 Bomba de alta presión, la cual puede venir de dos tipos, con sistema de alta presión y la otra con el sistema de transferencia y alta presión; 2 Sensor de presión de riel, 3 Válvula limitadora de presión, 4 Riel común, 5 Cañerías de alta presión, 6 Inyector, Válvula de control de ingreso de combustible.

2.17 Diagnóstico automotriz

El diagnóstico automotriz es el procedimiento con el cual se realiza un análisis sobre el funcionamiento de los componentes o sistemas de un automotor, puede usarse muchos instrumentos al momento de realizar un diagnóstico, pero todo depende del componente o sistema que se desee analizar (Mera, 2016).

2.18 Equipos de diagnóstico automotriz

En la actualidad existen varios equipos de diagnóstico, éstos se clasifican por su utilidad o sistema al cual van a verificar. Dentro de los sistemas de inyección electrónica diésel el diagnóstico se realiza con equipos electrónicos para facilitar la manipulación de la elevada presión de funcionamiento del sistema (Mera, 2016).

2.19 Probador digital de alta presión Common Rail CRD700

CRD700 está especialmente diseñado para el diagnóstico rápido y preciso de fallas en los sistemas de riel común. Representa la tecnología de vanguardia para medir la presión en los sistemas electrónicos diésel(FOXWELL, 2013).Partes del equipo:



Figura 18. Probador digital CRD700
Fuente: (FOXWELL, 2013)

- A) Pantalla LCD: muestra menús, resultados de pruebas y consejos de operación.
- B) Tecla Atrás: cancela una acción y regresa a la pantalla o nivel anterior.
- C) Clave de impresión: se usa para enviar el resultado de la prueba a la impresora si es necesario. Con el módulo de impresión inalámbrica, el usuario puede imprimir los datos de prueba sin la acción de conectarlo a una impresora.
- D) Tecla OK: confirma una acción o movimiento y pasa al siguiente nivel, y guarda datos de prueba.
- E) Clave de receptor inalámbrico: se usa para enviar datos a una PC usando el receptor inalámbrico Foxwell.

- F) Tecla de desplazamiento izquierda / derecha: Comprueba la presión máxima y la presión real cuando se utiliza la prueba de presión dinámica.
- G) Tecla Arriba / Abajo: mueve la selección hacia arriba / abajo al realizar la prueba.
- H) Tecla de cambio: enciende / apaga el probador de presión.
- I) Llave del motor: para arrancar rápidamente el motor cuando los usuarios operan la prueba máxima de alta presión.
- J) Cable de alimentación: crea la conexión con la batería del vehículo.
- K) Puerto para sensor: proporciona una conexión entre el probador de presión y el sensor.

CRD700 es una herramienta indispensable, especialmente diseñada para diagnosticar la condición de la bomba de alta presión y detectar las fallas en los sistemas Common rail, y este probador de presión le permite medir la presión en el raíl común de hasta 2000 bar (29000 psi) (FOXWELL, 2013).



Figura 19. Equipo CRD700
Fuente: (FOXWELL, 2013)

La figura 20 indica el equipo de diagnóstico CRD700. Algunas de las características de esta herramienta son:

- Se activa una autoprueba de inicio en el probador.
- Realiza una prueba de presión dinámica y una prueba de presión máxima.
- Módulo bluetooth integrado único, envía datos a la computadora para verificar e imprimir.
- Verifica continuamente el estado de la batería.
- Pantalla LCD gráfica retroiluminada de 64 * 128 píxeles que ofrece toda la información necesaria.

2.20 Probador y simulador de presión Common Rail GT-508

GT - 508 es un simulador y probador de presión de combustible portátil. El técnico automotriz puede usarlo para medir rápidamente la presión del conducto común del combustible de alta presión del automóvil. Se elimina el trabajo tedioso de la eliminación de la vía de combustible debido al uso de un manómetro mecánico. Mientras tanto, las materias extrañas no se pueden alimentar en la tubería de combustible debido al montaje o desmontaje de la tubería de presión. Los inyectores de combustible y el tubo de inyección de combustible no pueden dañarse, causando fugas de combustible y otros efectos. Además, el probador GT - 508 también se puede usar para simular la presión del combustible a alta presión, y los técnicos pueden estimular cómodamente los problemas de búsqueda en el modo de combustible. Funciones que puede realizar el equipo de diagnóstico:

- Medición del sensor de presión Common Rail de Bosch.
- Medición del sensor de presión Common Rail de Denso.
- Medición del sensor de presión Common Rail de Delphi.
- Estimular el sensor de presión Common Rail de Bosch.
- Estimulación del sensor de presión Common Rail de Denso.
- Estimulación del sensor de presión Common Rail de Delphi.

GT - 508 es compatible con todos los sensores de presión common rail, incluidos Bosch, Denso y Delphi; el rango de medición incluye 0MPa a 200MPa. La precisión es de hasta 0.1MPa. El modo de medición adaptable se selecciona automáticamente y el usuario no necesita definir el tipo de sistema, el producto puede reconocer automáticamente el tipo de sensores conectados para una medición rápida. El equipo de diagnóstico CR508 puede

probar sistemas diésel de la marca Hyundai, KIA, Hino, Isuzu, Yanmar, Cummings, Mann, Scania, Volvo, Renault, Yi Weike, Weichai, Yuchai, DEUTZ, Detroit, Perkins, Deere John Deal, Mercedes Benz BMW, Audi, Volkswagen, Toyota, Peugeot, Citroen, Nissan, Renault, Opeldiésel, motor con maquinaria de ingeniería y vehículos (Automotive, 2015). Algunos de los componentes de indican en la figura 20:



Figura 20. Componentes del Equipo GT - 508
Fuente: (Automotive, 2015)

La figura 20 indica las siguientes partes:

1. Pantalla LCD.
2. Interruptor de selección de medición y simulación.
3. Luz indicadora LED.
4. Conductor de presión de riel común.
5. Regulador de simulación de presión del carril.

La figura 21 indica el resto de los componentes con los cuales el equipo GT - 508 puede realizar la lectura de presión del sistema Common rail.

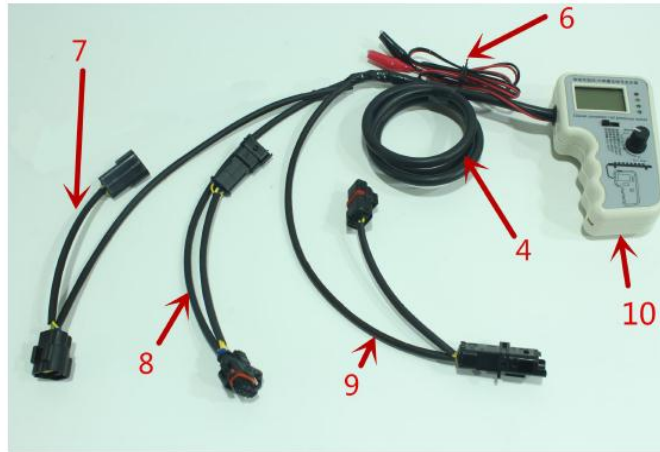


Figura 21. Cables de conexión del equipo GT - 508
Fuente: (Automotive, 2015)

Componentes del equipo GT – 508:

- 6. Cable de alimentación.
- 7. Junta de presión Common Rail de Denso.
- 8. Junta de presión Common Rail de Bosch.
- 9. Junta de presión Common Rail de Delphi.
- 10. Equipo electrónico.

En la pantalla indica tres parámetros como presión, unidades de presión y tipo de sensor como se observa en la figura 22.

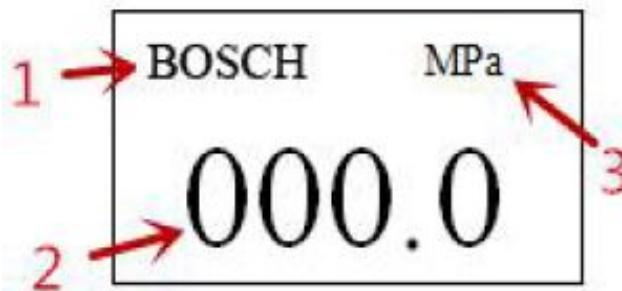


Figura 22. Pantalla LCD
Fuente: (Automotive, 2015)

La figura 22 indica los siguientes parámetros:

1. Los tipos de sensores medidos incluyen: BOSCH, DENSO y Delphi
2. Resultado de la medición
3. Unidad de medida

El equipo GT - 508 mejora la eficiencia del diagnóstico automotriz. De acuerdo con los datos que se pueden obtener del funcionamiento del sistema de inyección de combustible, se puede detectar fácilmente el problema al arrancar el motor. El instrumento de medición contiene datos de funcionamiento del riel estándar y detalles de las fallas, sirve como una guía rápida para el diagnóstico de fallas en el sistema Common Rail.

