

Universidad Internacional Del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Proyecto de grado para la obtención del Título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

**Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch
“0445120289” y “0445110250” del sistema Common Rail.**

Noboa Asencio Anthony Bryan

Director: Ing. Adolfo Peña Pinargote Msc.

Guayaquil, Enero 2019

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote Msc.

CERTIFICA: Que el trabajo titulado “**Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250” del sistema Common Rail**”, realizado por el estudiante: **Noboa Asencio Anthony Bryan**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes. Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: **Noboa Asencio Anthony Bryan**, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Enero 2019

Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote. Msc.
Director del Proyecto.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Noboa Asencio Anthony Bryan**.

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **“Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250” del sistema Common Rail”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería Automotriz.

Guayaquil, Enero 2019

Noboa Asencio Anthony Bryan
C.I: 0924587256

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Noboa Asencio Anthony Bryan

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **“Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250” del sistema Common Rail”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Enero 2019

Noboa Asencio Anthony Bryan
C.I: 0924587256

DEDICATORIA

El desarrollo del proyecto se lo dedico a toda mi querida familia ya que sin ellos no sería nada. A mis padres por haberme apoyado en cada etapa de mi vida, por haberme guiado a ser una persona correcta, a esforzarme por conseguir mis metas. A mi hermosa madre que gracias a sus consejos me supo levantar de cada caída, a mi padre por haberme apoyado con cada proyecto realizado a lo largo de mi carrera. A mi abuelito Vicente que fue el que siempre me inculco que siga con mis estudios. A mis tíos que con sus consejos y experiencias de vida, de lucha constante me enseñaron el valor del trabajo y el estudio, y sobre toda la humildad que es lo que dignifica a una persona.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente al padre celestial por haberme dado la vida, la fortaleza y conocimiento para culminar mi carrera universitaria. Agradezco a toda mi querida familia por apoyarme en cada etapa de mi vida, con sus consejos y amor que me llenan de felicidad e inspiración para luchar por ellos.

Agradezco a todos los docentes de la Facultad, que supieron transmitir sus conocimientos no solo profesionales sino valores que ayudan a formar a un verdadero profesional. Al Ing. Adolfo Peña, quien generosamente accedió a apoyarme con su experiencia profesional al desarrollo de este proyecto.

Agradezco al laboratorio Los Turbos, quienes fueron los primeros en enseñarme a laborar en el ámbito automotriz y al maestro Juan Carlos Lomas quien no solo me ha transmitido su conocimiento durante el tiempo que estuve de pasante y ahora en la última etapa universitaria colaboro con el desarrollo de mi proyecto de titulación, inculcándome valores y principios morales que me ayudan a ser una mejor persona.

RESUMEN

Hoy en día los vehículos que operan con el combustible diésel o gasoil, toman mucha importancia respecto a factores como emisiones contaminantes o al costo de combustible, los avances tecnológicos han buscado mejorar las deficiencias que se tenían en los motores diésel, incorporando gestiones electromecánicas que ayudan a tener un mejor control durante la combustión, ayudando a reducir las emisiones contaminantes como el consumo de combustible y a su vez generar mayor prestaciones para el mismo. En los sistemas de riel común regula los tiempos de inyección sin depender del régimen o carga que tenga el motor. Ofreciendo varias ventajas en comparación a un sistema de inyección directa totalmente mecánico. Para esto el sistema de riel común utiliza inyectores de rápida actuación como son los inyectores piezoeléctricos y electromecánicos. El desarrollo del presente proyecto consiste en estudiar el comportamiento de los inyectores electromecánicos de la marca Bosch, determinando bajo que parámetros debe trabajar el inyector sin que genere problemas durante la inyección. Para esto se contarán con herramientas y equipos que permitan comprobar un buen desempeño del inyector entre ellos son: EPS 200, Osciloscopio Finest 1006, y un multímetro automotriz Bosch, estos equipos determinarán que el inyector se encuentre dentro de un rango de trabajo establecido por el fabricante. Los resultados obtenidos por el banco EPS 200 permitirán evaluar el inyector respecto a la medición de caudales de inyección y retorno, siendo estos parámetros más importantes a la hora de determinar cuáles son los elementos que generan mayores problemas en la inyección diésel.

Palabras claves: Cristalización, Estequiometría, Control Electrónico Diesel (EDC), Inyectores electromagnéticos, PCM (Módulo de control de Propulsión)

ABSTRACT

Nowadays the vehicles that operate with diesel or diesel oil, take a lot of importance regarding factors such as polluting emissions or the cost of fuel, technological advances have sought to improve the deficiencies that were in the diesel engines, incorporating electromechanical management that help to have a better control during combustion, helping to reduce polluting emissions such as fuel consumption and in turn generate greater benefits for it. In the systems of common rail regulates the times of injection without depending on the regime or load that has the engine. Offering several advantages compared to a fully mechanical direct injection system. For this the common rail system uses quick acting injectors such as piezoelectric and electromechanical injectors. The development of the present project consists of studying the behavior of the Bosch brand electromechanical injectors, determining under what parameters the injector must work without generating problems during the injection. For there will be tools and equipment to check the good performance of the injector among them are: EPS 200, Finest 1006 Oscilloscope, and Bosch automotive multimeter, these teams will determine that the injector is within a range of work established by the maker. The results obtained by the bank EPS 200 will allow to evaluate the injector with respect to the measurement of injection and return flows, these parameters being more important when determining which elements cause the greatest problems in the diesel injection.

Keywords: Crystallization, Stoichiometric, Electronic Diesel Control (EDC), Electromechanical Injection, PCM (Powertrain Control Module).

INDICE GENERAL

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INDICE GENERAL.....	ix
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURA	xiv
CAPITULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Definición del problema	1
1.2. Formulación del problema	1
1.3. Sistematización del problema.....	1
1.4. Objetivos de la investigación	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos específicos	2
1.5. Justificación y delimitación de la investigación	2
1.5.1. Justificación teórica	2
1.5.2. Justificación metodológica.....	3
1.5.3. Justificación práctica	3
1.5.4. Delimitación temporal	3
1.5.5. Delimitación geográfica.....	3
1.5.6. Delimitación del contenido	4
1.6. Hipótesis	4

1.6.1.	Variables de hipótesis	4
1.6.2.	Operacionalización de variables	5
CAPITULO II.....		6
2.	MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1.	El diésel y sus propiedades.	6
2.2.	Proceso de combustión del motor diésel.	7
2.3.	Clasificación de los sistemas de inyección diésel	9
2.3.1.	Sistemas mecánicos	9
2.3.2.	Sistemas de control electrónico	10
2.4.	Funcionamiento y constitución del sistema common rail.....	12
2.4.1.	Circuito de alimentación de combustible.	14
2.5.	Sistema Common Rail Bosch y partes principales.....	25
2.6.	Fases del ciclo de inyección	25
2.7.	Comportamiento de inyección.....	26
2.8.	Control del sistema Common Rail con Control de Diesel Electrónico (EDC).....	27
2.8.1.	Sensores	28
2.8.2.	Control electrónico Diesel – EDC (Control Electrónico Diesel).....	30
2.8.3.	Inyectores Common Rail Bosch	32
2.8.4.	Funcionamiento de la excitación de los inyectores electromagnéticos Bosch.	40
2.8.5.	Características de los inyectores con válvula electromagnética Bosch.....	41
CAPITULO III.....		42
3.	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	42
3.1.	Equipos de comprobación	42
3.2.	Banco de prueba Bosch EPS 200.....	42
3.2.1.	Descripción de los componentes del banco EPS 200:.....	43
3.2.2.	Descripción de la pantalla de pruebas del banco EPS 200.....	45
3.3.	Multímetro	46
3.4.	Osciloscopio Finest 1006.....	47
3.5.	Especificaciones de los inyectores Bosch.	48

3.6.	Montaje e inspección de los equipos e inyectores	50
3.6.1.	Inspección previa para el uso del banco EPS 200.....	50
3.6.2.	Protocolo para el montaje de inyectores.....	52
3.6.3.	Conexión del osciloscopio a los inyectores.	54
3.7.	Procedimiento de pruebas para los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250”.	56
3.7.1.	Pruebas mecánicas e hidráulicas.....	56
3.8.	Descripción de las pruebas para los inyectores Common Rail.	56
3.8.1.	Pruebas realizadas por el Banco EPS.....	58
3.8.2.	Prueba de estanqueidad:.....	58
3.8.3.	Prueba de plena carga (VL).....	58
3.8.4.	Prueba de inyección previa (VE).....	59
3.8.5.	Prueba de entrega de caudal en emisiones (EM).....	60
3.8.6.	Prueba de caudal en ralentí (LL).....	60
3.8.7.	Pruebas eléctricas.	60
CAPITULO IV		61
4.	ANÁLISIS DEL RESULTADO DE LAS PRUEBAS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DEL INYECTOR CRDI BOSCH.....	61
4.1.	Introducción.....	61
4.2.	Desarrollo de las pruebas.	62
4.3.	Descripción de la gráfica de inyección para los inyectores electromecánicos Bosch.....	62
4.4.	Inyector CRIN Bosch 0445120289.....	63
4.4.1.	Prueba de estanqueidad.....	64
4.4.2.	Prueba de plena carga o VL.	66
4.4.3.	Prueba de caudal para emisiones.	67
4.4.4.	Prueba de caudal en ralentí.....	69
4.4.5.	Prueba de caudal en inyección previa.	70
4.5.	Inyector CRI Bosch 0445110250.	72
4.5.1.	Prueba de estanqueidad.....	73

4.5.2.	Prueba de plena carga o VL	74
4.5.3.	Prueba caudal para emisiones o EM	75
4.5.4.	Prueba de caudal en ralentí o LL	76
4.5.5.	Prueba de caudal para inyección previa o VE	76
4.6.	Componentes de los inyectores Common Rail, sometidos a mayor desgaste.	78
4.7.	Problemas al utilizar el osciloscopio.....	80
CAPITULO V.....		82
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1.	Conclusiones	82
5.2.	Recomendaciones.....	82
Bibliografía.....		83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Operacionalización de variables dependiente e independiente de la investigación.....	5
Tabla 2.1. Comparación de sistemas de inyección diésel.....	8
Tabla 2.2 Características principales de los sistemas Common Rail.....	13
Tabla 2.3. Toberas Bosch.....	24
Tabla 3.2. Conectores a utilizar según el tipo de medida a realizar.....	47
Tabla 3.3. Revisión previa del banco EPS 200.....	50
Tabla 3.4. Revisión e instalación del inyector.....	52
Tabla 3.5. Instalación del osciloscopio a los inyectores.....	54
Tabla 3.6. Procedimiento para la extracción de inyectores.....	55

INDICE DE FIGURA

Figura 1.1. Ubicación del Laboratorio Los Turbos.....	4
Figura 2.1. Tipo de inyección de motores diésel.	7
Figura 2.2 Componentes iniciales y finales de la combustión en el motor	8
Figura 2.3. Bomba inyectora lineal	9
Figura 2.4. Bombas rotativas	9
Figura 2.5. Sistema Common Rail.....	10
Figura 2.6 Relación entre la presión de inyección y velocidad del motor en diferentes sistemas de inyección..	11
Figura 2.7 Aumento de prestaciones.	12
Figura 2.8. Esquema del sistema Common Rail.....	12
Figura 2.9. Diagrama del sistema de combustible Diesel Bosch y Denso Common rail. ..	13
Figura 2.10. Componentes del sistema de alimentación	14
Figura 2.11. Depósito de combustible	14
Figura 2.12 Representación interna y externa del filtro de combustible.	15
Figura 2.13. Componentes de la electrobomba de combustible	16
Figura 2.14. Bomba de engranajes	16
Figura 2.15. Calefacción del combustible.....	17
Figura 2.16. Esquema de la bomba de alta presión.....	18
Figura 2.17. Riel común	19
Figura 2.18. Sensor de presión de combustible.	19
Figura 2.19. Esquema de la válvula limitadora de presión.....	20
Figura 2.20. Riel común con Válvula de control de presión con solenoide.....	20
Figura 2.21. Esquema del funcionamiento de la válvula de control con solenoide abierta	21
Figura 2.22. Esquema del funcionamiento de la válvula de control con solenoide cerrada.	21
Figura 2.23. Diseños de inyectores de tetón.....	22
Figura 2.24. Inyector de orificios.	22
Figura 2.25. Fase de apertura de un inyector con estrangulamiento.	22
Figura 2.26. Fase de apertura del inyector con doble muelle.	23
Figura 2.27. Toberas Bosch.	24
Figura 2.28. Principales componentes del sistema Bosch de riel común.	25
Figura 2.29. Desarrollo de la inyección de diferentes sistemas de inyección diesel.	27

Figura 2.30. Esquema del transmisor de presión.	28
Figura 2.31. Curva característica del sensor de temperatura.	29
Figura 2.32. Medidor de masa de aire	30
Figura 2.33. Sistema Bosch EDC.....	31
Figura 2.34. Esquema eléctrico de alimentación para el inyector con electroválvula.	31
Figura 2.35. Oscilograma típico de un inyector con electroválvula.	32
Figura 2.36. Esquema del inyector y variables de funcionamiento para una inyección múltiple.	33
Figura 2.37. Funcionamiento del inyector Common Rail.	34
Figura 2.38. Equilibrio de presiones aplicada al inyector.	34
Figura 2.39. Reposo del inyector.....	35
Figura 2.40. Operación del inyector.	36
Figura 2.41. Suma de retrasos.	37
Figura 2.42. Relación entre caudal inyectado, presión y tiempo de activación de electroválvula.....	38
Figura 2.43. Curvas de funcionamiento de la electroválvula, aguja del inyector y válvula de control.....	39
Figura 2.44. Funcionamiento del inyector Bosch de electroválvula.	41
Figura 3.1. Descripción del banco EPS 200.....	43
Figura 3.2. Identificación de conexión para los inyectores.	44
Figura 3.3. Visión lateral seccionada del banco EPS 200.	45
Figura 3.4. Descripción de la pantalla del banco EPS 200.....	45
Figura 3.5. Vista esquemática del multímetro digital.	47
Figura 3.6. Osciloscopio OTC 3840F.....	48
Figura 3.7. Inyector CRIN 0445120289.	49
Figura 3.8. Esquema del inyector 0445110250.	50
Figura 3.9. Mapeo del inyector	57
Figura 3.10. Curva característica de trabajo en la prueba de inyección previa.	59
Figura 4.1. Grafica de inyección de un inyector electromecánico.	63
Figura 4.2. Inyector 0445120289.	64
Figura 4.3. Prueba de estanqueidad antes de arrancar.....	65
Figura 4.4. Caudal de retorno en prueba de estanqueidad.....	65
Figura 4.5. Prueba de plena carga	66
Figura 4.6. Grafica de activación en el trabajo de plena carga.	67

Figura 4.7. Prueba de comportamiento del inyector respecto a emisiones contaminantes.	68
Figura 4.8. Gráfica del comportamiento de la inyección del inyector 0445120289, durante la prueba de emisiones contaminantes	68
Figura 4.9. Caudal de inyección aportado por el inyector 0445120289 usado	69
Figura 4.10. Medición de caudal de inyección en ralentí.	69
Figura 4.11. Grafica de inyección de ralentí para el inyector 0445120289	70
Figura 4.12. Prueba del comportamiento del inyector para inyecciones previas.	70
Figura 4.13. Grafica de preinyección del inyector 0445120289.....	71
Figura 4.14. Resultados de la medición de caudales arrojados durante cada prueba.....	72
Figura 4.15. Resultados de medición para inyectores 0445120289.	72
Figura 4.16. Despiece del inyector 0445110250.	73
Figura 4.17. Trabajo del inyector 0445110250 en estanqueidad.....	74
Figura 4.18. Trabajo del inyector 0445110250 a plena carga.....	74
Figura 4.19. Curva de inyección del inyector 0445110250, durante plena carga.....	75
Figura 4.20. Trabajo del inyector 0445110250 para el control de emisiones	76
Figura 4.21. Trabajo del inyector 0445110250 en ralentí	76
Figura 4.22. Trabajo del inyector 0445110250 en inyección previa.	77
Figura 4.23. Curva del inyector 0445110250 en inyección previa.....	77
Figura 4.24. Resultados de medición del inyector 0445110250.	78
Figura 4.25. Componentes de un inyector Common Rail sometidos a mayor desgaste. ...	78
Figura 4.26. Válvula de control de un inyector Common Rail.	79
Figura 4.27. Desgaste en asiento de válvula de control.	79
Figura 4.28. Asiento del orificio de retorno de la válvula de control desgastado.	80
Figura 4.29. Tratamiento de una válvula de control.	80
Figura 4.30. Grafica de inyección inversa.....	81

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Definición del problema

Dentro del sector automotriz ecuatoriano los vehículos diésel cumplen un papel importante, en la actualidad los vehículos diésel cumple una normativa ambiental que trata de reducir la mayor cantidad de emisiones contaminantes. Es por esto que el sistema de inyección de riel común, es una innovación para los vehículos diésel los cuales ayudan a que el vehículo tenga una mayor eficiencia a distintos regímenes del motor.