2.21 Simulador de pulsos para inyectores CRI 200

Los inyectores del sistema Common Rail pueden ser de tipo electromagnético o piezoeléctrico. Los inyectores piezoeléctricos son de mayor complejidad de análisis y diagnóstico al momento de definir alguna falla existente.

La función del probador CRI200 es simular los pulsos de trabajo que son enviados desde el computador del vehículo hacia los inyectores. Éste equipo puede trabajar con las siguientes marcas: Bosch, Denso, Delphi. Los parámetros de la señal pueden ser ejecutados por el técnico según el crea conveniente, también se puede agrupar información con el fin de facilitar el análisis de fallas en varias disposiciones de trabajo del inyector (Sirini, 2017).



Figura 23. Generar de pulsos CRI 200
Fuente: (Sirini, 2017)

La figura 23 indica el diseño de simulador utilizado para diferentes pruebas de diagnóstico de inyectores diésel.



Figura 24. Funcionalidad CRI 200 y probador de inyectores manual
Fuente: (DHgate, 2018)

La figura 24 indica dos equipos de diagnóstico de inyectores CRDi, el equipo del lado izquierdo es el generador de pulsos del inyector y el dispositivo del lado derecho es el generador de presión de combustible. Ambos equipos son necesarios para el diagnóstico de inyectores Diésel.

2.22 Estetoscopio electrónico

Es un equipo de diagnóstico que amplifica los ruidos de máquinas o elementos de máquinas. Un estetoscopio ofrece la posibilidad de detectar ruidos en cojinetes y bombas.

En el sector de la ingeniería mecánica y automotriz sirve para el mantenimiento preventivo. Se trata de diagnosticar posibles averías en máquinas o componentes antes que se produzca la avería (PCE, 2018). Algunas de las características del equipo DT0088 Channel Electronic Stethoscope Kit son las siguientes:

- El estetoscopio se debe usar para localizar e identificar el ruido del motor.
- Tiene un receptor de micrófono súper sensible
- Eje flexible no conductor
- Auriculares acolchados
- Detecta y aísla componentes ruidosos
- Permite el diagnóstico de la prueba de carretera
- Unidad selectora de sensor de 4 canales
- 4 sensores de captación: cables de 4,8 m de longitud



Figura 25. Estetoscopio de cuatro canales
Fuete: (PCE, 2018)

La figura 25 indica los componentes del equipo de diagnóstico DT0088 utiliza al identificar una falla en el motor o cualquier elemento mecánico que presente un ruido anormal al de su funcionamiento.

2.23 Boroscopio

Es un equipo de diagnóstico que se derivada del endoscopio de uso médico, tiene la función de generar una visión a través de cavidades de difícil inspección (Tonsom, 2014). Existen diferentes tipos de baroscopios, los de uso automotriz se caracterizan por ser bastantes pequeños, el elemento que contiene la cámara que ingresa a orificios o cavidades, generalmente está cubierta con protecciones para evitar golpes al lente de la cámara.



Figura 26. Boroscopio de uso automotriz
Fuente: (Tonsom, 2014)

La figura 26 indica un boroscopio de uso automotriz el cual se utiliza para la observación del interior del cilindro, de tal forma se puede sacar resultados óptimos sobre el estado interno del motor de combustión.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Diagnóstico mediante probador digital de alta presión Common Rail CRD700

El equipo CRD700 tiene los siguientes parámetros de funcionamiento, los cuales indican que el equipo puede realizar pruebas dentro del sistema Diésel.

Tabla 1. *Parámetros de funcionamiento equipo CRD700*

Descripción	Parámetro
Precisión de medición (%)	+/- 1
Temperatura (°C)	0 a 60
Humedad (%)	60
Rango de medición (bar)	0 – 2000
Límite de sobrepresión (bar)	3000

Fuente: (FOXWELL, 2013)

El equipo anteriormente mencionado se utiliza para la medición del circuito de alta presión del sistema del motor de marca Mazda modelo BT50, en la tabla 2 se describe algunas de las características técnicas del motor.

Tabla 2. *Características técnicas motor Mazda BT50*

Descripción	Parámetro
Sistema de alimentación	CRDi
Desplazamiento	2499 cc
No. de cilindros	4 en línea
No. de válvulas	16
Relación de compresión	18 : 1
Potencia máxima	143CV @ 3500 rpm
Torque máximo	330 Nm @ 1800 rpm

Fuente: (Mazda, 2017)

A continuación, se describe el procedimiento empleado para la obtención de los valores de trabajo del sistema Common rail:

1. Utilización de equipo de Protección Personal (EPP)
2. Identificar las cañerías de alta presión del sistema.

3. Desmontar las cañerías de alta presión (desde el rail al primer cilindro) como se indica en la figura 27, para realizar la prueba de presiones de combustible a diferentes regímenes del motor.



Figura 27. Desmontaje de cañería de alta presión del primer cilindro.

4. Instalación de los componentes del equipo de diagnóstico en la entrada de combustible al cilindro y la salida de combustible del rail, como se indica en la figura 27.



Figura 28. Instalación de equipos para el diagnóstico

5. Finalmente, el equipo se encuentra instalado para proceder a las mediciones respectivas como se observa en la figura 29.



Figura 29. Mediciones de presión con el equipo CRD700

3.2 Diagnóstico mediante probador y simulador de presión Common Rail GT-508

La lectura de la presión del combustible en el sistema Common Rail se realiza cumpliendo aspectos de seguridad, los cuales no generen problemas posteriores tanto a la persona que realiza la medición como a los componentes o elementos utilizados. La tabla 3 indica los parámetros de funcionamiento para el equipo GT - 508.

Tabla 3. Parámetros de funcionamiento equipo GT - 508

Descripción	Parámetro
Voltaje (V)	8 a 32
Corriente (mA)	<50
Temperatura (°C)	-20 a 70
Humedad (%)	60
Rango de medición (MPa)	0 - 200

Fuente: (Automotive, 2015)

La medición de la presión se realiza en el motor de la camioneta Chevrolet Dmax Diésel la cual viene con sistema CRDi. Algunos de los parámetros más importantes de la camioneta se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones técnicas D max 3.0

Descripción	Parámetro
Sistema de alimentación	CRDi
Código motor	4JJ1-TC STD
Desplazamiento	2999 cc
No de cilindros	4 en línea
No de válvulas	16
Relación de compresión	18.3 : 1
Potencia neta	134HP @ 3600 rpm
Torque neto	294Nm @ 1400 rpm

Fuente: (Chevrolet, 2017)

Normas de mantenimiento y seguridad recomendadas por Automotive (2015) para un buen funcionamiento del equipo de diagnóstico:

- Evite fuertes golpes en el equipo.
- Cuando utilice los productos de la serie CR508 para la prueba, debe manejarlo con cuidado y mantenerlos alejados de la fuente de calor y del campo electromagnético, a fin de evitar interferencias con la unidad principal. No coloque el equipo en un entorno de baja temperatura durante mucho tiempo.
- Cuando los componentes eléctricos están energizados, no puede desconectar el circuito para evitar la autoinducción, la inductancia mutua de los sensores y la ECU del automóvil pueden sufrir daños.
- No deje que la pantalla se vea afectada por contacto directo con rayos solares.
- La limpieza del equipo se debe realizar con un paño suave y un detergente neutro, en lugar de agua o solventes químicos.

Consideraciones que se toma en cuenta respecto al motor para un buen diagnóstico con el equipo GT – 508 (Automotive, 2015).

- El motor debe funcionar de acuerdo con las normas de seguridad que se presentan en el área de mantenimiento y reparación de automóviles. Deben prestarse atenciones especiales para evitar que el motor no se vea afectado o dañado debido a factores ambientales tales como el pH circundante, gases tóxicos, alta presión, objetos pesados.
- El líquido de la batería del vehículo contiene ácido sulfúrico, mientras que el ácido sulfúrico es corrosivo para la piel, por lo tanto, al momento de realizar la prueba

debe proteger su piel del contacto directo con el fluido de la batería. En particular, asegúrese de que no salpiquen en sus ojos.

- Las emisiones de escape del motor contienen una variedad de compuestos tóxicos, por lo que debe protegerse de inhalarlos. Durante la prueba, el vehículo debe ser estacionado en un lugar bien ventilado.
- La temperatura del motor en funcionamiento es alta, por lo que debe protegerse del contacto con componentes de alta temperatura como el radiador de agua y los tubos de escape.
- Antes de encender el motor, debe sostener el freno de mano y colocar la palanca de cambios en punto neutral (transmisión manual) o en posición de marcha P (transmisión automática) para evitar que el vehículo pueda movilizarse y provocar accidentes cuando encienda el motor.
- Si se va a realizar alguna prueba en el motor, primero debe calentarlo a una temperatura normal (la temperatura del agua es de aproximadamente 80 °C) y cerrar los aparatos eléctricos auxiliares (como aire acondicionado, iluminación, altavoces) (Automotive, 2015).

El diagnóstico tiene el siguiente procedimiento:

1. Asegurar que el motor se encuentre sin funcionamiento para proceder a identificar la conexión para el conector del equipo de diagnóstico.
2. Una vez identificado el conector del sensor de presión del rail se realiza la conexión del equipo de diagnóstico como se observa en la figura 30. Se realizó dos conexiones; la primera conexión es entre el conector del equipo y el sensor ubicado sobre el rail, la segunda conexión es entre el conector del sensor de presión y el del equipo.



Figura 30. Conexión equipo de diagnóstico CR508

La figura 30 indica al sensor de presión en el riel y a su terminal, se debe desconectar el conector para poder conectar el equipo de diagnóstico.

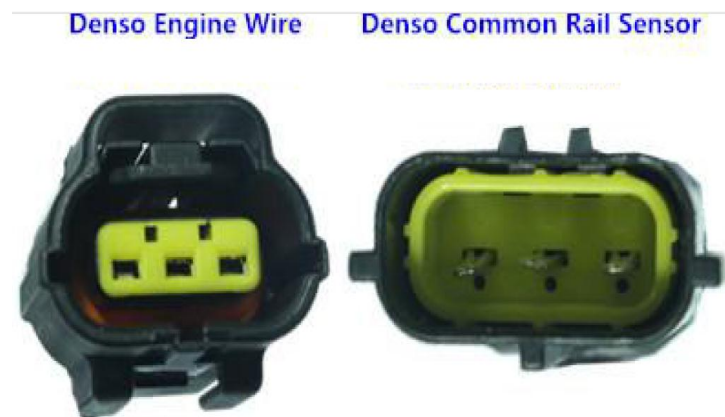


Figura 31. Conectores para el sensor de presión en el riel.
Fuente: (Automotive, 2015)

La figura 31 indica los conectores utilizados, el conector del lado izquierdo se coloca en el terminal del cableado que llega al sensor y el terminal del lado derecho va directamente al sensor.

3. Se identifica en el equipo de diagnóstico la posición del selector para ver qué tipo de pruebas se realiza para que de tal forma los datos sean reales. El equipo permite 4 funciones mediante un selector, para la lectura de la presión del rail se selecciona la posición “FUEL PRESSURE TEST” que es la adecuada para identificar las presiones de trabajo. La figura 32 indica la selección adecuada para la prueba de presión.



Figura 32. Identificación de selector de diagnóstico equipo GT – 508

4. Se procede a poner en posición ON la llave de encendido del vehículo con lo cual se empieza a ver el valor de la presión en la pantalla del equipo como se indica en la figura 33.



Figura 33. Valores de presión con el equipo de diagnóstico GT - 508

5. Finalmente se realiza diferentes mediciones variando el régimen de giro del motor como se observa en la figura 34.

Es importante la constante observación de los parámetros que se está midiendo, ya que, el equipo de diagnóstico no incorpora una función de autoguardado de los datos que se están leyendo en el momento del diagnóstico.



Figura 34. Lectura de mediciones con equipo GT – 508

3.3 Diagnóstico mediante simulador de pulsos para inyectores CRDi

Para el desarrollo de la prueba con el simulador de pulsos CRI 200 se realiza en el taller de la Carrera en Mantenimiento Automotriz. Se identifica el motor Mazda para realizar la

prueba y a su vez se identifica algunos valores técnicos de los inyectores para posteriormente utilizar en el desarrollo de la prueba.

La figura 36 indica el equipo de diagnóstico utilizado en la prueba, viene incorporado varios conectores, ya que es un equipo que puede trabajar con varias marcas y tipos de inyectores Diésel.



Figura 35. Equipo de diagnóstico CRI 200

Para poder realizar la prueba se extrae los inyectores del motor, para lo cual se toma las seguridades necesarias para evitar accidentes ya que el sistema de inyección de combustible maneja valores de presión bastante altos, alrededor de 1500 bares (Augeri, CISE electrónica, 2011).

La siguiente tabla indica los parámetros técnicos del equipo CRI 200.

Tabla 5. Parámetros técnicos CRI 200

Descripción	Parámetro
Modelo	Probador común del inyector del carril
Rango de prueba	Atomización, piloto, emisión y condición de carga completa.
Inyectores de prueba	BOSCH, DENSO, DELPHI, PIEZE
Ancho de impulso	100 ~ 3000us
Frecuencia de inyección	1 ~ 30Hz
Tiempo de goteo de inyectores	0-2000 veces
Voltaje de trabajo	AC 220V / AC 110V
Temperatura de trabajo	-30 °C a 70 °C

Fuente: (DHgate, 2018)

También es importante la identificación de los datos que facilita el equipo. En la figura 36 se observa los parámetros más importantes que se pueden visualizar en la pantalla.



Figura 36. Pantalla probadora CRDI 200
Fuente: (DHgate, 2018)

A continuación, se describe los parámetros observados en la figura 37

1. Selección del tipo de inyector: BOSCH, DENSO, DELPHI, PIZEO

2. Condiciones actuales del inyector: CL, VL, VE, LL, TL

CL: limpieza inyector

VL: prueba de carga completa

VE: prueba de inyección

LL: prueba de inactividad

TL: prueba de fugas

3. Método de recuento de inyectores; T: según el número de conteos:

Tiempo de conteo

4. Inyector: T: 0-2000 veces

5. Señales de inyección: la visualización del icono indica el comienzo de la inyección de combustible del inyector

6. Ancho de impulso: 100 ~ 3000uS

7. Frecuencia de inyección: 1 ~ 30Hz

8. Indicador de conteo: la visualización del icono indica el conteo de inicio del inyector

En la presente prueba se utiliza otro equipo de diagnóstico con el cual se generó la presión de trabajo para el inyector como el que se observa en la siguiente figura. Este equipo es capaz de generar una presión de trabajo sobre el inyector con la finalidad de simular las condiciones de trabajo reales.



Figura 37. *Probador mecánico de inyectores diésel*
Fuente: (Chavez, 2017)

La figura 37 muestra un probador tipo mecánico para inyectores a Diésel, éste probador es utilizado para generar presión de combustible controlada manualmente, viene incorporado un manómetro de presión para visualizar el trabajo que realiza el inyector.

La prueba en los inyectores se realiza con el siguiente procedimiento:

1. El motor está en modo de reposo para que la presión en las cañerías y mangueras de combustible disminuyan y no se produzcan accidentes.
2. Son extraídos los inyectores del motor para su posterior utilización en el banco probador de inyectores. La figura 38 indican la extracción de los inyectores.



Figura 38. Extracción tubería de retorno de combustible.

La figura 39 indica la extracción de las mangueras de retorno de combustible de cada uno de los inyectores.



Figura 39. Extracción de cañerías

La figura 39 indica la extracción de las cañerías de alta presión, están conectadas entre el riel y los inyectores.