Los sistemas de riel común cumplen con las normas ambientales más exigentes y esto se debe a su sofisticado sistema electrónico, cada elemento del sistema cumple un papel importante informando a la unidad de control electrónica sobre las presiones y consumo que se tienen dependiendo del régimen de motor.

Es primordial tener un estudio que base sus argumentos en los desempeños que tienen los inyectores dentro del sistema de riel común, donde existan pruebas mecánicas y eléctricas, con este fin recopilar información técnica que ayude a tomar comportamientos de datos erróneos, mala dosificación o por alguna anomalía dentro del mecanismo sea esta por un envejecimiento prematuro.

El problema a desarrollar es el desempeño que tienen estos inyectores por la influencia de los parámetros mecánicos y electrónicos en los inyectores Bosch.

1.2. Formulación del problema

¿Qué parámetros son necesarios al momento de evaluar el funcionamiento de los inyectores bobinados del sistema Common Rail Bosch?

1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál es la importancia de que un inyector se encuentre en óptimas condiciones?

- ¿Cuántos tipos de pruebas son necesarias para comprobar el buen funcionamiento de un inyector Common rail?
- ¿Con las pruebas realizadas en el Banco EPS 200, se podrá evaluar qué elemento del inyector se encuentra fuera del límite de trabajo?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Comprobar el comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores por medio de una comparativa para generar información técnica de los parámetros de funcionamiento de los inyectores Common Rail marca Bosch.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Desarrollar pruebas de orden mecánico a través de un accionamiento electrónico para diagnosticar los inyectores Common Rail.
- ✓ Comprobar que los datos obtenidos en las pruebas a los inyectores se encuentre dentro de los parámetros establecidos por el fabricante.
- ✓ Elaborar un análisis comparativo de las pruebas realizadas en el banco EPS 200.

1.5. Justificación y delimitación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

En la actualidad el mercado automotriz ecuatoriano los vehículos diésel incorporan sistemas de inyección directa denominados Common Rail, que conlleva a personas involucradas en el área tengan un conocimiento adecuado para su manejo. En el proceso de la investigación se tomará como base teórica y práctica donde se usan varios métodos según la ciencia particular de que se trate y conforme a los acuerdos concretos de los objetivos de estudio buscan informar al lector acerca del desempeño que tienen los inyectores Bosch.

1.5.2. Justificación metodológica

La metodología que se requiere para este proyecto es experimental ya que debido al desarrollo se requerirán de pruebas de laboratorio y operaciones de ciertas variables. Es necesario considerar la opinión de expertos para en base a sus perspectivas también desarrollar la propuesta. Dentro de la metodología se definen las técnicas de investigación así como los instrumentos en donde se recolecta la información. Es importante tomar en consideración la metodología científica acerca de los sistemas CRDI para así poder generar una idea sobre el desempeño que tienen en los vehículos diésel.

1.5.3. Justificación práctica

El aporte de esta investigación se profundiza en los motores diésel con sistema CRDI donde se enfocara en el análisis y pruebas de los inyectores Bosch de manera que se pueda obtener una información relevante de manera que sea útil para futuras investigaciones ya que estos inyectores serán sometidos a pruebas mecánicas y eléctricas como si se encontraran funcionando en el motor, así el lector podrá diagnosticar de manera efectiva las condiciones de uso y consumo de combustible implementando un diagnostico técnico con datos exactos, en el menor tiempo y a un costo bajo.

1.5.4. Delimitación temporal

El trabajo se desarrollará desde el mes de julio del 2018, hasta enero del 2019, lapso que permitirá realizar la investigación, así como diseñar la propuesta.

1.5.5. Delimitación geográfica

El trabajo se desarrollará en la ciudad de Guayaquil, en Laboratorio Los Turbos, el cual está ubicado en la calle Febres Cordero entre la 15va y 16va.

1.6.2. Operacionalización de variables

Tabla 1.1. Operacionalización de variables dependiente e independiente de la investigación.

Hipótesis General	Variable Independiente	Variable dependiente	Indicadores
Análisis del comportamiento mecánico y eléctrico de los inyectores cuando se encuentren en distintos regímenes de trabajo.	Comportamiento de los inyectores sometidos a distintos regímenes de funcionamiento.	Analizar las curvas características de cada inyector.	Características de funcionamiento de cada inyector.
Comparación entre dos inyectores electromagnéticos de Bosch	Funcionamiento de los inyectores electromagnéticos	Comparar el funcionamiento de los inyectores electromagnéticos de Bosch.	Tipo de inyección que realiza cada inyector

(Noboa, 2018)

CAPITULO II

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. El diésel y sus propiedades.

El gasóleo es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene por la destilación fraccionada del petróleo, las principales características del diésel son:

- Se inflama bajo una fuerte presión.
- Se deben añadir aditivos para evitar que el combustible se congele a bajas temperaturas y favorecer a la fluidez.
- Tienen baja acidez o porcentaje de corrosión.
- Escaso contenido en azufre y sustancias pegajosas.

Entre las propiedades más importantes tenemos:

- Número de cetanos
El número de cetanos (NC) es la capacidad que tiene el diésel para inflamarse en relación a la facilidad de combustión, su fórmula semi-desarrollada es: $C_{16}H_{34}$; siendo formada por elementos de, C (Carbono) y H (Hidrogeno).
- Punto de inflamabilidad
Nos indica a que temperatura el combustible empieza a arder cuando se pone en contacto con una llama. En el diésel comercial este índice está entre los 55 °C y 60 °C.
- Poder calorífico y densidad
El poder calorífico del diésel se encuentra a 10500 kcal/kg, indicándonos la cantidad de calor producida por la combustión completa de un kilogramo de sustancia. La densidad del diésel se encuentra entre 0,83 kg/l a 15 °C
- Punto de cristalización
Es importante para climas fríos, las parafinas pueden obstruir el circuito de alimentación, el punto de cristalización del diésel debe estar entre -20 °C y -30 °C
- Contenido de azufre
El azufre puede llegar a ser toxico, y a la vez ayuda a la lubricación del sistema de inyección, este llega a ser dañino para el motor cuando se combina con el vapor de

agua produciendo ácido sulfúrico que es altamente corrosivo cuando se condensa (entre 80 y 88 °C).

- Volatilidad

Tiene una menor importancia que la gasolina, dado que el combustible se que a medida que es inyectado.

- Viscosidad

La viscosidad del diésel se encuentra entre 1,9 y 4,1 centi-Stokes a 40 °C.

- Temperatura del combustible

De una buena temperatura depende una buena dosificación, las variaciones de temperatura influyen en la densidad, y está sobre la masa, para un mismo volumen. Es por esto que el sistema dispone de calefactores como refrigeradores, ayudando a mantener una temperatura estable del diésel.

2.2. Proceso de combustión del motor diésel.

La presión de aire de admisión para motor un motor diesel puede oscilar entre 35 y 70 bares. El aire introducido al cilindro se comprime fuertemente en el tiempo de compresión alcanzando temperaturas superiores a 600 °C. Los motores Diésel la combustión se procede de dos maneras según como se introduzca el combustible; inyección directa (Direct Injection) los cuales llegan a tener una presión de inyección de 240 y 260 bares, mientras que la inyección indirecta (Indirect Injection) poseen una presión de inyección de hasta 120 bares. (Pérez, 2011)

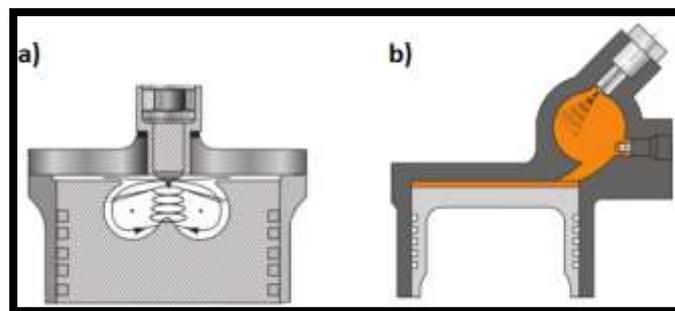


Figura 2.1. Tipo de inyección de motores diésel.
a) Motores de inyección directa; b) Motores de inyección indirecta
(Sánchez, 2012)

Entre las principales características de los dos sistemas de inyección se muestran en la tabla 2.1:

Tabla 2.1. Comparación de sistemas de inyección diésel.

Inyección Directa	Inyección Indirecta
El diésel es inyectado directamente en el interior del cilindro.	El combustible es inyectado en la pre cámara situada en el cabezote.
Los inyectores poseen mayores orificios.	Los inyectores poseen un solo orificio.
Presión de inyección más elevada.	Presiones de inyección menores.
Mejor rendimiento y menor consumo específico.	El funcionamiento del motor es más suave
Arranque en frío más rápido	Menor emisión contaminante.

(Sánchez, 2012)

Las emisiones contaminantes del diésel son parecidas a los que generan los motores de gasolina, en la figura 2.2, se nota la diferencia de las emisiones en un motor diésel en buenas condiciones generan menor contaminación que un motor a gasolina. El contaminante típico de un motor diésel es conocido como hollín.

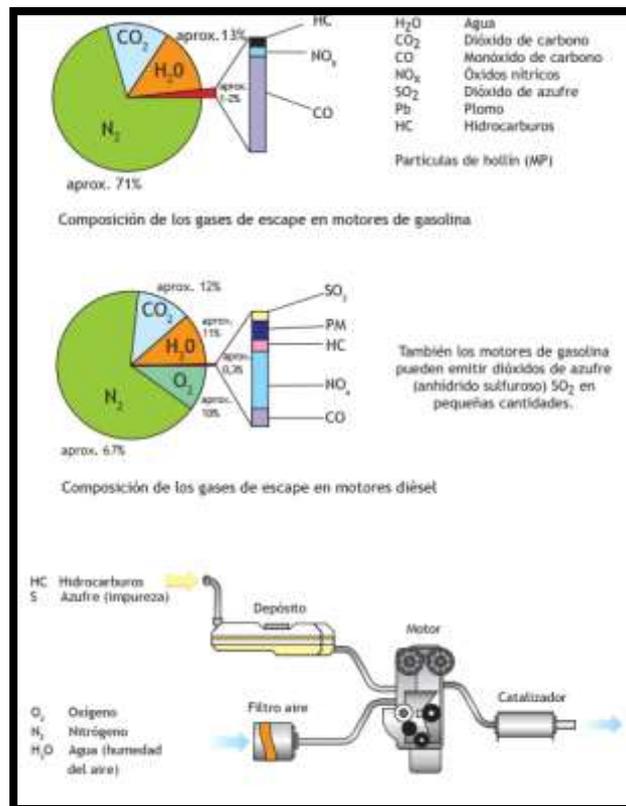


Figura 2.2 Componentes iniciales y finales de la combustión en el motor

(Sánchez, 2012)

2.3. Clasificación de los sistemas de inyección diésel

Los sistemas de inyección diésel pueden agruparse en función de diversas variables, indicándose de forma más extendida a continuación:

2.3.1. Sistemas mecánicos

El accionamiento de las bombas se lleva a cabo, generalmente, mediante el mecanismo de mando de distribución, siendo accionadas por la propia correa o cadena de distribución. Cabe distinguir a estos sistemas de inyección, en función del tipo de bomba inyectora como se observa en las figura 2.3; 2.4:

- Bomba inyectora en línea

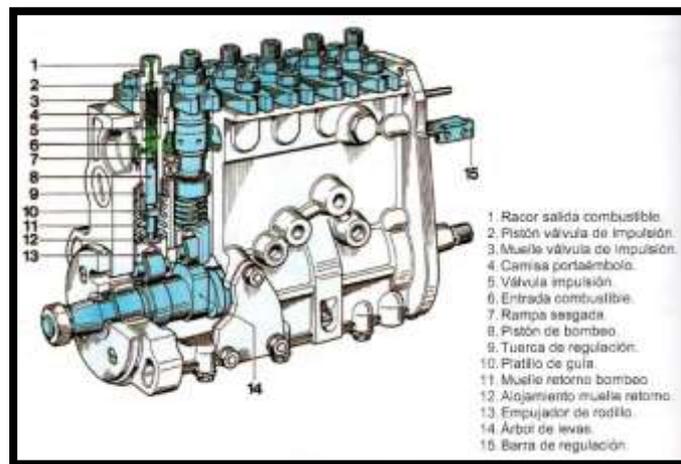


Figura 2.3. Bomba inyectora lineal
(Pérez, 2011)

- Bomba inyectora rotativa

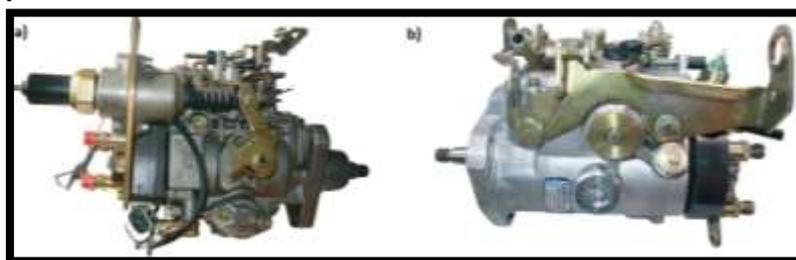


Figura 2.4. Bombas rotativas
a) Bomba Rotativa Axial VE; b) Bomba rotativa Lucas DPC
(Sánchez, 2012)

- a) Bomba de émbolo axial

Genera la presión de inyección para todos los cilindros mediante el movimiento longitudinal de un pistón que distribuye el combustible al mismo tiempo por medio de un movimiento giratorio.

b) Bomba émbolo radial.

El elemento de bombeo está formado de dos, tres o cuatro émbolos dispuestos radialmente, cuyo desplazamiento es perpendicular al eje de giro de la bomba.

2.3.2. Sistemas de control electrónico

El control de las diversas variables que está sometido el combustible se lleva a cabo mediante una centralita de gestión, a partir de la información emitida por unos sensores o captadores (parámetros de entrada), contrastada con su programación (ley de gestión del motor), generando órdenes de salida a diversos actuadores

- **Sistema de inyección Common Rail.**

La estructura de funcionamiento es similar a un sistema de inyección electrónica de gasolina, la diferencia es que generan presiones de hasta 2000 bares en comparación a los 3 bares de un motor de inyección indirecta a gasolina. La combinación del tiempo de apertura y presión de combustible determina la dosificación del mismo, por tanto el nivel de carga, Actualmente existen dos variantes según el inyector tenemos uno por electro-válvula encargada del pilotaje hidráulico del inyector, y sistemas comandados por tipo solenoide y los que aprovechan las propiedades piezoeléctricas de ciertos materiales para el comando del mismo.

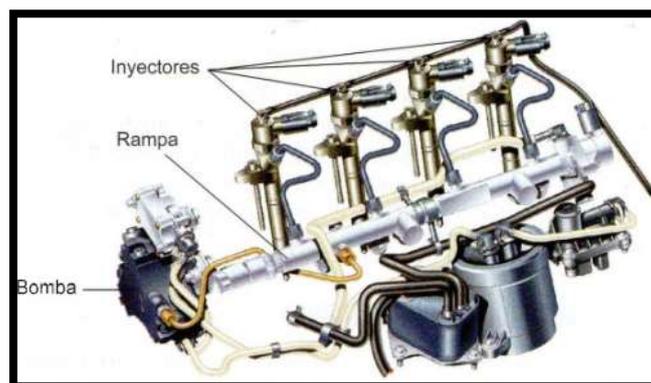


Figura 2.5. Sistema Common Rail.
(Pérez, 2011)

El sistema de riel común proporciona una serie de ventajas, frente a los sistemas de inyección convencional, como:

a) Presión de combustible independiente de la velocidad del motor y las condiciones de carga.