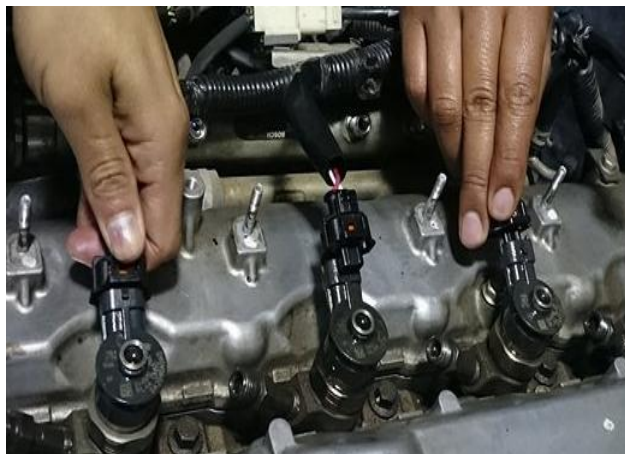


Figura 40. Conectores de los inyectores

La figura 40 indica la desconexión del conector de los inyectores. Para realizar la extracción de los terminales de los inyectores hay que asegurar que esté completamente desenergizado el sistema, ya que si no lo está pueden sufrir daños irreparables los inyectores.

3. Una vez extraídos los inyectores se ingresan al laboratorio para realizar las conexiones necesarias en los equipos de diagnóstico para realizar la simulación de funcionamiento como se observa en la figura 41.



Figura 41. Comprobación inyector con el equipo CRI 200

La figura 41 indica la prueba con los dos equipos ya instalados, la toma de datos se la realiza con probetas reguladas tanto a la entrega de combustible como al retorno del mismo.

3.4 Parámetros de funcionamiento estetoscopio

El estetoscopio amplifica y aísla el sonido producido por el funcionamiento de cualquier componente mecánico o electromecánico (PCE, 2018), de tal forma que se procede a realizar pruebas mediante el equipo aprovechando más de un canal de funcionamiento, para así identificar concordancia o sincronización en el funcionamiento de algunos componentes del motor.



Figura 42. Equipo de diagnóstico estetoscopio

Para el diagnóstico mediante el estetoscopio en primer lugar se realiza el armado de los componentes que contienen el equipo, ya que se puede diagnosticar hasta seis sonidos a la vez.

La figura 43 indica el equipo de diagnóstico estetoscopio, para realizar la identificación de los sonidos del funcionamiento de los inyectores al momento de entrega de combustible a la cámara de combustión se procede a preparar el equipo.



Figura 43. Componentes para diagnóstico auditivo

La calidad de diagnóstico con éste equipo depende en su mayor parte de la experiencia de la persona que realiza las diferentes pruebas en el motor, ya que, no existe información necesaria que pueda ser de guía para éstas pruebas. Se realiza la conexión al motor para detectar el funcionamiento mediante el estetoscopio como se indica en la figura 44.



Figura 44. Conexión del estetoscopio al motor

La figura 44 indica los terminales de conexión del estetoscopio sujetando una parte cercana a los inyectores del motor Diésel, para de esta forma lograr identificar mediante sonido el funcionamiento acorde de cada uno de los componentes del sistema de inyección combustible.

3.5 Diagnóstico mediante boroscopio

El boroscopio es una herramienta que genera facilidad al momento de realizar una inspección visual de componentes en su mayoría internos del motor o cualquier otro sistema motriz (PCE, 2018). Se realiza una inspección de las cavidades internas de dos cilindros del motor de combustión interna.



Figura 45. Boroscopio de uso automotriz

La figura 45 indica el boroscopio, el cual se utiliza para la inspección de cavidades internas del motor. El equipo trae su propio cargador y un pequeño elemento adicional para cambiar la vista al momento de realizar alguna revisión.

En la primera parte se procede a definir las herramientas y elementos a utilizar para el desarrollo de la prueba de diagnóstico. El boroscopio incorpora algunos elementos que se seleccionan según el tipo de superficie o cavidad donde se pretende observar la posible avería. Éste equipo da la facilidad de conectar un dispositivo visual exterior como un televisor, de tal forma de que la imagen sea fácil de observar.

La figura 46 indica al boroscopio logrando mostrar la cámara de combustión número 1 del motor y posteriormente se observa las paredes del cilindro diagnosticando si existe algún problema al interior del motor.



Figura 46. Inspección mediante boroscopio

La figura 47 indica la inspección realizada al cilindro de un motor del vehículo Chevrolet Corsa. Es fundamental extraer la bujía del primer cilindro para poder ingresar la parte flexible del boroscopio hacia la cámara de combustión.

Una vez logrado ingresar al cilindro se identifica la superficie del cilindro y cámara de combustión buscando alguna imperfección o elemento dañado como se observa en la figura 47.



Figura 47. Inspección del cilindro número 1

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se toma en cuenta que cada una de las pruebas realizadas en diferentes tipos de vehículos y también se genera pruebas dentro del laboratorio de la carrera de ingeniería automotriz con el fin de poder garantizar las mediciones y resultados obtenidos en cada una de las pruebas.

4.1 Presión en el riel mediante equipo de diagnóstico GT - 508

Mediante la obtención de las presiones de trabajo por medio del sensor de presión de riel se obtiene el dato real al cual los inyectores diésel se encuentran sometidos por parte de la elevada presión del sistema CRDi en motores modernos. Si la presión no es lo suficientemente se presentarán fallos en el sistema.

Para la medición de la presión del riel se utilizó el equipo de diagnóstico GT – 508, teniendo en cuenta todas las normas de seguridad se procedió a obtener los datos referentes a la presión de trabajo del sistema CRDi. El vehículo en el cual se realizó la prueba es la camioneta de marca Chevrolet modelo Dmax Diésel 3.0

La siguiente tabla indica los datos obtenidos en la prueba.

Tabla 6. Presión de trabajo sistema CRDi

Régimen de giro del motor (rpm)	Presión obtenida (MPa)		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
0	0	0	0
850	30.78	29.05	30.50
1000	43.14	43.87	42.98
1500	56.85	55.02	55.95
2000	69.35	68.85	69.74
2500	73.34	73.89	73.54
3000	78.08	77.65	78.83
3500	81.24	81.67	81.17

Nota: El régimen de giro de motor no pasó de 3500 rpm, ya que el sistema de inyección electrónico tiene estrategias de seguridad para protección del motor

La presión de trabajo aumenta conforme el régimen del motor sube, esto sucede ya que a mayor necesidad de revoluciones necesita mayor cantidad de combustible, esto se logra aumentando la presión en el sistema, ya que los ductos del inyector no son de diámetro variable.

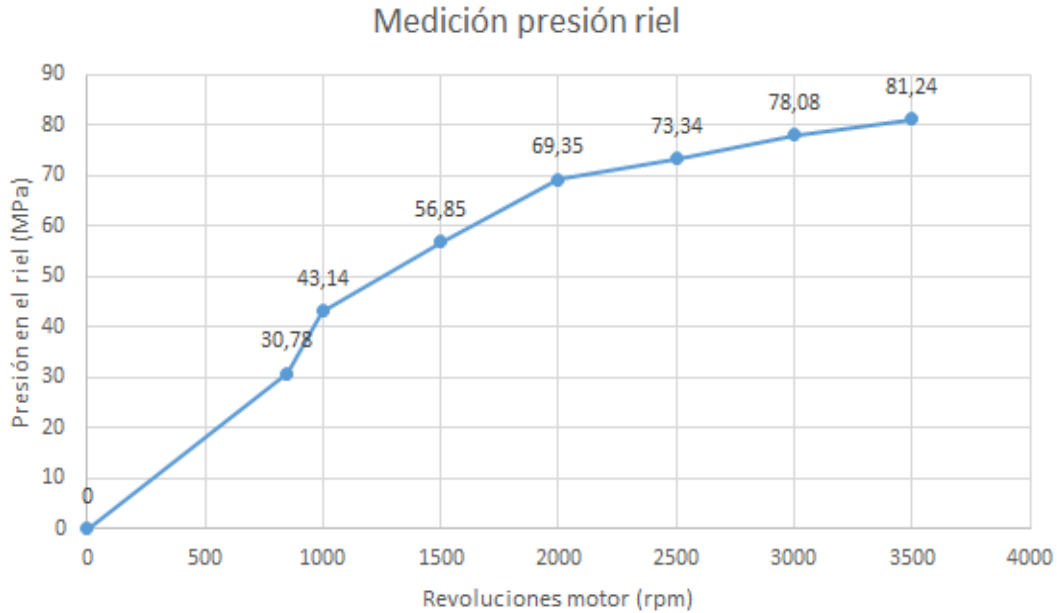


Figura 48. Curva de la presión en el riel prueba 1

La figura 48 representa gráficamente los valores obtenidos mediante el equipo de diagnóstico GT – 508 en el cual se observa el incremento de la presión conforme aumenta las revoluciones del motor. Los valores corresponden a la primera prueba.

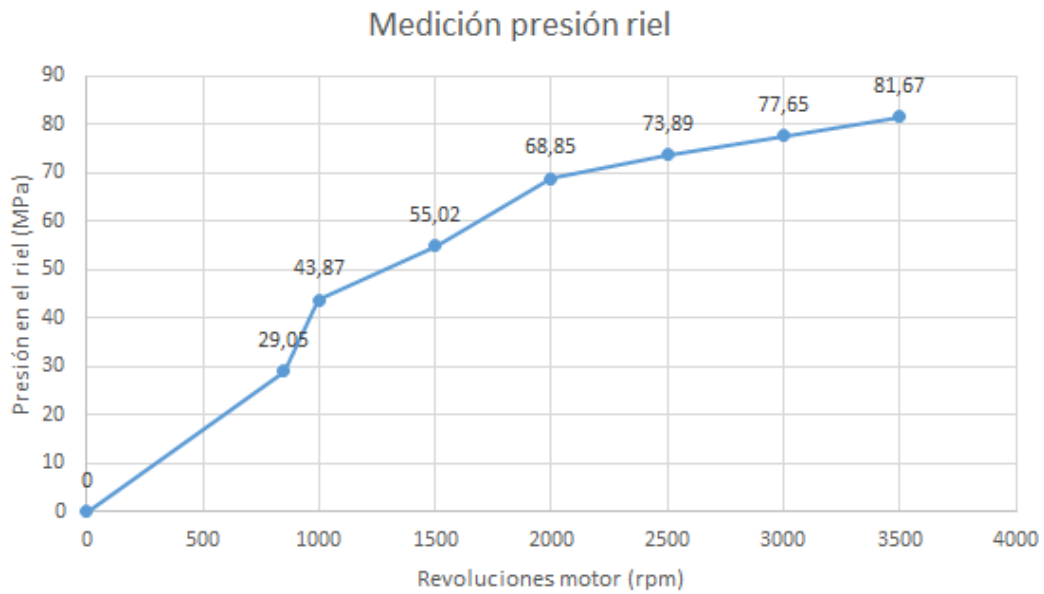


Figura 49. Curva de presión en el riel prueba 2

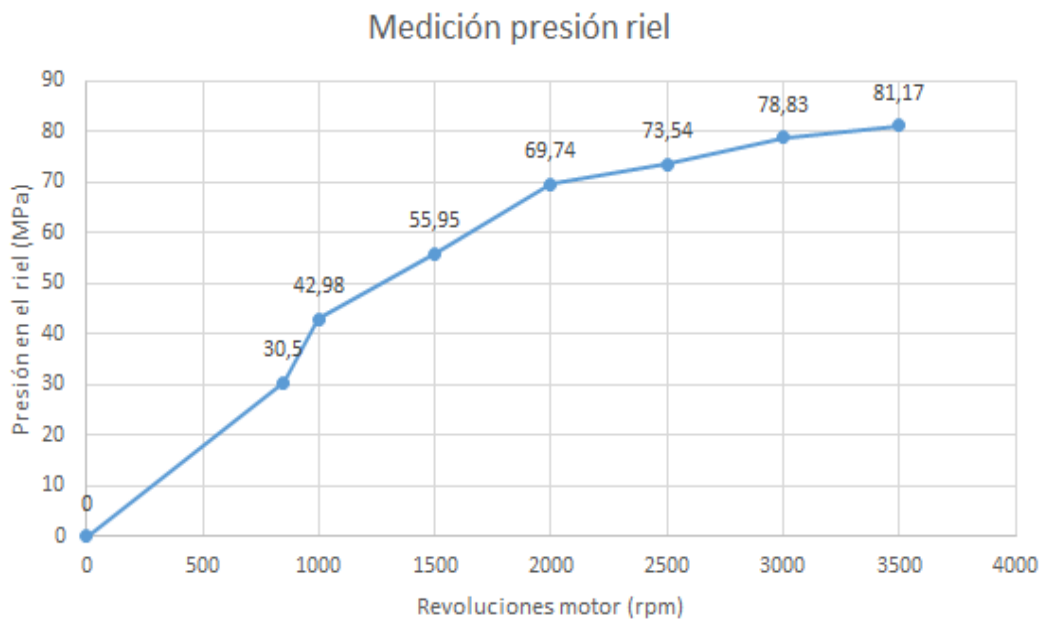


Figura 50. Curva de presión en el riel prueba 3

Las curvas de las figuras 48, 49 y 50 tienen bastante similitud, por lo tanto se asegura la obtención de los valores son los correctos.

4.2 Presión en el riel mediante equipo de diagnóstico CRD700

Para el diagnóstico mediante el equipo CRD700 se realizó en un motor de marca Mazda sistema de inyección CRDi perteneciente a los laboratorios de la Carrera en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

Se realizó las conexiones necesarias en las cañerías entre el inyector número 1 y el riel donde se instaló el equipo de diagnóstico. A continuación, se representa los valores obtenidos en la prueba.

Tabla 7. Prueba de presión con equipo CRD700

Régimen de giro del motor (rpm)	Presión obtenida (MPa)		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
0	0	0	0
850	39,2	36,3	36,4
1000	51,6	50,8	39,2
2000	67,6	55,4	54,1
3000	105,3	73,2	75,7

La tabla 7 indica los valores obtenidos en las tres pruebas realizadas en el motor de marca Mazda, los valores representan la presión de trabajo existente en el riel. Ésta prueba se diferencia de la anterior que se puede medir el valor de presión sin la necesidad de tener un sensor de presión en el riel. En algunos casos el sensor sufre averías y empieza a entregar valores erróneos que no corresponde a los valores reales a los cuales el sistema CRDi trabaja.

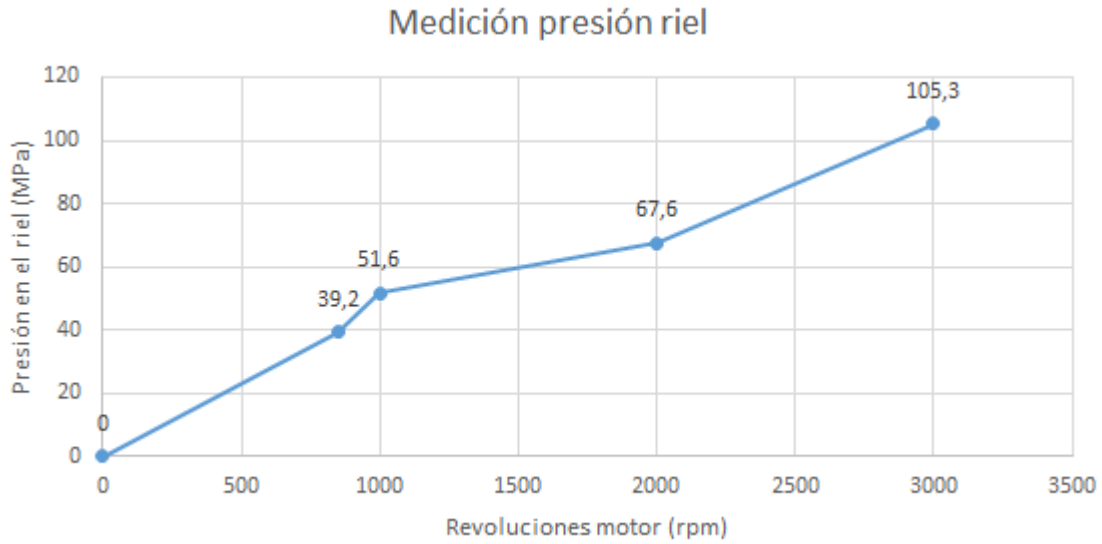


Figura 51. Curva de presión en la cañería prueba 1

La figura 51 representa gráficamente los valores obtenidos en la prueba número 1, se observa que el valor de la presión a 3000 rpm es bastante elevado, este valor se podría definir como incorrecto al comparar con los datos obtenidos en las siguientes pruebas.