Esta característica lo diferencia de los sistemas de inyección por bomba distribuidora, aquí la presión de inyección aumenta según la velocidad del motor, como se ilustra en la figura 2.6, esto beneficia a que el motor produzca un par de torsión más alto a velocidades bajas, especialmente si se usa un turbocompresor de geometría variable.

Como menciona, (Hannu Jääskeläinen, 2015): “La presión del combustible en los sistemas de riel común permite controlar la velocidad y carga del motor para de esta manera optimizar las emisiones y rendimiento, al mismo tiempo garantiza que la durabilidad del motor no se vea comprometida.”

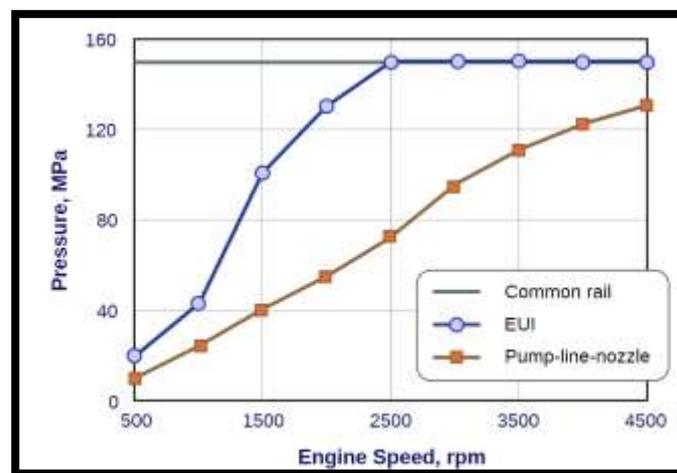


Figura 2.6 Relación entre la presión de inyección y velocidad del motor en diferentes sistemas de inyección. (Hannu Jääskeläinen, 2015)

b) Menores requisitos de torque de la bomba de combustible más bajos.

Los sistemas de inyección de combustible de alta presión proporcionan una energía de mezclado y buena preparación de rociado necesaria para tener un bajo porcentaje de partes por millón de hollín (PM) e hidrocarburos no quemados (HC).

c) Calidad de ruido mejorada.

La introducción de una inyección piloto ayuda a reducir el ruido y las bajas emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), al entregar pequeñas cantidades de combustible antes de la inyección principal, brindando un funcionamiento más estable en todo el rango de carga/velocidad del motor.

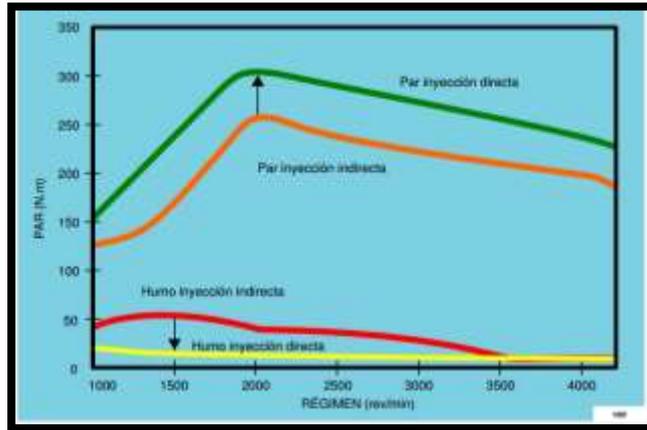


Figura 2.7 Aumento de prestaciones.
(Delphi, 2007)

2.4. Funcionamiento y constitución del sistema Common Rail

La función en los sistemas Common Rail es de acumular el combustible a alta presión, donde todos los inyectores se encuentran conectados al conducto común, de aquí deriva el nombre Common Rail. Es un sistema de inyección electrónico que cuenta con un depósito de combustible, bomba alimentadora, filtro de combustible, tuberías de alta y baja presión, bomba de alta presión, riel acumulador, inyectores como se puede observar en la figura 2.8. Este sistema mantiene una precisión muy elevada de dosificación, permitiendo cumplir las normativas anticontaminantes.

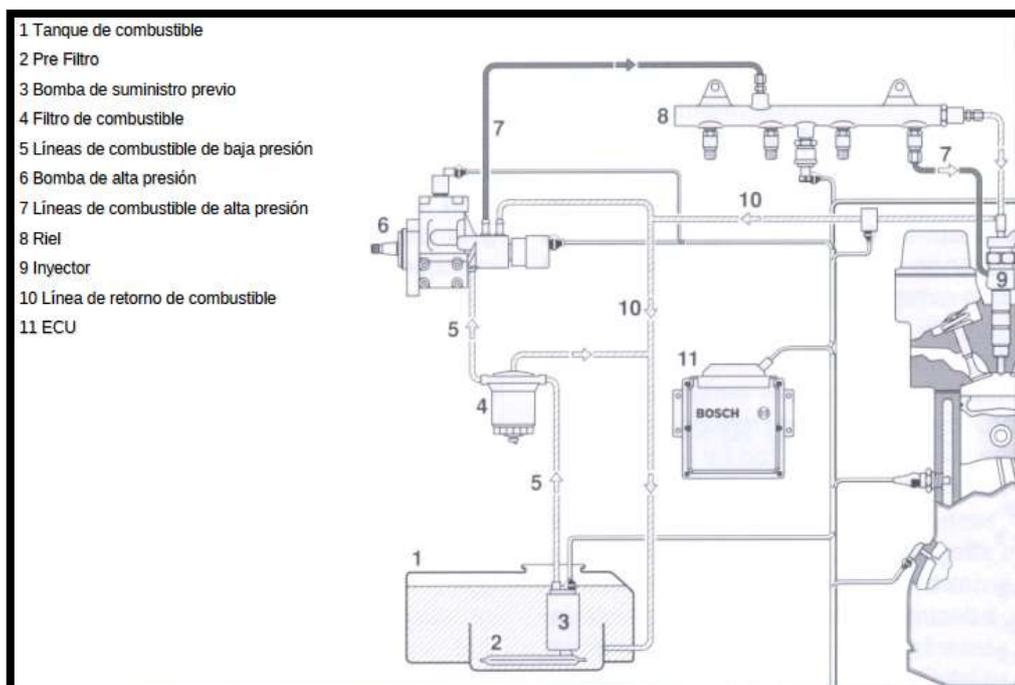


Figura 2.8. Esquema del sistema Common Rail.
(Bosch, 2007)

Una vez que el motor se ponga en marcha, todos los sensores conectados en el motor informan sobre las presiones, temperaturas, revoluciones, posición del acelerador y otros parámetros de funcionamiento que sean importantes para el fabricante a la Unidad de Control Electrónica (ECU) o Módulo de Control Electrónico (ECM).

En la tabla 2.2, se pueden observar ejemplos característicos de las presiones de combustible según el modelo de fabricante:

Tabla 2.2 Características principales de los sistemas Common Rail.

Bosch	Denso	Delphi
1era Generación: Unijet: 1350 Bar (19580 PSI)	1era Generación: EDC-U2P: 1450 Bar (21030 PSI)	Multec: 2000 Bar (29007 PSI)
2da Generación: EDC 16: 1600 Bar (23206 PSI)	2da Generación: HP3/HP4: 1800 Bar (26106 PSI)	
3era Generación: 2000 bar (29007 PSI)		

(Noboa, 2018)

Cada fabricante de los sistemas de riel común, se diferencia en; diseño, diagrama de componentes y de funciones específicas, como se puede observar en la figura 2.9, sin embargo, todos operan bajo el mismo principio.

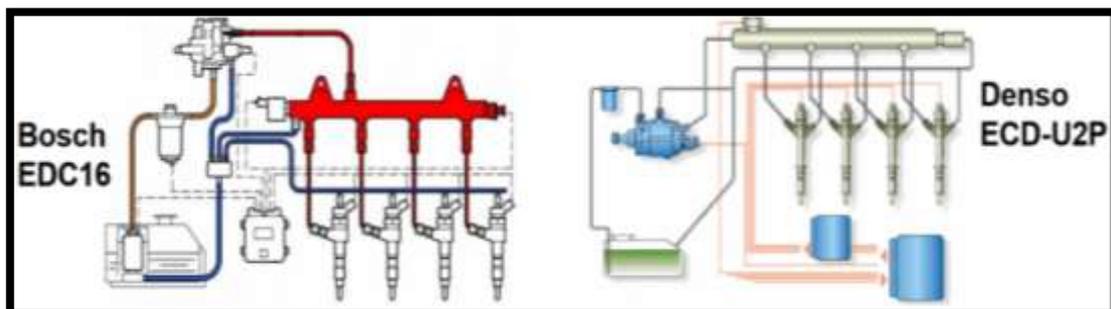


Figura 2.9. Diagrama del sistema de combustible Diesel Bosch y Denso Common rail.
(Kitchen, 2012)

Todos los sistemas Common Rail están constituidos en los siguientes grupos principales:

- Circuito de alta presión, formada por todos los elementos de alimentación de combustible.

- Circuito de alta presión, formada por la bomba de alta presión, el riel común, los inyectores y las tuberías de alta presión.
- El sistema de regulación electrónica (EDC), formada por sensores, unidad de control y elementos de regulación del sistema.

2.4.1. Circuito de alimentación de combustible.

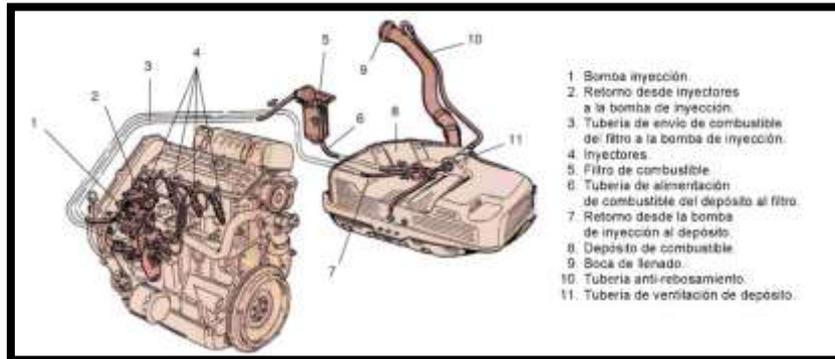


Figura 2.10. Componentes del sistema de alimentación (Pérez, 2011)

a) Circuito de baja presión.

En el sistema de baja presión abarcan los siguientes componentes:

- **Depósito de combustible**

En la figura 2.11, se puede observar un depósito de combustible, este debe resistir a la corrosión y mantenerse totalmente estancos, en su interior almacena la bomba de baja presión, y una válvula de aireación.



Figura 2.11. Depósito de combustible (Pérez, 2011)

- **Tuberías de combustible de baja presión**

Son las encargadas de transportar el diésel del depósito a la bomba de alta presión, así retornar el sobrante al depósito. Se encuentran formadas por tramos rígidos; de latón o PVC y tramos elásticos; manguitos de caucho o PVC. Usan un revestimiento especial como trenzado de nylon o alambre para que no se descompongan por el diésel.

- **Filtro de combustible**

Se encuentran constituido por un cartucho de papel o fieltro, con capacidad de retener partículas de hasta 0,015 mm. Este elemento puede integrarse en una cuba, plástica o metálica, forma un conjunto soporte en el que se disponen las tuberías de entrada, salida y retorno, sistema de calefacción del diésel y en mayoría de casos un sistema de purga, como se puede apreciar en la figura 2.12.

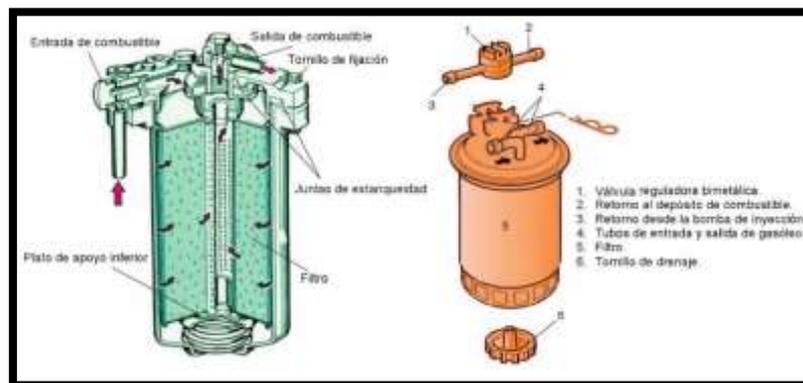


Figura 2.12 Representación interna y externa del filtro de combustible.
(Pérez, 2011)

- **Bomba de alimentación**

Es la encargada de suministrar el diésel a la bomba de alta presión, son empleadas:

Sistemas de control electrónico: Se energizan con 12 V por un relé doble de inyección desde la puesta del contacto de 2 a 3 segundos y durante la marcha del motor. La bomba de combustible aspira el combustible, en dirección al sistema de inyección de alta presión (60 a 200 l/h, 300 a 700 kPa).

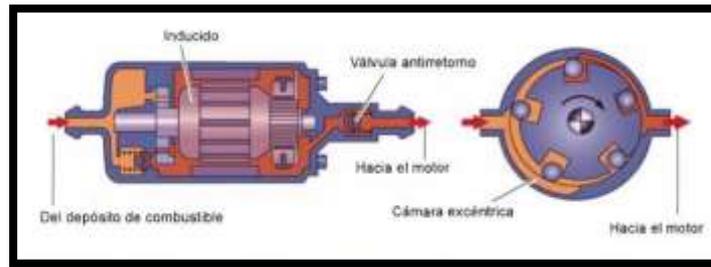


Figura 2.13. Componentes de la electrobomba de combustible (Pérez, 2011)

Sistemas mecánicos: Se utiliza bomba de engranajes para vehículos de turismo de alta gama o vehículos industriales que utilicen un motor de seis cilindros, este tipo de bomba asegura el caudal en cada riel, siendo una bomba puramente mecánica accionada por la bomba de alta presión o por el árbol de levas del motor, a continuación en la figura 2.14, se puede observar este tipo de bomba.

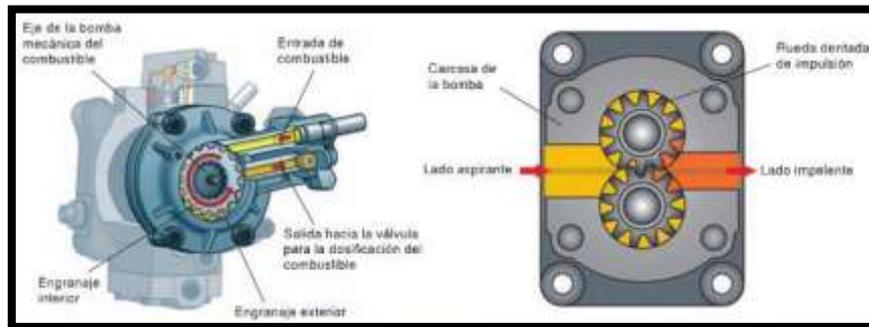


Figura 2.14. Bomba de engranajes (Pérez, 2011)

- **Calefactores de combustible.**

Son sistemas que aportan calor al combustible, se los ubica en el soporte del filtro, la misión de los calefactores es de estabilizar la densidad del combustible.

Calefactores eléctricos: Se usan resistencias que reciben excitación por parte de la computadora, estas entran en funcionamiento cuando el sensor de temperatura de combustible indica que está por debajo de los 15 °C, si la temperatura del motor es fría.