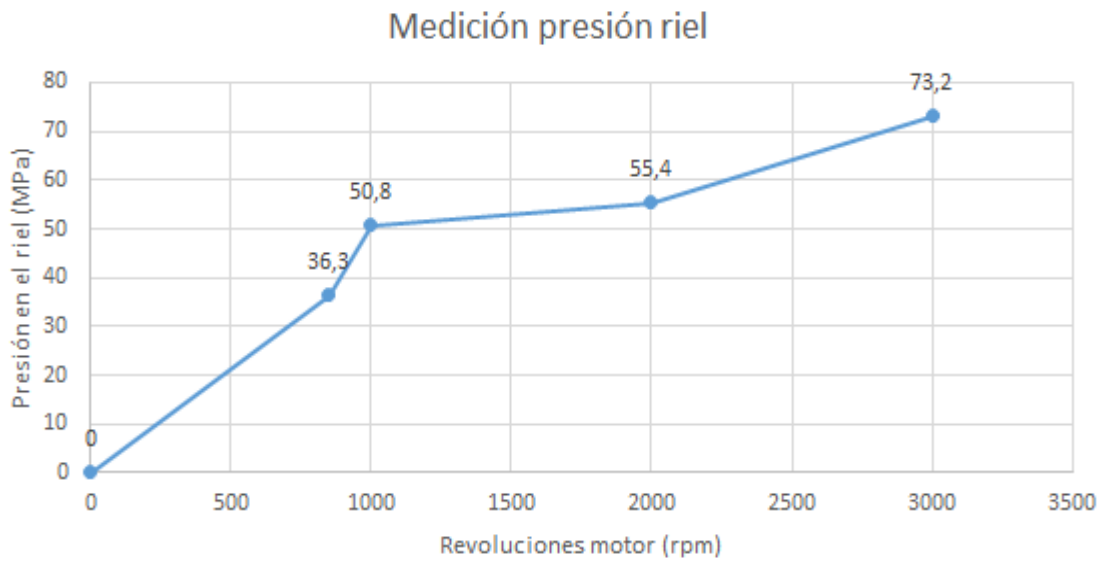


Figura 52. Curva de presión en la cañería prueba 2

La figura 52 representa los valores obtenidos en la prueba número 2. Los valores presentados son acordes a los del gráfico 35 y 37 a excepción que el ultimo valor obtenido a 3000 revoluciones presenta una diferencia en comparación a la del gráfico 54.

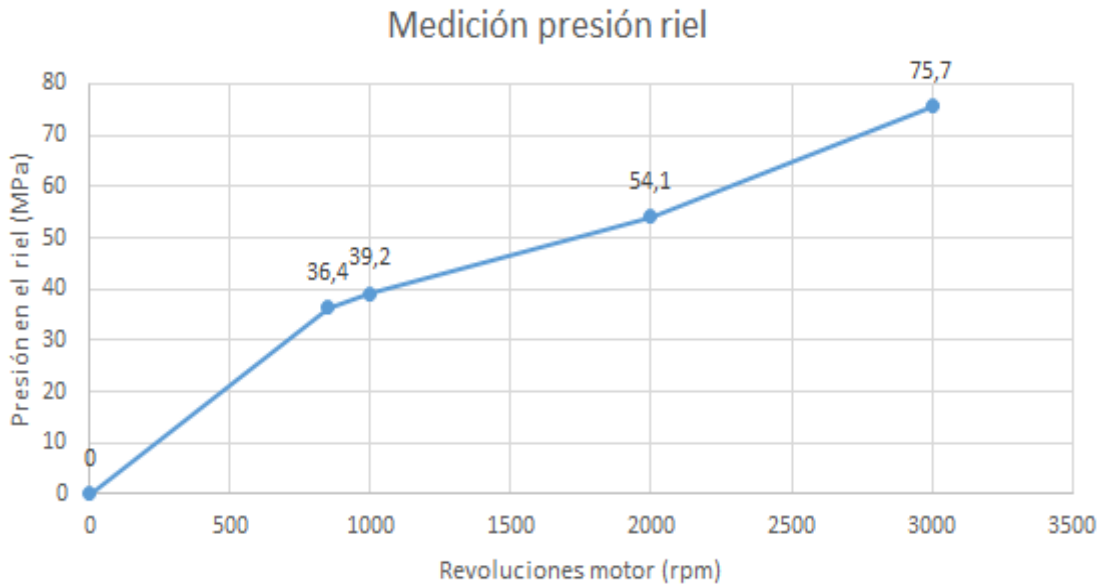


Figura 53. Curva de presión en la cañería prueba 3

Las figuras 52 y 52 presentan valores similares, se puede afirmar que los datos obtenidos están dentro los valores de funcionamiento reales del sistema CRDi del motor Mazda.

4.3 Prueba de inyector CRDi en banco comprobador de inyectores diésel

Los resultados para esta prueba se ven reflejados en probetas graduadas que contienen el combustible de entrega y retorno de los inyectores probados. Se ha tomado en cuenta el funcionamiento de los inyectores para realizar la comparación de datos.

Los primeros resultados son del inyector 1 y 3, para lo cual se toma en cuenta la entrega y el retorno de combustible del inyector. A continuación, se muestra una tabla 8 los resultados obtenidos.

Tabla 8. Resultados pruebas inyector 1 y 3

Prueba del inyector 1 y 3	Inyector 1		Inyector 3	
	Medida de consumo (ml)	Medida de retorno (ml)	Medida de consumo (ml)	Medida de retorno (ml)
Prueba 1	0	0	0	0
Prueba 2	8	34	6	5
Prueba 3	3	34	2	8
Prueba 4	2,5	34	2	4,5
Prueba 5	0	34	0	3
Prueba 6	28.5	34	25	18
Prueba 2	9	34	7,5	7,5

La tabla 8 presenta los resultados obtenidos en la prueba de presión de combustible con el equipo simulador de pulso de inyectores diésel, se realiza la medición de la entrega y retorno de combustible de cada inyector. El consumo en los dos inyectores 1 y 3 es aceptable, el retorno de combustible del inyector 3 si está dentro de los parámetros de funcionamiento, el retorno del inyector 1 es desproporcionado al resultado del inyector 3 por lo tanto éste inyector se encuentra defectuoso.

Tabla 9. Resultados pruebas inyectores 2 y 4

Prueba del inyector 1 y 3	Inyector 2		Inyector 4	
	Medida de consumo o entrega (ml)	Medida de retorno (ml)	Medida de consumo (ml)	Medida de retorno (ml)
Prueba 1	0	0	0	0
Prueba 2	9	8	9	8
Prueba 3	4	4	9	10,5
Prueba 4	3	5,75	4	8
Prueba 5	0	4	0	7
Prueba 6	31	20.5	31	27
Prueba 2	11	9	11	12

La tabla 9 presenta los resultados de las pruebas de los inyectores 2 y 4. Las medidas de entrega de los dos inyectores si son aceptables para un buen funcionamiento. el retorno de combustible de ambos inyectores está dentro de los parámetros de funcionamiento por tal razón el funcionamiento de ambos inyectores es aceptable.

4.4 Prueba estetoscopio

El manejo del equipo de diagnóstico estetoscopio entrega buenos resultados al ser manejado técnicos de experiencia en el ámbito automotriz, éste equipo transmite los sonidos de los equipos a los cuales se intenta identificar el funcionamiento mecánico del mismo.

A continuación, se describe la tabla 10 en la cual se va anotando las consideraciones u observaciones al momento de realizar la prueba del estetoscopio en un motor de una camioneta D Max 3.0.

Tabla 10. Parámetros encontrados en la prueba con estetoscopio

Elemento analizado	Observaciones
Inyector 1	Se escucha un golpe normal y acorde al funcionamiento del motor
Inyector 3	Se escucha un golpe normal y acorde al funcionamiento del motor
Inyector 1 e inyector 3	Se escucha un golpe normal, no exagerado y se diferencia una sincronización en el sonido escuchado en los dos inyectores.
Motor	Se escucha un funcionamiento normal. No existe la presencia de ruidos extraños
Conexión a bujías de precalentamiento	Se escucha un sonido similar al escuchado en los inyectores pero en menor intensidad.

La figura 54 indica el momento en el cual se realizó la prueba con el estetoscopio en el automotor.



Figura 54. Pruebas de funcionamiento utilizando un estetoscopio.

4.5 Prueba boroscopio

El boroscopio es un equipo de diagnóstico que nos ayuda a realizar una inspección visual a cualquier tipo de elemento que sea de difícil acceso. En el vehículo se realizó tres pruebas que a continuación se describe, todas las pruebas buscan identificar el estado físico del interior de la cámara de combustión y cilindro del pistón número 1.

Prueba 1: visualización de las paredes del cilindro



Figura 55. Prueba 1 de inspección visual

La figura 55 indica la prueba número, inspección del interior del cilindro. Se observa pequeñas manchas negras en las paredes y parte de la cámara de combustión.

Prueba 2: inspección fisura de la pared del cilindro



Figura 56. Prueba 2 de inspección visual

La figura 56 indica la prueba número 2 en el cilindro del motor de combustión interna, se nota una posible fisura o posible desgaste anormal en la parte de la cámara de combustión. Esto lleva a una posible extracción de la parte superior del motor para dar solución a la posible fisura de la culata.

Prueba 3: verificación fisura en el cilindro.



Figura 57. Prueba 3 de inspección visual

La figura 57 indica la prueba número 3 de la inspección visual al cilindro, se vuelve a identificar una posible fisura de la parte de la cámara de combustión.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La presión de combustible existente en el riel presenta variación en función de las revoluciones del motor, a 850 rpm se tiene una presión de 30 MPa y a 3000 rpm la presión es de 78 MPa, esto hace que el motor Diésel esté trabajando normalmente como se evidencia en el anexo 1, el cual contiene los valores de trabajo del sensor de presión de riel de vehículos CRDi.
- La medición de la presión del sistema CRDi mediante la lectura de información entregada por el sensor de presión de riel, facilitó el diagnóstico del sistema de inyección, ya que no fue necesario la utilización de otros elementos como un scanner o un osciloscopio que generalmente son de mayor dificultad de manejo.
- El equipo de diagnóstico CRD 700 entrega resultados fiables, ya que realiza la medición de la presión en la cañería ubicada entre el inyector y el riel, pudiendo así, descartar alguna falla eléctrica o electrónica del sensor de presión en el riel.
- Los valores de la presión de combustible del motor Mazda están dentro del funcionamiento correcto, se verificó las presiones con el equipo CRD700 indicando que, a 850 rpm tiene una presión de 39 MPa y a 3000 rpm tiene una presión de 75 MPa, éstos valores cumplen una variación que se da en los sensores de presión del riel como se verifica en el anexo 1.

5.2 Recomendaciones

- Manejar normas de seguridad al momento de trabajar en el sistema de inyección diésel, ya que las presiones son bastante elevadas y perjudiciales en caso de un accidente.
- La manipulación de equipos de diagnóstico electrónico debe realizarse por personas capacitadas, ya que al realizar malas conexiones pueden generarse problemas en el computador del vehículo; o a su vez en los inyectores diésel, especialmente en los de tipo piezo-eléctrico.
- Para realizar pruebas con el boroscopio se debe manejar un monitor externo para apreciar de mejor manera las imágenes que nos presenta el equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. (2009). *Técnicas del automóvil. Motores*. Madrid: Paraninfo.
- Augeri, F. (2013). *CISE. Sistema Common Rail Presión en el Riel*. Obtenido de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/356-sistemas-common-rail-presi%C3%B3n-en-el-rail.html>
- Automotive. (2015). *Automotive Electronic Diagnostic Solution*. China.
- Barquero, H. (2012). *Mecánicos Sensor Diésel*. Obtenido de <http://www.mecanicoscostarica.net/Tips%20tecnicos/sensor%20diésel.htm>
- 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. Quito, Ecuador.
- BOSCH. (2005). *Sistema de inyección Diésel por acumulador Common Rail*. Alemania.
- BOSCH, R. (2015). *Sistemas modernos de Inyección a Diésel, Unidades completas y su despiece*. Santa Fe, México.
- Castro, J. (2015). Análisis del desempeño de motores CRDi (Common Rail Direct Injection) a través de formas de onda procesadas por osciloscopio. Quito, Ecuador.
- Castro, J., & Salazar, M. (2015). Análisis del desempeño de motores CRDi (Common Rail Direct Injection) a través de formas de onda procesadas por osciloscopio. Quito, Ecuador.
- CEAC. (2003). *Manual CEAC del automóvil*. Barcelona: Grupo editorial ceac.
- Chavez, P. (2017). *Comprobador manual de inyectores diésel*. Obtenido de <http://tym-tractor.ru/comprobador-manual-de-inyectores-diésel/>
- Chevrolet. (2017). Especificaciones técnicas Chevrolet D Max diésel 3.0 CD 4 x 2. Ecuador.

- Coral, D. L. (2013). Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel para la escuela de Ingeniería Automotriz. Ecuador.
- Coral, F. (2013). Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel CRDi para la Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba, Ecuador.
- DHgate. (2018). *Best Tire Pressure Tester Cheap Toyota Obdii Tester*. Obtenido de <https://www.dhgate.com/store/product/common-rail-injector-tester-with-nozzle-tester/373210765.html>
- FOXWELL. (2013). User's Guide Digital Common Rail High Pressure Tester.
- Heredia, N. G. (2008). *Gestión electrónica de motores: Diésel, Nafteros y GNC*. TECNACAS RT.
- Mazda. (2017). Especificaciones técnicas camioneta Mazda BT 50. Ecuador.
- NGK. (2017). *Funcionamiento del motor diésel*. Obtenido de <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/calentadores/principios-de-los-calentadores/funcionamiento-del-motor-diésel/>
- PCE. (2018). *Instrumentos de medida. Estetoscopio*. Obtenido de https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/estetoscopio-kat_70055_1.htm
- Sirini. (2017). *Diésel Manufacturer*. Obtenido de <https://diéseltest.com/wp-content/uploads/2016/12/sirini-2014.pdf>
- Tansom, L. (2014). *De máquinas y herramientas*. Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/boroscopio>
- Valeo, S. (2015). *Sistema EGR*. Obtenido de <http://www.valeoservice.com/data/master/webfile/37421460455A3CE75DF7CB.pdf?rnd=702>

Zamora, L. (2012). *Sistema de Control de Emisiones. Válvula EGR y Sensor de Posición*.
Obtenido de
http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/valvula_EGR.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Valor de trabajo del sensor de presión del rail

21.-SENSOR DE ALTA PRESIÓN

Este sensor es el encargado de informar a la unidad de mando de la presión existente en el rail y por lo tanto en la parte de alta presión del sistema. Es un sensor de vital importancia para el sistema y la información debe ser precisa con una tolerancia aprox. del 2% y rápida.

Consta de una membrana en contacto con el combustible a la que se adhiere un elemento semiconductor que transforma la presión en una señal eléctrica. La deformación máx. de la membrana se sitúa en torno a 1 mm a 1500 bares de presión, siendo la variación de tensión de 0...70 mV. Se basa en el siguiente principio:

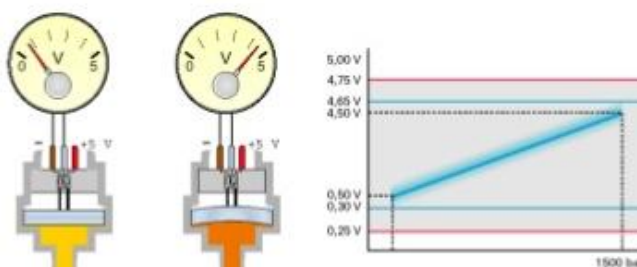
La resistencia eléctrica de las capas aplicadas sobre la membrana varía si se deforman. Esta resistencia integrada en un puente de resistencias es evaluada y amplificada por un circuito electrónico alimentado con 5 voltios y que se encarga de enviar a la unidad de mando una señal de tensión dentro de los márgenes 0,5...4,5 V.