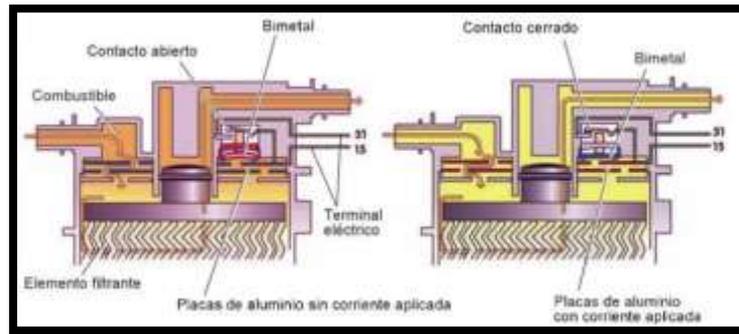


Figura 2.15. Calefacción del combustible.
(Pérez, 2011)

- **Refrigeradores de combustible**

Debido a las altas presiones que se somete el combustible, de hasta 2000 bares, la temperatura se ve incrementada considerablemente, y debido a que la temperatura es inversamente proporcional a la densidad a mayor temperatura menor densidad, para esto se dispone de un intercambiador de calor, estos disponen de un bypass el cual permite que el combustible retorne hacia el motor, en vez de al depósito, permitiendo así que el combustible se enfríe por el radiador específico.

b) Circuito de alta presión

Dentro del circuito de alta presión del sistema de Common Rail, tenemos:

- **Bomba de alta presión**

Tiene la función de generar presión necesaria para pulverizar el combustible. La alta presión se genera por tres elementos que están en un ángulo de 120° entre sí. Como se puede observar en la figura 2.16. Puede llegar a absorber hasta una potencia de 3,8 kW, al encender el vehículo después de 1,5 vuelta del motor, la presión suministrada al inyector por la bomba alcanza los 200 bares. La presión de combustible de funcionamiento debe variar de 200 y 1350 bares.

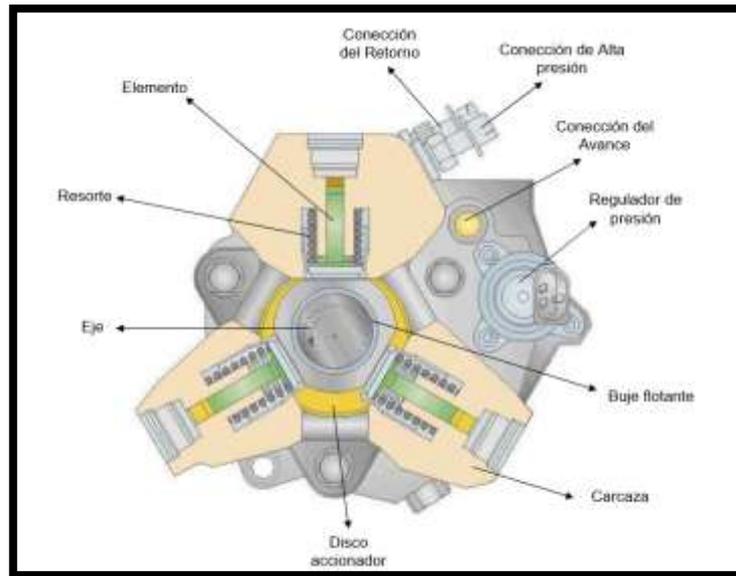


Figura 2.16. Esquema de la bomba de alta presión.
(Bosch, 2016)

- **Cañerías alta presión**

Dadas las elevadas presiones que han de soportar, de forma pulsatoria deben ser especialmente robustas, que dispongan de cierta elasticidad y maleabilidad, para adaptarse a las condiciones de funcionamiento en las que se ha de desarrollar su función.

- **Rail o acumulador de alta presión**

Está situado entre la bomba de alta presión y los inyectores, el combustible suministrado a este riel común a alta presión proveniente de la bomba de alta presión, este riel almacena el combustible y distribuye a cada inyector. Este riel mantiene presiones de 300 a 400 bares (4351 - 5802 PSI) cuando el motor se encuentra en ralentí, y una presión máxima que va de los 1600 a 2000 bares (23206 - 29008PSI).

- Almacenar la cantidad de combustible independientemente de la fase de funcionamiento del motor.
- Amortiguar las pulsaciones creadas por los inyectores durante su apertura.
- Mantener conectados los elementos del circuito de alta presión: tubería de alimentación de los inyectores, sonda de temperatura de combustible, captador de alta presión, limitador de flujo y regulador de presión dependiendo de su fabricación.



Figura 2.17. Riel común
(Kitchen, 2012)

- **Sensor de presión de combustible**

Este se encarga de monitorear la presión en el riel común, funciona por medio de un material piezo-resistivo, posee tres pines como se puede ver en la figura 2.18.

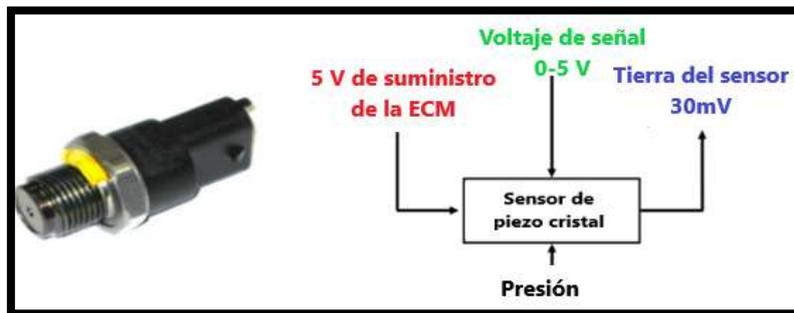


Figura 2.18. Sensor de presión de combustible.
(Kitchen, 2012)

La ECM del motor suministra 5 voltios al sensor de presión, la válvula resistiva del sensor crea cambios de voltajes según la presión que se encuentre en el riel, este cambio de voltaje es enviado a la ECM por medio del cable de señal, estos voltajes pueden variar:

- Motor apagado: ~0,5V
- Motor en ralentí: ~1,32V
- Aceleraciones repentinas: >3,77V

- **Válvula limitadora de presión en el riel (mecánica)**

La válvula limitadora de presión mecánica es montada en algunos sistemas y está ubicado al final del riel, como se puede observar en la figura 2.19, la función principal es de aliviar la presión en riel, en el caso que se llegase a generar una presión muy alta.

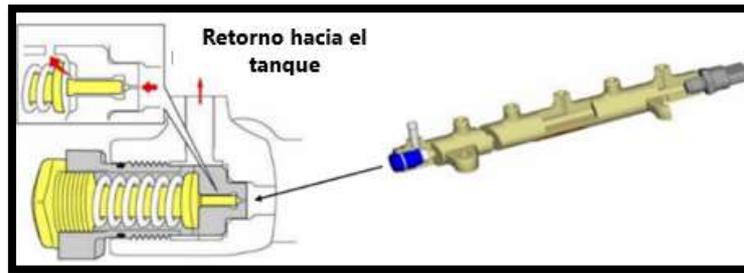


Figura 2.19. Esquema de la válvula limitadora de presión.
(Kitchen, 2012)

El rango de operación de esta válvula limitadora es:

- A 230 MPa (2300 bar) la válvula permite el retorno.
- A 50 MPa (500 Bar) la válvula permanece cerrada.

- **Válvula solenoide de control de presión de combustible**

Este tipo de válvula recibe energía por parte de la ECM del motor, esta a su vez se encarga de enviarle pulsos negativos, normalmente la frecuencia de operación es de 1000 Hz.

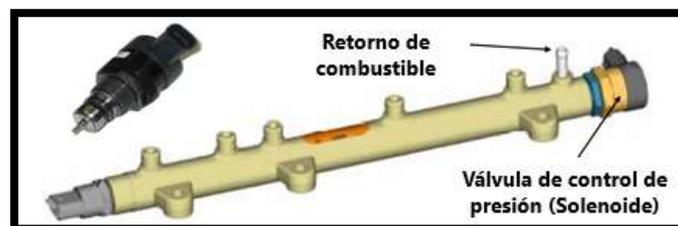


Figura 2.20. Riel común con Válvula de control de presión con solenoide.
(Kitchen, 2012)

Cuando la válvula de control de presión no tiene energía de activación, se habilita el paso al retorno de combustible hacia el tanque, reduciendo la presión en el riel, como se puede ver en la figura 2.21.

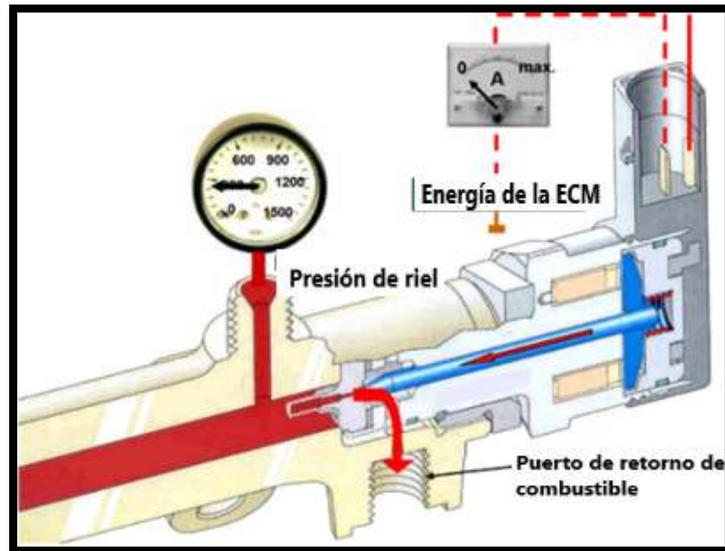


Figura 2.21. Esquema del funcionamiento de la válvula de control con solenoide abierta.
(Kitchen, 2012)

Al momento que la válvula se energiza, la presión en el riel aumenta restringiendo el paso al retorno por la válvula de control, como se puede ver en la figura 2.22.

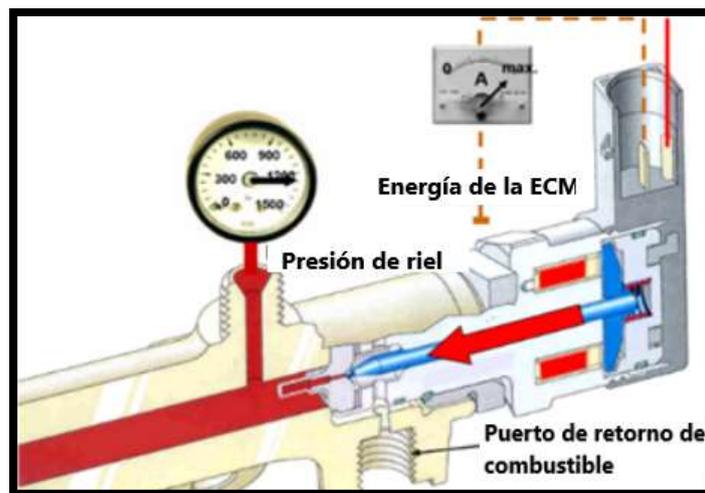


Figura 2.22. Esquema del funcionamiento de la válvula de control con solenoide cerrada.
(Kitchen, 2012)

- **Inyectores**

Por medio de este elemento se permite inyectar combustible a la cámara de combustión, básicamente se encuentra formado por una aguja que cierra el orificio de salida del combustible, debido a la fuerza que ejerce un muelle antagonista, de cuyo tarado depende la apertura del mismo. En la práctica, la forma del chorro y pulverización estarán en dependencia de la forma de aguja y zona de asiento, además está sirve como guía y recibe el nombre de tobera. La tobera y el muelle están integrados en un conjunto formado por dos elementos; el porta inyector y la porta-tobera.

a) Tipos de toberas.

- De tetón

Proporcionan un único chorro, con forma más o menos cónica, según la geometría del citado tetón, disponen por tanto de un único orificio de salida, con un diámetro que oscila entre 1 y 3 mm.

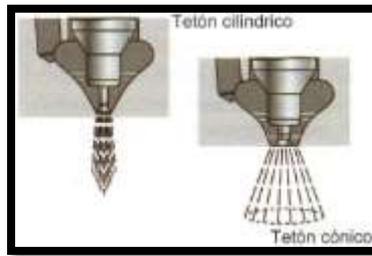


Figura 2.23. Diseños de inyectores de tetón.
(Pérez, 2011)

- De orificios

Este tipo de inyectores se emplean en motores de inyección directa, la tobera dispone de múltiples orificios, el número de orificios y disposición variaran en función del motor.

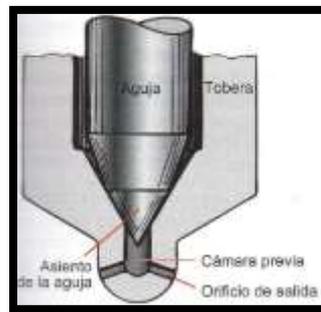


Figura 2.24. Inyector de orificios.
(Pérez, 2011)

- Con estrangulamiento

Tiene similitud al inyector de tetón, dispone de un rebaje con forma anular, permite que, en la primera fase de apertura, el caudal de salida sea muy reducido.

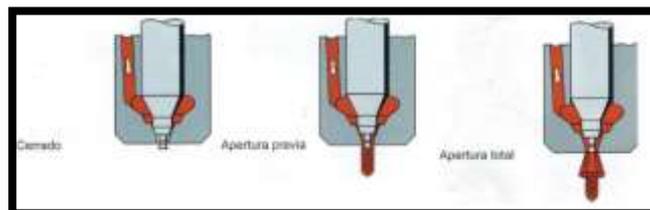


Figura 2.25. Fase de apertura de un inyector con estrangulamiento.
(Pérez, 2011)

- **De doble muelle**

Son empleados en motores de inyección directa con bomba inyectora electrónica, ayudan a disminuir los valores máximos de presión, suavizando la combustión. Disponen de un segundo muelle por encima del principal, con menor tarado que este, el cual permite que la inyección se efectúe en dos fases:

- Primera fase, carrera inicial

Cuando en la tobera existe una presión de 110 bares, la aguja empieza a ascender comprime al muelle más pequeño, teniendo así un aporte pequeño de combustible a baja presión.

- Segunda fase, carrera principal

Cuando la presión aumenta a 250 bares, se produce la inyección del diésel restante, esta apertura se efectúa, como consecuencia de la compresión total del muelle pequeño.

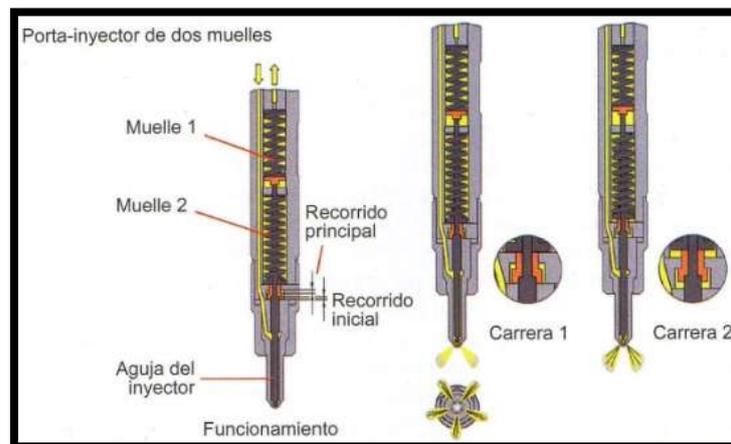


Figura 2.26. Fase de apertura del inyector con doble muelle.
(Pérez, 2011)

b) Toberas Bosch.

En la tabla 2.3, nos muestra las características que ofrece la marca Bosch para los inyectores de alta presión:

Tabla 2.3. Toberas Bosch.

Características	Ventajas	Beneficios
Precisión de los orificios de inyección	Pulverización perfecta	Combustible completo.
Sellado todo en línea interna de contacto	Mayor sellado interno	No gotea, ahorro de combustible.
Holgura de la aguja y del cuerpo del inyector	Garantiza el funcionamiento perfecto para máxima eficiencia de combustible.	Ahorro en el consumo de combustible y menor emisión contaminante.

(Bosch, 2016)

Las toberas reacondicionadas sufrirán mecanización para devolverles la forma original, al rectificar la superficie de la aguja se retira parte del recubrimiento de cromo, reduciendo la durabilidad, comprometiendo la pulverización del combustible. Al reacondicionar la tobera todo el material sufre fatiga, arriesgando la vida del motor, en la figura 2.27, se muestran las características de la tobera Bosch.