Tabla de tensión respecto a la presión y el funcionamiento del motor.

Contacto dado	0 bar	0,5 V
Ralentí	300 bar	1,2 V
3000 RPM	600 bar	2,0 V
Plena carga circulando	1300 bar	4,3 V

IMPORTANTE:
Tanto si desconectamos el sensor como si la tensión baja de 0,3 V ó sube por encima de los

4,76 V el sistema entrará en fase de emergencia. La unidad entonces regula la presión en el rail (por medio de la electro válvula de la bomba) a 400 bar fijos. El motor no pasa de 3000 RPM por seguridad y la EGR no funcionará.



Anexo 2

Anexo 2. Especificaciones técnicas Chevrolet Dmax 3.0 CRDi

CHEVROLET D-MAX CD 4x4 DIÉSEL

● INCORPORADO ○ OPCIONAL — NO DISPONIBLE

ESPECIFICACIONES 4X4 CRDI

EXTERIOR	
Faros Halógenos	●
Parachoques Delantero Bodycolor	●
Espejos Retrovisores Laterales Negros	●
Kit de Drenaje de Combustible Diésel	●
Rines Aluminio 18"	●
Manijas Exteriores Tipo Barra (Negras)	●
Manijas Exteriores Balle Negra Central	●
Guardapapeles Delanteros y Posteriores	●
Balle con Ganchos de Amarrar Interiores	●
INTERIOR	
Volante con Emblema Chevrolet (Uretano)	●
Palanca de Cambios (Uretano)	●
Vidrios Eléctricos en las 4 Puertas	●
Espejos Retrovisores Manuales	●
Pantalla Información Tablero	●
Calentador	●
Portavasos Puertas Delanteras y Traseras	●
Portavasos Panel Frontal (2)	●
Radio CD MP3 - USB Conexión Auxiliar (2 Parlantes)	●
Asientos Delanteros Tipo Butaca en Tela	●
Asientos Posteriores Tipo Banca en Tela	●

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor	3.0L Diésel TDI
Motorización c.c.	2999
Válvulas	16
Potencia neta (HP@rpm)	134 @ 3600
Torque (Nm@rpm)	294 @ 1400 - 3000
Alimentación	CRDI
Transmisión	Manual 5 Velocidades
Tracción	4x4
Candados	Shift on the Fly
Dirección	Hidráulica Piñón y Cremallera
Suspensión Delantera	Independiente Tipo Doble Wishbone
Suspensión Posterior	Rígida con Ballesta
Frenos Delanteros	Disco Ventilado
Frenos Posteriores	Tambor
Freno de Parqueo	Entre Asientos
Llantas	245/75/ R18

Apoyabrazos Central Delantero y Posterior	●
Iluminación Interior Techo	●
Limpia Parabrisas 2 Velocidades + Intermitente	●
SEGURIDAD	
Boja de Aire Conductor y Pasajero	●
Frenos ABS con EBD	●
Alarma + ChevyStar (Bluetooth + Rastreo Satelital)	●
Bloqueo Central	●
Chasis de Alto Rendimiento	●
Columna Dirección Colapsible	●
Barra de Protección Puertas Laterales	●
Cinturones de Seguridad Delanteros de 3 Puntos Ajustables en Altura	●
Cinturones de Seguridad Posteriores de 3 Puntos (3)	●
Desempañador Vidrio Trasero	●
Tercera Luz de Freno	●
Espejo Retrovisor Interior Día y Noche	●
Anclaje de Seguridad ISOFIX Asientos de Niño	●
Seguro de Niños Puertas Posteriores	●
Protector de Carter	●
Gancho Delantero para Remolque (2)	●
Alarma de Cinturón de Seguridad para Conductor ChevyStar	○

ESPECIFICACIONES FULL 4X4 CRDI

EXTERIOR	
Faros Halógenos de Proyección	●
Espejos Retrovisores Laterales Cromados con Direccionales	●
Manijas Exteriores Tipo Barra Cromadas	●
Manijas Exteriores Balle Cromadas Central	●
INTERIOR	
Volante con Emblema Chevrolet (Cuero con Mandos del Radio)	●
Panel de Instrumentos con Acabados Metalizados	●
Espejos Retrovisores Eléctricos y Plegables Eléctricamente	●
Pantalla Información Tablero con Menú Interactivo	●
Aire Acondicionado	●
Radio Android con Pantalla Táctil (4 Parlantes)	●
Cámara de Retro	●
Internet 4G	●
Iluminación Interior Techo y Luz para Mapas	●
Limpia Parabrisas 2 Velocidades + Intermitente Variable	●

COLORES

Blanco | Dorado | Negro | Plateado | Plomo | Rojo | Vino



CAPACIDADES Y PESOS

Peso Bruto Vehicular (kg)	2950
Capacidad Eje Delantero (kg)	1350
Capacidad Eje Posterior (kg)	1670
Capacidad de Carga (kg)	1045



FIND NEW ROADS™

• AUTOLANDIA • AUTOLASA • AUTOMOTORES CONTINENTAL • AUTOMOTORES DE LA SIERRA • CENTRALCAR • ECUA-AUTO
 • E. MAILINE • INBAUTO • INDIAUTO • LANCA • METROCAR • MIRASOL • PROAUTO • VALLEJO ARAUJO

1 Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.



Emisión el 01 de junio de 2017

4.

Anexo 3

Anexo 3. Especificaciones técnicas Mazda BT 50 Diesel

ESPECIFICACIONES MODELOS DIESEL CRDI	BT-50 2.5L TURBO DIESEL CRDI CABINA DOBLE 4X2	BT-50 2.5L TURBO DIESEL CRDI CABINA DOBLE 4X4	BT-50 2.5L TURBO DIESEL CRDI CABINA DOBLE ACTION 4X4
MOTOR			
DENOMINACIÓN	WLC	WLC	WLC
TIPO	4 Cilindros en línea, DOHC	4 Cilindros en línea, DOHC	4 Cilindros en línea, DOHC
CLINDRADA (cc)	2499	2499	2499
DIÁMETRO x CARRERA (mm)	93 X 92	93 X 92	93 X 92
VÁLVULAS	16	16	16
POTENCIA/HP / RPM (DIN)	143 / 3500	143 / 3500	143 / 3500
TORQUE/Nm / RPM (DIN)	330 / 1800	330 / 1800	330 / 1800
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	18,0:1	18,0:1	18,0:1
ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	Inyección Electrónica de Riel Común CRDI	Inyección Electrónica de Riel Común CRDI	Inyección Electrónica de Riel Común CRDI
ALIMENTACIÓN DE AIRE	Turbo - Intercooler	Turbo - Intercooler	Turbo - Intercooler
CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE (gal)	16,6	18,5	18,5
TRANSMISIÓN Y CAJA			
TIPO	Manual de 5 velocidades + retro	Manual de 5 velocidades + retro	Manual de 5 velocidades + retro
RELACIONES DE TRANSMISIÓN:			
1ra.	3,905	3,905	3,905
2da.	2,248	2,248	2,248
3ra.	1,491	1,491	1,491
4ta.	1,000	1,000	1,000
5ta.	0,800	0,800	0,800
REVERSA	3,391	3,391	3,391
DESMULTIPLICACIÓN FINAL	3,416	3,727	3,727
TIPO DE DIFERENCIAL POSTERIOR	Estándar	Con limitador de deslizamiento LSD	Con limitador de deslizamiento LSD
SUSPENSIÓN			
SUSPENSIÓN DELANTERA	Independiente doble brazo con barra de torsión, amortiguadores a gas y barra estabilizadora	Independiente doble brazo con barra de torsión, amortiguadores a gas y barra estabilizadora	Independiente doble brazo con barra de torsión, amortiguadores a gas y barra estabilizadora
SUSPENSIÓN POSTERIOR	Eje rígido con ballesta (L=1,32 m), de 5 hojas y amortiguadores a gas	Eje rígido con ballesta (L=1,32 m), de 5 hojas y amortiguadores a gas	Eje rígido con ballesta (L=1,32 m), de 5 hojas y amortiguadores a gas