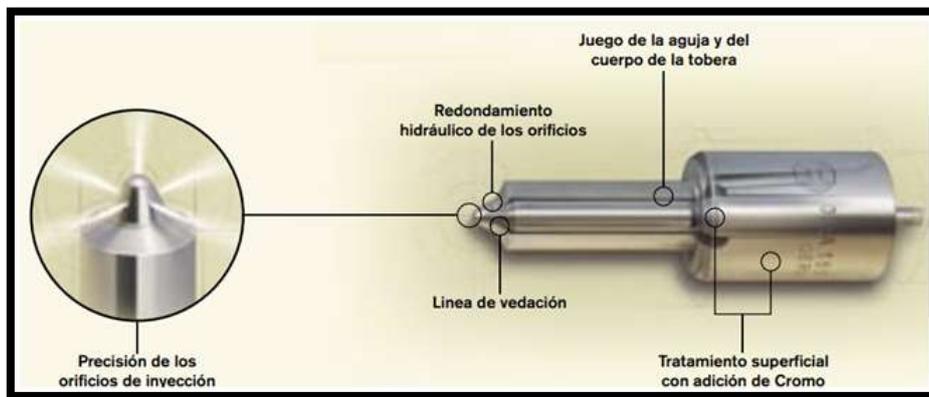


Figura 2.27. Toberas Bosch.

(Bosch, 2016)

Durante el tiempo de vida útil la tobera del inyector tiene más de mil millones de carreras de apertura y cierre, esta debe ser capaz de asegurar una estanqueidad a 2050 bar. Como menciona (Cabezas & Freire, 2018)

“Los caudales de inyección varían entre 1 mm³ (inyección previa) y 50 mm³ (plena carga), para vehículos livianos entre 3 mm³ (inyección previa) y 350 mm³ (plena carga) para camiones. Los 350 mm³ equivalen a 12 gotas de agua grandes de lluvia, la misma que

es obligada a atravesar en apenas 2 ms, los agujeros de las toberas de 0,25 mm² de sección; lo cual implica que el combustible sale a velocidades de 2000 km /h.” (pág. 43)

2.5. Sistema Common Rail Bosch y partes principales.

La presión del combustible, el inicio y fin de inyección son precisamente calculados por la unidad de comando a partir de informaciones obtenidas de los diversos sensores instalados en el motor, lo que proporciona excelente desempeño, bajo ruido y la mínima emisión de gases contaminantes. En los sistemas Bosch Diésel de riel común, se encuentran los siguientes elementos:



Figura 2.28. Principales componentes del sistema Bosch de riel común. (Bosch, 2016)

2.6. Fases del ciclo de inyección

Debido a que este sistema utiliza inyectores electrónicos permite estructurar un aporte de combustible en tres fases: preinyección, inyección principal y una post-inyección.

- **Preinyección**

La preinyección o inyección piloto consiste en introducir una pequeña cantidad de combustible, antes de la inyección principal, ayudando a que la combustión tenga un mejor desarrollo ya que esta fase permite un aumento de temperatura y presión en la combustión. Actualmente existen sistemas que permiten tener dos preinyecciones antes de la principal, con lo que ayuda reducir el ruido del motor, esta segunda preinyección solo se da en momentos de ralentí y a regímenes bajos con poca carga.

- **Inyección Principal**

Esta inyección es la que produce trabajo, aportando una mayor cantidad de combustible. Actualmente se pueden efectuar en dos fases, así se obtiene una combustión más suave y reduce las emisiones de partículas contaminantes.

- **Post-inyección**

Se da después de la inyección principal, ayudando incrementando la temperatura de los gases residuales y quemar las partículas de hidrocarburos que no se hayan quemado en la combustión principal. En algunos modelos puede llegar a tener dos post-inyecciones llegando a tener un mejor control con las citadas funciones de esta fase.

2.7. Comportamiento de inyección

En los sistemas Common Rail la generación se encuentra separadas de la generación de presión y la inyección, la presión de inyección se genera de manera independiente del régimen del motor y el caudal de inyección. El conductor se encarga de preestablecer un caudal de inyección en dependencia de la aceleración y la unidad de control se encarga de calcular campos característicos, dando así orden a las electroválvulas de los inyectores para que el inyector actúe sobre cada cilindro del motor. Estos logros permiten:

- Reducir el consumo de combustible, emisiones contaminantes y ruidos del motor la inyección debe de producirse en forma temporal y exacta.
- La presión de inyección pueda adaptarse a cada punto de servicio del motor (carga, régimen)
- La inyección sea concluida de forma confiable, en el caso de haber una post-inyección descontrolada las emisiones contaminantes serían mayores.

Sin depender de la aplicación cumplen las siguientes funciones, como se puede observar en la figura 2.29, esta nos muestra como trabajaría el motor según las presiones de inyección.

- Inyección previa (1) reduce las emisiones de NO_x y el ruido de la combustión,
- Desarrollar un ascenso en la presión durante la inyección principal para reducir las emisiones de NO_x ,
- Producir una presión en forma de rebote (4) durante la inyección principal, esto ayudara a que se reduzcan las emisiones de NO_x y hollín.
- Una presión alta constante durante la inyección principal (3,7) para reducir las emisiones de hollín durante una retroalimentación de gases de escape,
- Realizar una posterior seguida de la inyección principal (8) para reducir las emisiones de hollín o,
- Una inyección posterior retrasada (9) como medio reductor para un catalizador NO_x .

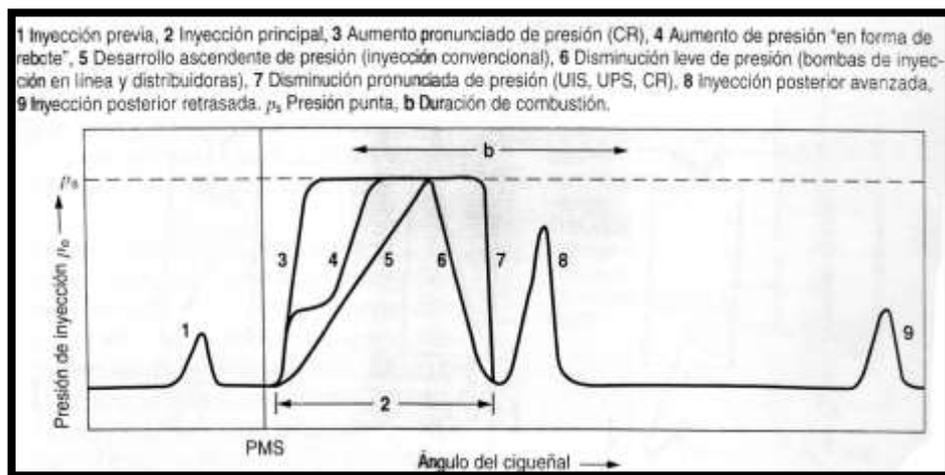


Figura 2.29. Desarrollo de la inyección de diferentes sistemas de inyección diesel. (Bosch, 2005)

2.8. Control del sistema Common Rail con Control de Diesel Electrónico (EDC)

La regulación electrónica, se divide en tres bloques:

- Sensores y transmisores de valor teórico para registrar los estados de servicio y valores teóricos, esta lectura de magnitudes físicas se transforma en señales eléctricas.
- La unidad de control se encarga de analizar por medio de algoritmos de cálculo, para formar señales eléctricas de salida.

- Actuadores son controlados por las señales provenientes de la unidad de control, estos se encargan de transformar esas señales eléctricas en magnitudes mecánicas.

2.8.1. Sensores

Para el buen funcionamiento del sistema de inyección electrónica son fundamentales dispositivos que sean capaces de captar como se encuentra trabajando el motor.

- **Sensores de revoluciones del cigüeñal**

Un sensor ubicado cerca de la rueda transmisora del cigüeñal suministra información sobre la posición de los pistones de todos los cilindros, ya que esta información es necesaria para el momento de inyección, estas señales servirán como parámetro básico para el cálculo de:

- Caudal de inyección
- Regulación del comienzo de inyección
- Recirculación de gases de escape
- Pre calentamiento
- Señal para el cuadro de instrumentos.

- **Sensor de presión de admisión y atmosférico**

Ambos sensores son de tipo piezoeléctricos y registran variaciones de presión, el sensor de presión de admisión es usado para monitorear la presión máxima del intercooler, el sensor atmosférico es usado para el cálculo del valor de la limitación de la sobrealimentación.

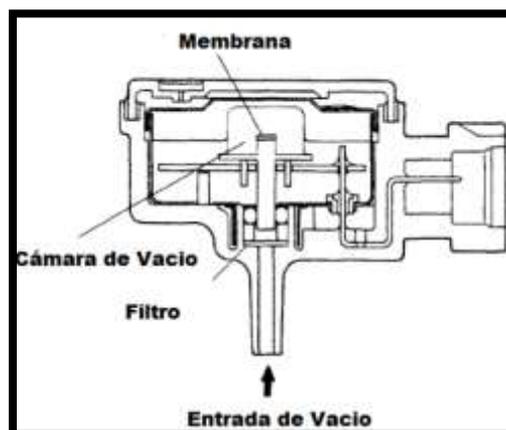


Figura 2.30. Esquema del transmisor de presión.
(Cise Electronics Corp., 2010)

- **Sensores de revoluciones del árbol de levas**

El árbol de levas controla las válvulas de admisión y escape en el motor, la posición de este ayudará a determinar si un pistón se mueve hacia el punto muerto superior, se encuentra en tiempo de compresión con encendido sucesivo o en el tiempo de escape.

- **Sensores de temperatura**

Funcionan con una resistencia la cual cambiara según la temperatura, es decir, por ejemplo la resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta, presentando un coeficiente negativo como se puede observar en la figura 2.31, y forma parte de un circuito divisor de tensión que es abastecido con 5 V, esta disminuirá a través de la resistencia.

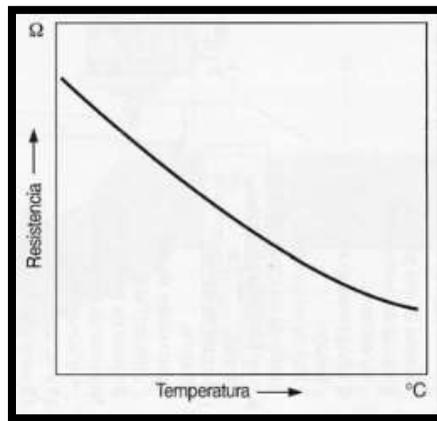


Figura 2.31. Curva característica del sensor de temperatura.
(Bosch, 2005)

- **Medidor de masa de aire de película caliente**

La misión de este sensor es informar a la unidad de control sobre la masa aspirada por el motor, la magnitud de resistencia varía en función de la temperatura y masa de aire que pasa por el medidor y luego será transformada en una señal de tensión, esta señal se utiliza para:

- Calcular el porcentaje de recirculación de gases de escape. Reduciendo el índice de NOx
- Regulación del caudal máximo a inyectar.

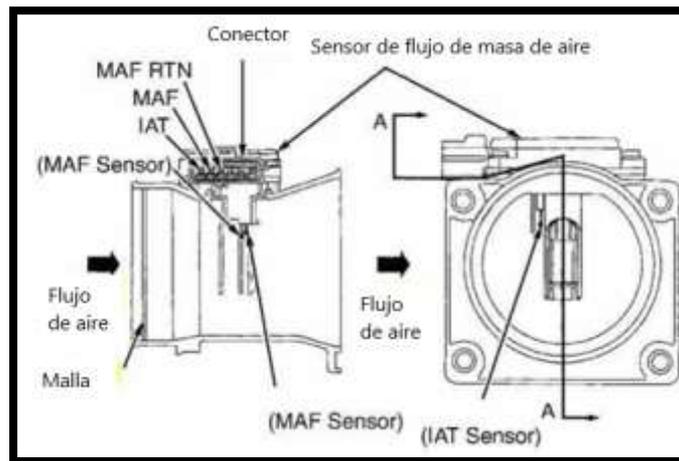


Figura 2.32. Medidor de masa de aire
(Cise Electronics, 2018)

- **Sensor del pedal del acelerador**

La posición del pedal de aceleración es una señal básica para el cálculo de inyección y regulación del comienzo de inyección, esta señal se la usa para controlar la presión de sobrealimentación y la recirculación de gases de escape.

2.8.2. Control electrónico Diésel – EDC (Control Electrónico Diesel).

La unidad de control se encarga de evaluar las señales de los sensores y las limita al nivel de tensión admisible, los microprocesadores reciben estos datos de entrada y según campos característicos almacenados en memoria, los tiempos de inyección y momentos de inyección y transforman estos tiempos en desarrollos temporales de señal que están adoptados al movimiento del motor.

Con las señales de salida se activan las etapas finales que suministran suficiente potencia para los actuadores de regulación y presión del Rail y para la desconexión del elemento. El sistema de control electrónico permite tener una configuración exacta para diferentes volúmenes de inyección, de esta manera se puede cumplir con las exigencias impuestas al motor diésel moderno, como son la reducción del consumo de combustible, y emisiones contaminantes al mismo tiempo aumentando la potencia/torque del motor.

Diferenciando el sistema con bombas inyectoras lineales o distribuidoras convencionales, con el sistema EDC, el conductor no influye sobre el volumen inyectado, como se mencionó este se encuentra determinado por factores como:

- Posición del acelerador (solicitud del conductor)
- Régimen de funcionamiento
- Temperatura del motor

- Efecto de las emisiones contaminantes.



Figura 2.33. Sistema Bosch EDC.
(Bosch, 2008)

2.8.2.1 Circuito interno del EDC para el control de los inyectores

Para el control de los inyectores por electroválvula, el EDC se encarga de excitar dicha electroválvula descargando energía que previamente ya almacenaba en un capacitor o condensador. El circuito interno del EDC dispone de una fuente que eleva la tensión manteniendo cargado al capacitor que luego se encarga de descargarlo sobre el inyector. En la figura 2.34, se muestra la base del funcionamiento de este circuito.

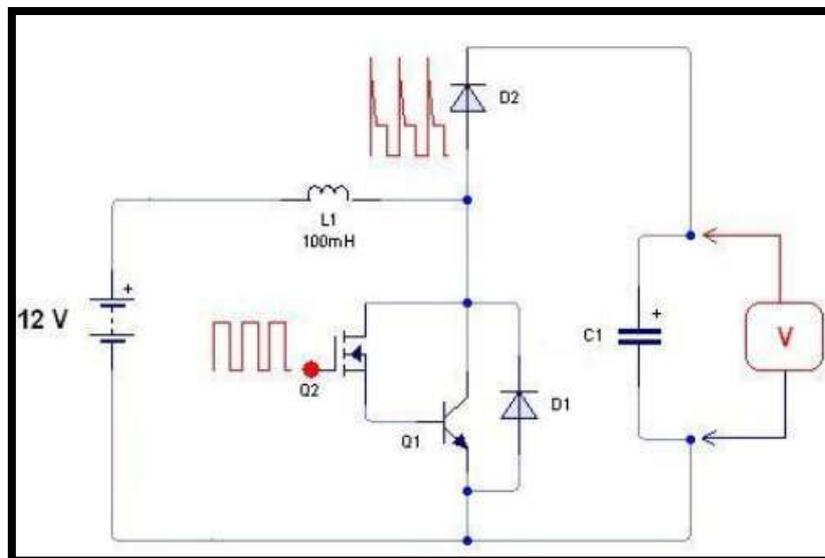


Figura 2.34. Esquema eléctrico de alimentación para el inyector con electroválvula.
(Cise Electronics Corp., 2018)

La tensión de batería de 12 voltios es aplicada al circuito de la figura, el positivo llega a la bobina L1. El otro extremo de la bobina es conmutado a negativo por el transistor Q1 disparado a alta frecuencia desde el transistor Q2. Q2 en este caso es un transistor Mosfet, y terminal G (Gate), está siendo excitado a alta frecuencia (10 a 20 KHz) con pulsos provenientes de un generador no detallado en este análisis. Como consecuencia da la

rápida conmutación a masa en el extremo frío de la bobina L1 se producen picos de tensión inducida que alcanzan los 100 voltios aproximadamente. (Cise Electronics Corp., 2018)

La autoinducción de la bobina L1 genera picos de tensión positivos, como se puede observar en la figura 2.36, que pasan al diodo D2 llegando a acumularse en el capacitor C1.

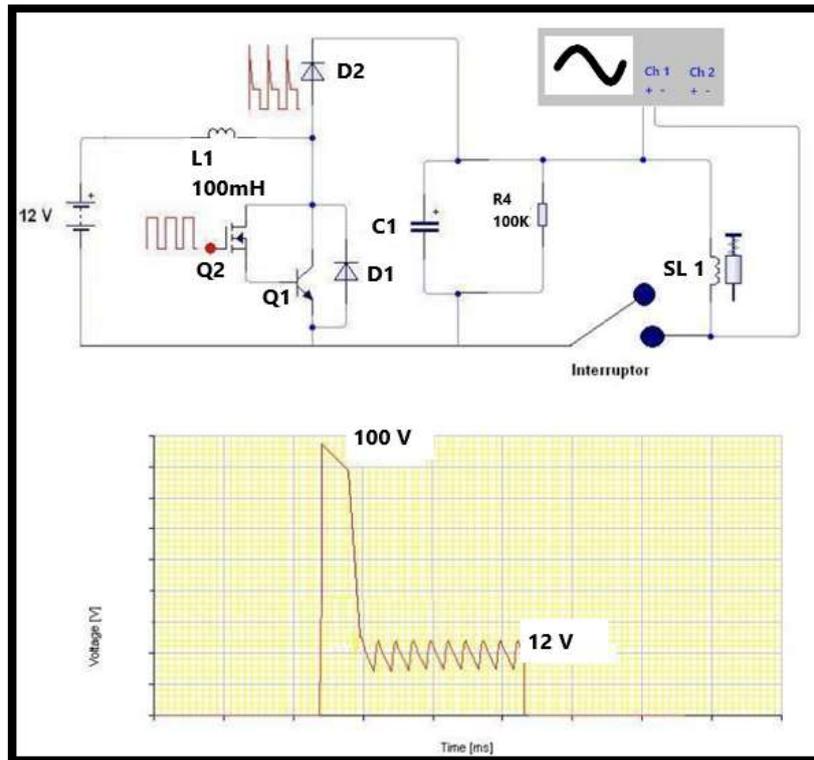


Figura 2.35. Oscilograma típico de un inyector con electroválvula.
(Cise Electronics Corp., 2018)

En el esquema eléctrico que se mostró en la figura 2.34, se añade un interruptor al ser activado y desactivado rápidamente el osciloscopio muestra una forma de onda típica de un inyector bobinado. La onda pulsante que se observa en la figura 2.35, tiene una frecuencia de conmutación del generador que excita al terminal G Q2.

2.8.3. Inyectores Common Rail Bosch

Los inyectores de riel común de primera y segunda generación son del tipo electromagnético con mando electrónico, siendo gobernados por la unidad de control. Consiguiendo simplificar el sistema de inyección teniendo una mejor precisión a la hora de inyectar el combustible.

2.8.3.1 Operación del inyector.

Debido a que las presiones no son controladas nítidamente con la activación de la electroválvula, se juega para ello con la diferencia de presiones existentes entre dos puntos del vástago solidario a la aguja del inyector. A continuación en la figura 2.37, se muestra el esquema del inyector, el mismo está conformado por:

- Tobera multiorificio D, con un muelle que presiona la aguja de la tobera contra el asiento,
- Una varilla P, la cual se mueve en conjunto con la aguja de la tobera cuando hay un proceso de inyección.
- Un orificio E, el que suministra combustible a un volumen de control donde se encuentra la parte superior de la varilla.
- Orificio S, es la salida del volumen de control, cuya apertura y cierre está controlada por la válvula solenoide.

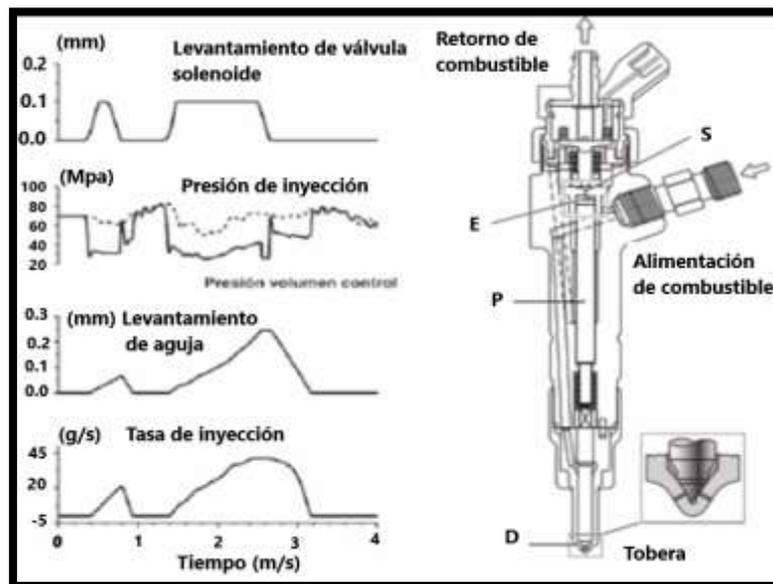


Figura 2.36. Esquema del inyector y variables de funcionamiento para una inyección múltiple. (Gimeno, 2012)

La operación de los inyectores de riel común tiene un parecido a los inyectores de gasolina, el combustible procedente del riel entra al inyector produciendo una bifurcación en dos partes a esto se lo denomina como presión diferencial. Estos inyectores permanecen cerrados por la presencia de un muelle antagonista, encargándose de mantener en equilibrio las presiones opuestas sobre el conjunto vástago-aguja.

La diferencia respecto a los inyectores de mando mecánico se diferencia en la parte superior disponen de una cámara de control por encima de la prolongación de la aguja, es aquí que la presión es igual a la del riel común. Disponen para ello de un orificio de alimentación, cuyo diámetro determinara el caudal máximo que pueda almacenarse en la cámara de control.

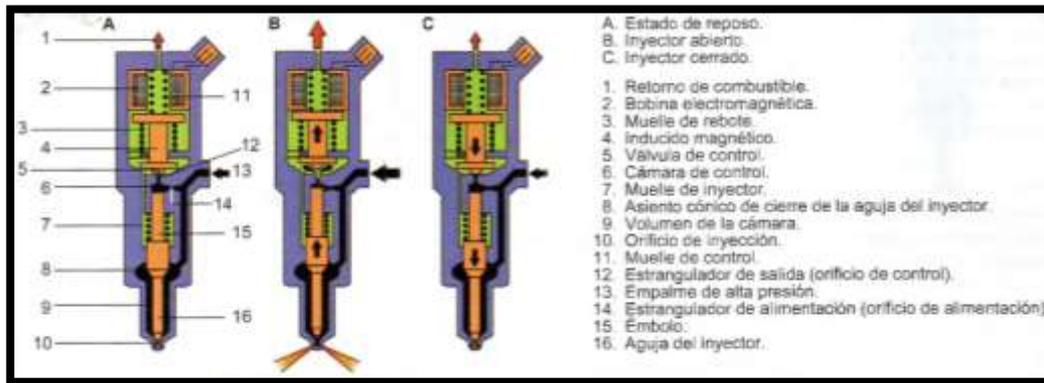


Figura 2.37. Funcionamiento del inyector Common Rail.
(Pérez, 2011)

En la parte superior está ubicada una válvula de control, que comunica directamente con el retorno, la apertura se encuentra contrarrestada por un muelle antagonista, llamada muelle de control, el orificio que comunica con el retorno es denominado orificio de control, su diámetro es proporcional al orificio de alimentación. Dicha relación de diámetros influirá en las características de la duración de la inyección.

La electroválvula dispone de un vástago el cual sirve como núcleo, que está sometido a los efectos del campo magnético generado por el solenoide, dicho vástago es solidario a una bola que, al ajustar en su asiento, efectúa el cierre de la válvula de control. En la figura 2.39, se puede observar la energización en la electroválvula.

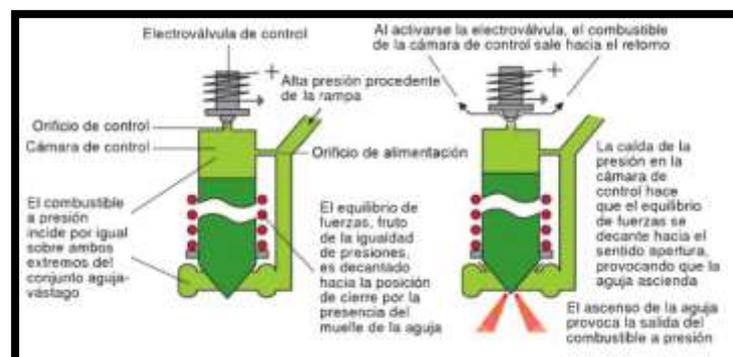


Figura 2.38. Equilibrio de presiones aplicada al inyector.
(Pérez, 2011)

2.8.3.2 Proceso mecánico de apertura de los inyectores

El funcionamiento del inyector tiene cuatro estados de servicio, según se encuentre el motor en marcha y la bomba de alta presión en funcionamiento:

- Posición de reposo o inyector cerrado
- Comienzo de Apertura o apertura del inyector
- Inyector totalmente abierto
- Cierre del inyector o final de inyección.

Como se mencionó anteriormente estos estados de servicios se regulan por la distribución de fuerzas de los componentes del inyector. (Calle, 2014)

- **Posición de reposo o cierre**

En este momento la presión en el riel incide sobre la cámara de presión del inyector, pero esta no se abre por la presencia de un muelle que actúa sobre la aguja del embolo del inyector y la que se ejerce sobre la cámara de control. Como se puede observar en la figura 2.39, existe una contrapresión en la parte inferior y superior del inyector, permitiendo que el inyector se mantenga cerrado.

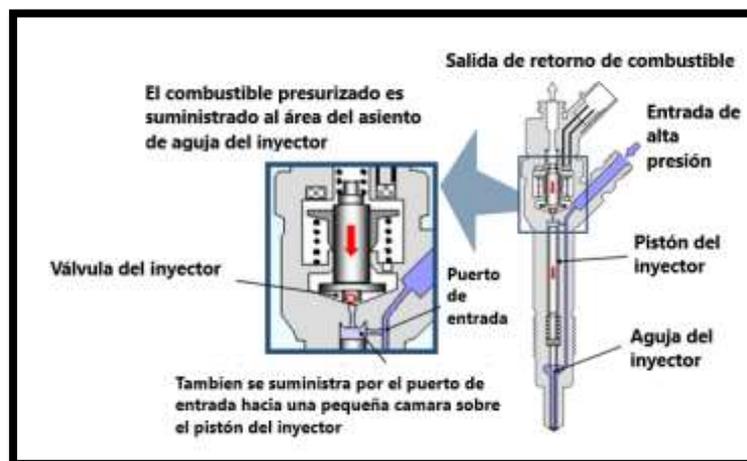


Figura 2.39. Reposo del inyector.
(Kitchen, 2012)

- **Comienzo de apertura**

Cuando la bobina del solenoide es alimentada por la unidad de control, está permite vencer la resistencia del muelle antagonista, abriendo la válvula de control. Desde que la unidad de control comienza con la alimentación al solenoide hasta que termina es llamada como tiempo de excitación. Cabe mencionar que debido a la inercia que ofrecen los componentes de la válvula junto a la resistencia del muelle antagonista, hace que se

produzca un retraso en la apertura del inyector, a esto se lo conoce como retraso de excitación.

Este proceso permite que la presión en la cámara de control descienda permitiendo que el combustible retorne hacia el tanque. Debido a que el orificio de retorno es mayor al de alimentación, siendo el caudal de salida mayor al de entrada la presión no cae inmediatamente, este proceso es conocido como retraso en la apertura de la válvula de control, siendo este de naturaleza hidráulica.

Sucesivamente al disminuir la presión en la cámara de control, el volumen de diésel que existía en la cámara es reemplazado por el vástago que asciende, perdiendo que el equilibrio de fuerzas entre ambos extremos del conjunto aguja-vástago decante a favor de la cámara de presión. Como la alimentación sigue estando presente desde el riel y pasa a la cámara de presión este permite que vencer a la resistencia del muelle antagonista del inyector provocando que la aguja se levante del asiento y a su vez estos ingresa a la cámara de combustión por los orificios de la tobera.

El tiempo que ha transcurrido desde que se abre la válvula de control hasta que la aguja del inyector empieza a ascender se lo conoce como retraso en la apertura de la aguja siendo este también de naturaleza hidráulica.

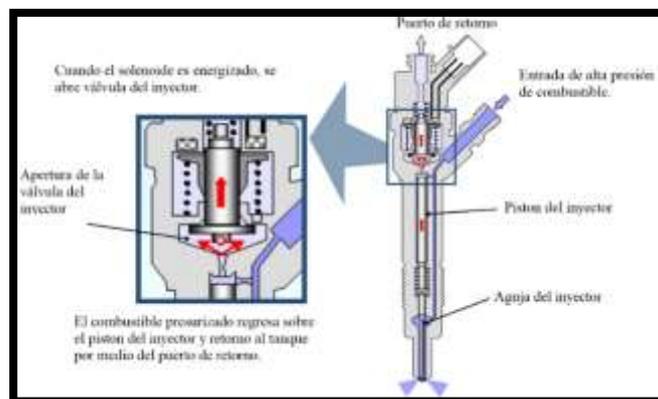


Figura 2.40. Operación del inyector.
(Kitchen, 2012)

Desde que la unidad de control alimenta a la bobina hasta el momento que empieza la inyección se produce el denominado retraso de inicio de inyección, siendo este la suma de todos los retrasos de excitación, como se puede ver en la figura 2.42.

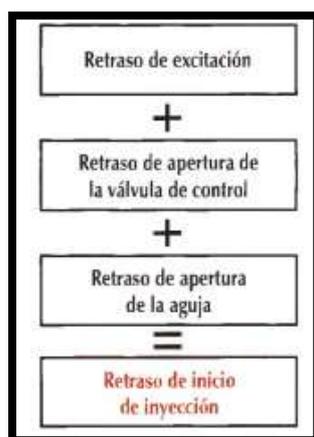


Figura 2.41. Suma de retrasos.
(Pérez, 2011)

- **Inyector totalmente abierto**

Una vez que el pistón del inyector alcanza el tope máximo, este permanece retenido por un volumen de combustible, que sirve de amortiguador (tope hidráulico). En existe una igualdad de presión en el acumulador como en el inyector. El caudal de combustible y la presión son proporcionales al tiempo de conexión de la válvula electromagnética y es independiente del número de revoluciones del motor o de la bomba de alta de presión.

- **Cierre del inyector**

Cuando la unidad de control deja de alimentar al solenoide, el muelle de la válvula de control produce el cierre del retorno de diésel por la válvula de control. En el momento que la unidad de control deja de alimentar al solenoide hasta que la cámara de control se equipara con la presión del riel es conocido como retraso de cierre de la válvula de control.

En el momento que la cámara de control está llena, la presión del riel se transmitirá mediante una onda de presión hacia el inyector, el tiempo que se tomó el sistema para llenar la cámara de control es conocido como retraso al cierre de la aguja. Esto quiere decir que una vez equilibrada la presión del riel con la cámara de control, el conjunto vástago-aguja desciende, por lo que cuando más abierto este el inyector, más tardara en cerrarse en el caso de la inyección principal.

Dentro de estos retrasos el tarado del muelle es el que permite decantar el equilibrio de fuerzas en ambos lados del conjunto aguja-vástago hacia el cierre. Esto quiere decir que, si el tarado fuese excesivo, disminuirá el retraso al cierre, a cambio de aumentar el retraso de apertura.

- **Duración de la inyección**

La duración de inyección está dada por el tiempo transcurrido desde que la aguja del inyector abre hasta el cierre, como se mencionó anteriormente durante el proceso de cierre y apertura, ocurren retrasos, de los cuales se puede decir que:

- Dentro del tiempo de inyección y excitación del solenoide del inyector, existe una distorsión, no solo en cuanto a la duración de ambos, sino más bien el tiempo que transcurre desde que la unidad de control decide la apertura y cierre de la válvula de control hasta que la aguja del inyector abre y cierra respectivamente. Estas distorsiones estarán en dependencia del caudal de inyección, de la presión, el tiempo de excitación del solenoide y a su vez de las inercias que se provoquen en los propios componentes debido a las elevadas presiones.
- Por otra parte, si se tienen elevadas presiones en el sistema, se tendrá un mayor caudal a través de los orificios calibrados de control y alimentación, por lo que será poco relevante los retrasos de cierre de la válvula de control y aguja del inyector.
- Como se observa en la figura 2.42, se deduce que, para un mismo caudal, a medida que se incrementa el régimen, y debido al aumento de presiones, los tiempos de apertura disminuyen. Es algo opuesto a lo que ocurre en los sistemas de gasolina, en los que, al no variar la presión, el caudal se ha de incrementar aumentando los tiempos de apertura. (Pérez, 2011)

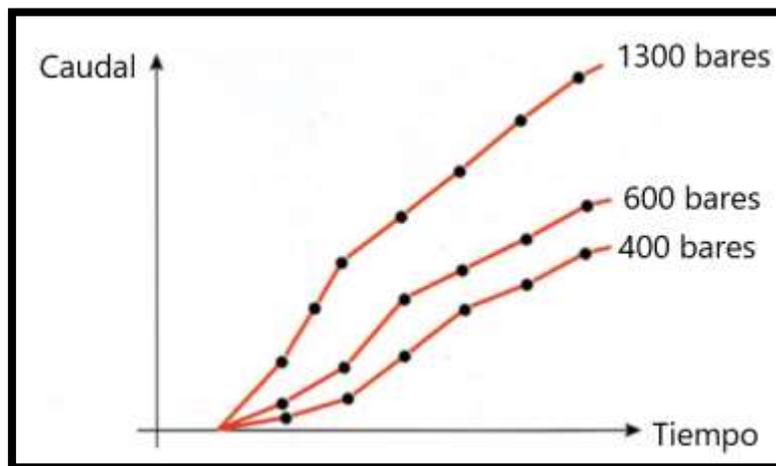


Figura 2.42. Relación entre caudal inyectado, presión y tiempo de activación de electroválvula.

(Pérez, 2011)

- La relación entre los orificios de alimentación y control tienen relevancia en cuanto a los retrasos que se dan durante la fase de apertura, es decir, cuanto mayor sea el orificio de control respecto al de alimentación, mayor diferencia de caudal se tendrá, favoreciendo a la degradación de la presión en la cámara de control. Causando una

disminución en ellos retraso en la apertura y cierre, que llevan a distorsionar el tiempo entre el tiempo de excitación y el tiempo de inyección fuese menor.

- El límite de relación entre las secciones de control y alimentación están limitadas por el propio fabricante. Por lo que, si se tiene un orificio de control muy superior al de alimentación, la fuerza de presión que ejerce en el muelle de la válvula de control sería más elevada. Esto conllevaba a tener un muelle más duro, obligando a utilizar un solenoide más potente, para vencer la resistencia de dicho muelle.
 - Tener un orificio de alimentación conlleva a tener un retraso en el equilibrio de presiones entre la cámara de control y el del riel, esto traería consigo un retraso en el cierre del inyector haciendo que se prolongue el tiempo de excitación.
 - Es por esto que se debe tener precisión en el cálculo de las secciones citadas.
- La figura 2.43, nos muestra la variación que hay entre el tiempo de excitación, la apertura de la válvula de control y la duración de inyección. Si hay un retraso de cierre mayor que el retraso de apertura, la duración de inyección será superior a la de excitación.

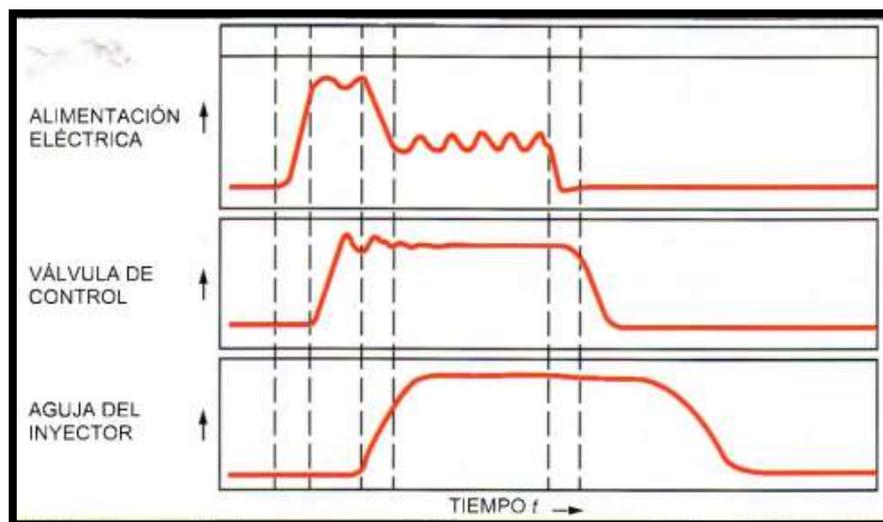


Figura 2.43. Curvas de funcionamiento de la electroválvula, aguja del inyector y válvula de control. (Pérez, 2011)

2.8.3.3 Proceso eléctrico de apertura del inyector

La unidad de control determina la apertura del inyector, y por consiguiente el comienzo de inyección, la señal impartida por la unidad de control se divide en dos fases: corriente de apertura y corriente de mantenimiento.

- **Corriente de apertura.**

Para reducir el retraso de excitación, así como para vencer la resistencia del muelle antagonista de la válvula de control, y mantener el cierre de la válvula. Se genera una corriente de gran potencia, con una tensión de alrededor de 90 V, con una intensidad de 20 A, con una duración de 0,3 milisegundos. Esta corriente se consigue por medio de condensadores, respectivamente la descarga y recarga de los mismos está gobernados por la unidad de control.

- **Corriente de mantenimiento.**

La duración de esta corriente es variable, y estará relacionada según el tiempo de excitación que disponga la unidad de control, esta se forma por un tren de impulsos, de tal manera que la duración de esta corriente está determinada por impulsos.

Así, el tiempo de excitación será la suma de la duración del impulso de apertura, cuya duración es fija, más el tiempo correspondiente al impulso de mantenimiento, cuya duración es variable, para así ajustar indirectamente, el tiempo de inyección. (Pérez, 2011)

De este tiempo de excitación dependerá que la inyección efectuada sea preinyección, inyección principal o una post-inyección.

Cuando se vence la resistencia del tarado de control, la aguja de la válvula de control, se puede mantener abierta con una menor corriente de menor potencia. Esto quiere decir que se el solenoide estará alimentado con un voltaje de 50 V, a una intensidad de menor a 12 A.

2.8.4. Funcionamiento de la excitación de los inyectores electromagnéticos Bosch.

El comando para la activación del inyector tiene un funcionamiento parecido a lo anteriormente mencionado, en la figura 2.43, se muestra el diagrama de funcionamiento del todo el inyector:

Como se ve en la figura 2.44, en la fase 1 de la, se lo conoce como fase de apertura, el inyector recibe una corriente inicial que el EDC coloca sobre el solenoide a 20 A con un voltaje de 100 V aprox., el EDC contiene un circuito de amplificación que es ayudada por un condensador en su interior este se carga con un voltaje mayor para conseguir una rápida activación.

En la fase 2 corriente de atracción, el EDC vuelve a la alimentación de la batería y mantiene los 20 A de suministro con esto evita el sobrecalentamiento por potencia eléctrica. En la fase 3, se puede apreciar la, transición a retención de voltaje.

En la fase 4 corriente de retención, se mantienen los 12 V, y se reduce la corriente sobre el solenoide a 12 A, evitando el sobrecalentamiento del EDC, en esa reducción de corriente se libera energía la cual es enviada al condensador y almacenada para ser usada después.

En la fase 5 desconexión, el EDC corta el paso de corriente al solenoide en este momento toda la energía liberada va al condensador para una fase de recarga 6 eso quiere decir que entre cada inyección existe un periodo en el cual se sigue cargando el condensador, esto ayuda a mantenerlo cargado para el siguiente ciclo.

Para el oscilograma del punto B, se puede apreciar la carrera de la aguja y el Punto C, la cantidad de combustible. Es interesante analizar que, aunque se realicen todos los ajustes de corriente y voltaje la cantidad de combustible entregado conserva una curva muy estable. Para el diagnostico el EDC utiliza el análisis de la corriente y la compara con un tiempo lógico así puede diagnosticar inyectores fuera de tolerancias. (Cise Electronics Corp., 2018, pág. 3)

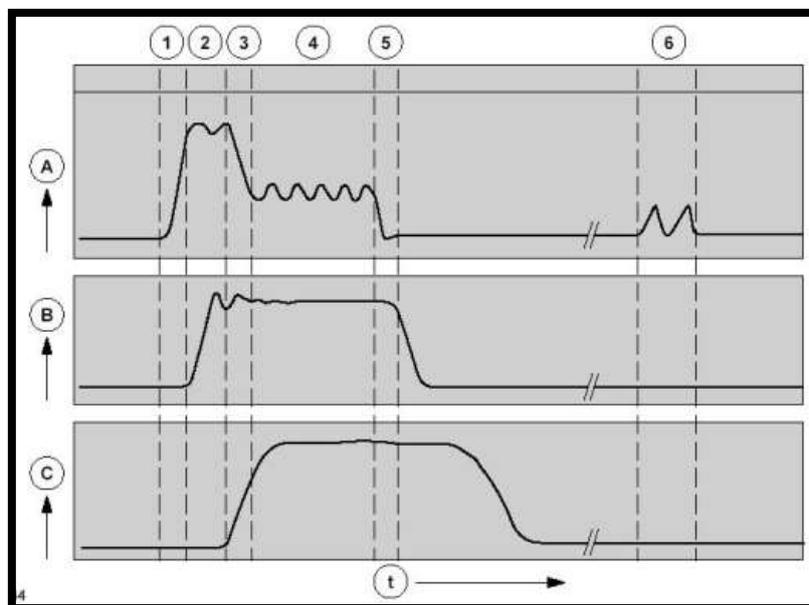


Figura 2.44. Funcionamiento del inyector Bosch de electroválvula.
(Cise Electronics Corp., 2018)

2.8.5. Características de los inyectores con válvula electromagnética Bosch.

- Tolerancias de 0,002 mm, 30 veces más fino que un cabello.
- Los inyectores bobinados trabajan con una tensión de acometida de 70-80 V y una corriente de 20-12 A y los inyectores piezoeléctricos con 70 V que se elevan hasta 140 V.
- La presión de inyección es de 220 bares (min) a 1350 bares (máx.). Regulado por un lazo cerrado de la válvula reguladora de presión de inyección IPR.

CAPITULO III

PROTOCOLO DE PRUEBAS

3.1. Equipos de comprobación

Los equipos de medición son utilizados para estimar magnitudes físicas por medio de un proceso de medición, estos instrumentos pueden efectuar una conversión o comparación entre objetos y patrones o sucesos, y el fenómeno u objeto de medir. De la relación obtenida entre ambos se obtiene el valor de la medición. Este valor debe ser altamente preciso y sensible al momento de realizar una medición independientemente de la magnitud a medir.

3.2. Banco de prueba Bosch EPS 200

El banco EPS 200 proporciona un diagnóstico preciso antes de proceder a una reparación, de toberas e inyectores, estas a su vez pueden ensayarse y juzgarse bajo condiciones similares a las reales, este banco representa uno de los elementos fundamentales para un trabajo de alta calidad y seguridad.

Este banco es muy útil para los inyectores Common Rail (con electroválvula), Bosch (vehículos livianos CRI e industriales CRIN), así como los Delphi y Denso. El Banco de prueba EPS 200 permite analizar y diagnosticar inyectores CDRI realizando las siguientes pruebas:

- Estanqueidad (LT),
- Plena Carga (VL),

- Inyección Previa(VE),
- Relantí (LL),
- Punto de Emisiones (EM)

3.2.1. Descripción de los componentes del banco EPS 200:

- Protección para el operador: Sirve como parámetro para que el banco ejecute las pruebas al inyector, una vez instalado el inyector con todas las conexiones este protector debe estar correctamente cerrado, para que el banco pueda arrancar.
- Depósito de receptor con aspiración de niebla: Cuba que permitirá absorber los gases que se puedan producir por la pulverización.
- Interruptor general: Permitirá que el banco se ponga en funcionamiento.
- Visor-Nivel Aceite de ensayo: Nos muestra el nivel máximo de aceite permitido para poder realizar las comprobaciones a cada inyector.
- Regulación de aspiración: Está perilla nos permite regular el caudal de inyección para inyectores mecánicos.

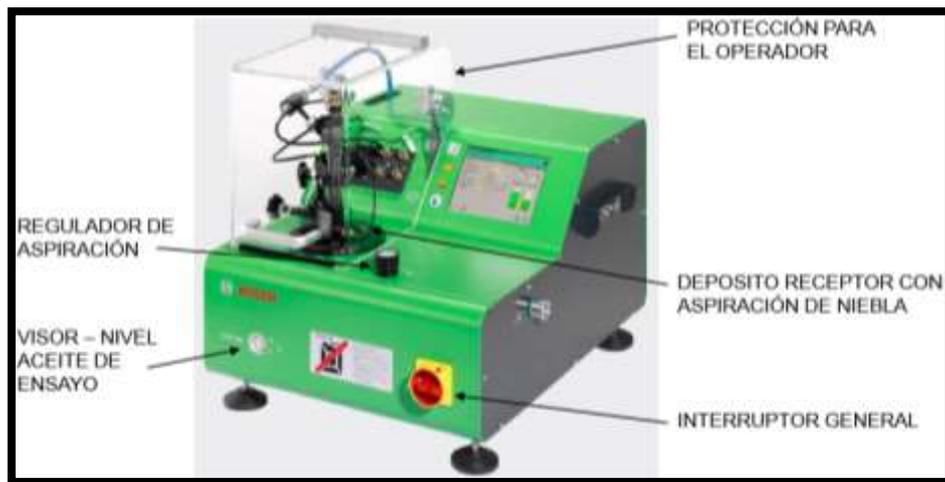


Figura 3.1. Descripción del banco EPS 200
(Bosch, 2008)

Funciones principales:

- El pulso y la frecuencia del inyector se pueden ajustar.
- Se puede establecer el tiempo de inyección.
- Protección contra cortocircuito.
- Medición electrónica del retorno.
- Evaluación del chorro de inyección en cuanto a forma y atomización

- Caudal de entrega basado; en ralentí, cargas parciales y plena carga para los inyectores CRI/CRIN.

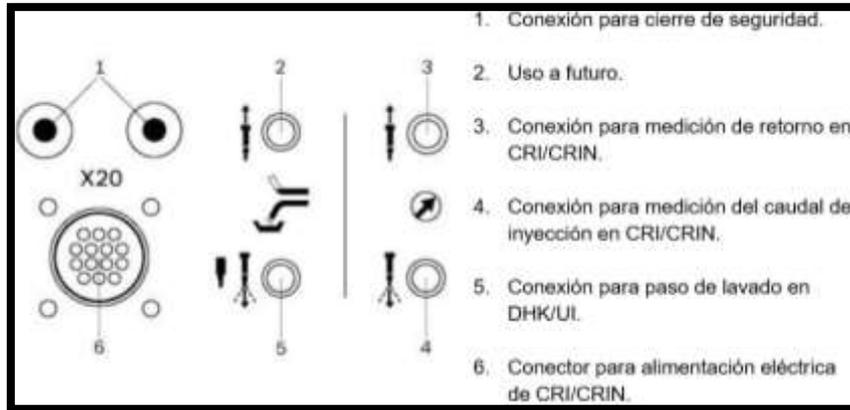


Figura 3.2. Identificación de conexión para los inyectores.
(Bosch, 2008)

Tabla 3.1. Especificaciones del Banco de prueba EPS 200.

Parámetros técnicos			
Motor	Potencia de salida	1,5	Kw
	No. Cilindros	0	
	Voltaje de energía	220 V 1 fase	V
Principales parámetros de rendimiento	Velocidad del motor	0-3500	Rpm
	Presión de aceite	0-2000	Bar
	Gama de la medida del flujo	0-600ml	0-600 ml/1000 veces
	Temperatura de funcionamiento	0-40	°C
Sistema hidráulico	Medición de flujo de precisión	0,1	MI
	Rango de control de caudal	40±2	
	Presión de aceite	180	MPa

(Bosch, 2008)

En la figura 3.3, se muestra el interior del banco EPS, con los componentes que permiten realizar las pruebas a los inyectores, desde un punto de vista lateral.

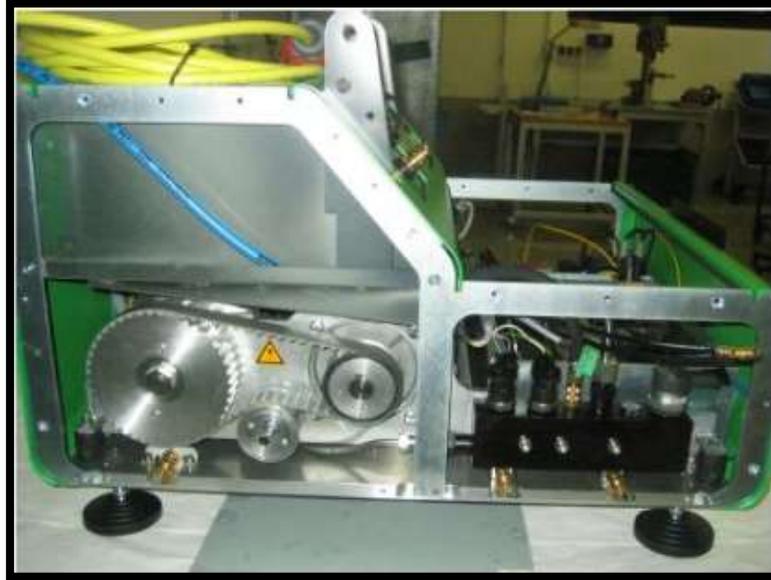


Figura 3.3. Visión lateral seccionada del banco EPS 200.
(Bosch, 2008)

3.2.2. Descripción de la pantalla de pruebas del banco EPS 200.

En la figura 3.4, nos ayudara a identificar cada enunciado que se muestra en el protocolo de prueba:

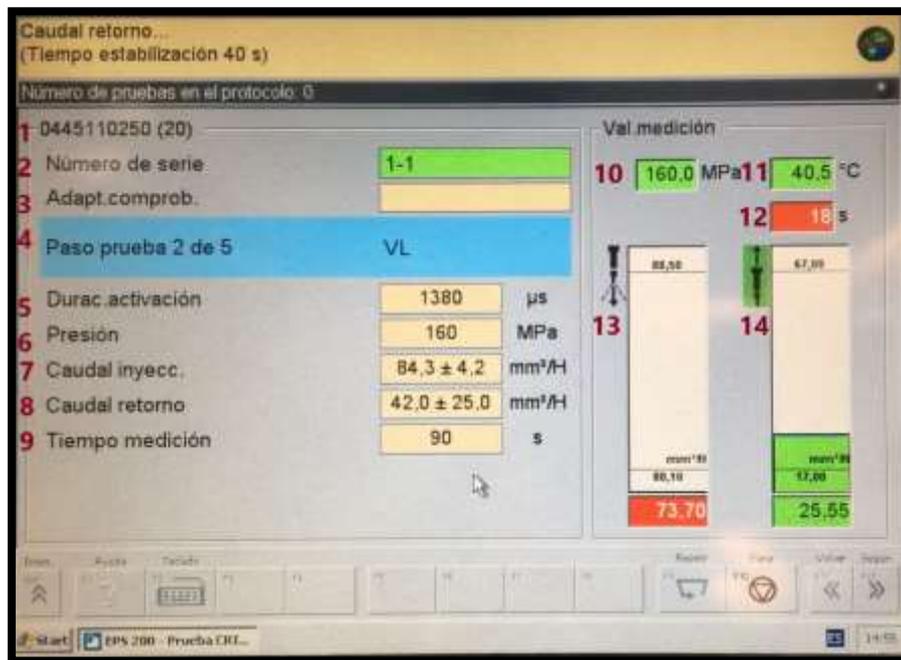


Figura 3.4. Descripción de la pantalla del banco EPS 200
(Noboa, 2018)

1. Nos indica la serie del inyector montado en el banco
2. Indica cuantos inyectores de un grupo, han sido montados en el banco.

3. Nos indica el código de soporte para que el inyector se mantenga fijo, ayudando a reducir vibración.
4. Indica el tipo de prueba que se está realizando, en el inyector.
5. Indica el tiempo de activación que tendrá el solenoide del inyector, en microsegundos (μs).
6. Indica a que presión que será sometido el inyector, según el tipo prueba, la presión se mide en Mpa.
7. Muestra el rango de caudal de inyección nominal que debe estar el inyector durante una prueba mm^3/h .
8. Muestra el rango de caudal de retorno nominal que debe estar el inyector durante una prueba mm^3/h .
9. Este nos muestra el tiempo determinado para cada prueba, en segundos (s).
10. Nos indica a que presión se encuentra el sistema al momento de realizar cada prueba, el cual se encuentra en Mpa.
11. Indica la temperatura del fluido en grados Celsius.
12. Muestra el tiempo que transcurre desde el inicio de cada prueba, en segundos (s).
13. Muestra el caudal de inyección el rectángulo posee un mínimo y máximo, en el caso de que no se encuentre dentro del rango permitido este se pintara de color rojo, se mide mm^3/h .
14. Muestra el caudal de retorno, el rectángulo posee un mínimo y máximo, en el caso de que no se encuentre dentro del rango permitido este se pintara de color rojo, se mide mm^3/h .

3.3. Multímetro

Los aparatos de medida que son capaces de medir dos o más magnitudes eléctricas se los conocen como multímetro. Este instrumento es el más útil y versátil que se utiliza para mediciones eléctricas, pues combina la capacidad de medir, voltajes, corrientes y resistencias. Un multímetro usualmente posee varias perillas selectoras sean estas para: seleccionar el tipo de tensiones (alternas o continuas), otra para la función de (voltaje, resistencia, amperajes).

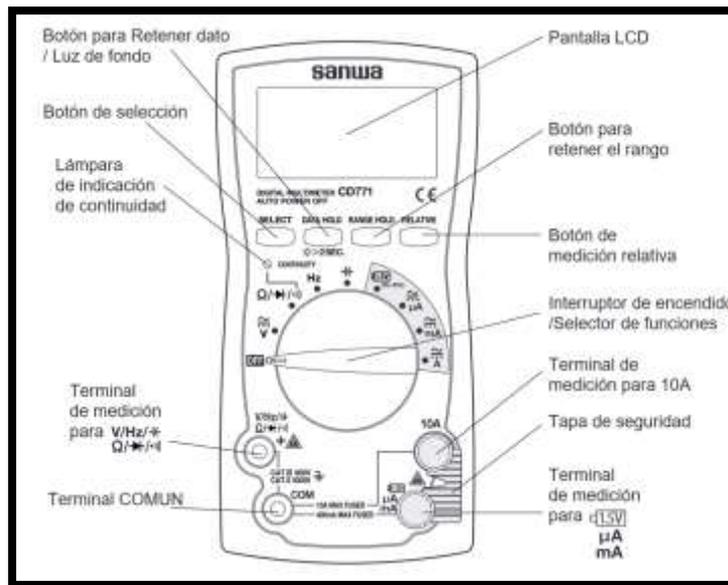


Figura 3.5. Vista esquemática del multímetro digital.
(Sanwa, 2003)

El multímetro incorpora conectores, en ellos los se conectan los cables necesarios para hacer las mediciones, unos de los cables siempre deben de introducirse en el conector común (COM), y otro en el conector correspondiente a la medida que se vaya a hacer. A continuación, para una mejor comprensión se puede ver la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Conectores a utilizar según el tipo de medida a realizar.

Tipo de medida	Conectores	
Voltajes	V	COM
Intensidades altas	10A ó 20A	COM
Intensidades bajas	mA	COM
Resistencias	Ω	COM

(Sanwa, 2003)

3.4. Osciloscopio Finest 1006

Este osciloscopio Finest 1006 tiene incorporado en la misma pantalla los procedimientos de conexión facilitando el trabajo, permite analizar 2 canales con una velocidad de 25 MHz por canal, para rápidas actualizaciones de datos, mediciones y gráficos reales de RMS y GMM (multímetro gráfico).

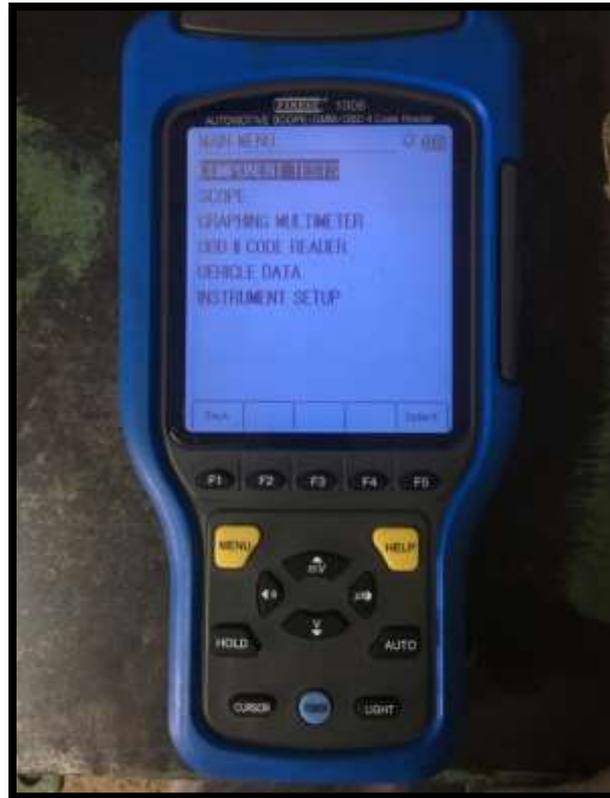


Figura 3.6. Osciloscopio OTC 3840F.
(Noboa, 2018)

Entre las funciones más importantes tenemos:

Captura de fallas: cuenta con su propio botón, efectivamente entiende la diferencia entre una forma de señal normal, de una inusual y automáticamente graba estos acontecimientos.

Osciloscopio: Consta de dos canales con la captura de pantalla se podrán observar el problema de funcionamiento en microsegundos.

El tamaño de la pantalla es de 3" x 3.3/4" (120x160 pixeles), con un contraste ajustable en el menú. Permite desplegar hasta 3 mediciones como; ohmios, voltios, ángulo de contacto, ciclo de servicio, pico a pico, voltios pico, Kilovoltios (kV) de encendido, kV de combustión y tiempo de combustión, ancho de pulsos de un inyector, tiempo de inyector.

3.5. Especificaciones de los inyectores Bosch.

Para los inyectores Bosch tenemos las siguientes características:

- Su funcionamiento es bajo la presión diferencial.
- Poseen de 5 a 6 orificios.

- Los diámetros de los orificios son 0,15-0,17 mm

El volumen de inyección se encuentra en función de:

- Tiempo de excitación de la electroválvula.
- Presión existente en el riel común.
- Velocidad de apertura y cierre del inyector.
- Número y tamaño de orificios.

Dentro del funcionamiento de este tipo de inyectores tenemos las siguientes inyecciones;

- Preinyección
- Inyección Principal
- Post inyección

Para el inyector Bosch, tenemos las siguientes especificaciones:

a) Inyector Inductivo Bosch CRIN/0445120289:

Número de serie: 0445120289

Marca de Vehículo: Yutong – Golden Dragon

Resistencia: 0,4 Ω

Escala del osciloscopio: Puntas del osciloscopio x 10V

Presión máxima de: 220 Mpa



Figura 3.7. Inyector CRIN 0445120289.
(Noboa, 2018)

b) Inyector Inductivo Bosch CRI/0445110250:

Número de serie: 04451110250

Marca de Vehículo: Mazda

Modelo de Vehículo: BT-50 2.5

Resistencia: 0,4 Ω

Escala del osciloscopio: Puntas del osciloscopio x 10 V

Presión máxima de: 200 Mpa

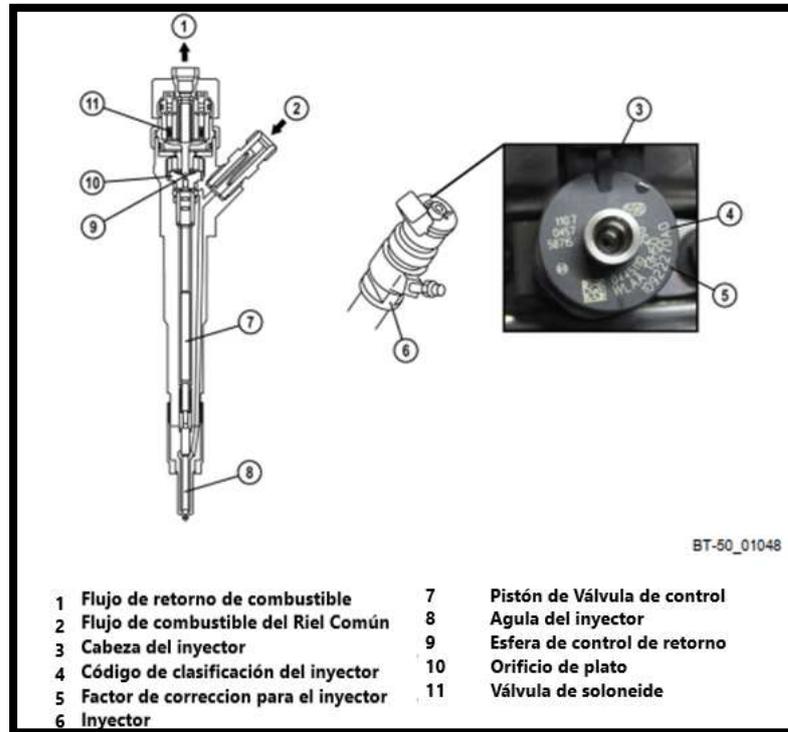


Figura 3.8. Esquema del inyector 0445110250.
(Mazda, 2006)

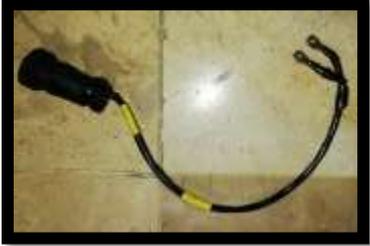
3.6. Montaje e inspección de los equipos e inyectores.

3.6.1. Inspección previa para el uso del banco EPS 200

A continuación, se mostrará el listado de las partes a revisarse antes de proceder a usar el banco, la previa revisión se debe tener en cuenta es necesaria y primordial para efectuar el correcto funcionamiento de dicho banco.

Tabla 3.2. Revisión previa del banco EPS 200.

No	Descripción	Figura
1	Revisar que el cable de alimentación este correctamente conectado.	

2	<p>Revisar que los acoples del compresor esté libre de fugas.</p>	
3	<p>Es primordial revisar que el nivel del fluido debe estar dentro del rango permitido y este debe ser el que este determinado por el fabricante.</p>	
4	<p>Contar con el respectivo socket según el modelo del inyector (CRI – CRIN)</p>	
5	<p>Verificar que el cable de poder este correctamente conectado, y darle giro para el encendido.</p>	
4	<p>Se debe tener en cuenta que en el interior se encuentre libre de impurezas y no existan fugas.</p>	

(Noboa, 2018)

3.6.2. Protocolo para el montaje de inyectores.

Antes de empezar las pruebas respectivas con los inyectores, estos deben estar colocados correctamente evitando que haya fuga de fluidos. Como norma de seguridad y para evitar alguna partícula extraña en los inyectores se deben usar guantes de látex en perfecto estado, para el montaje de los inyectores en el banco EPS 200 seguiremos los siguientes pasos:

Tabla 3.3. Revisión e instalación del inyector.

No.	Descripción	Gráfica
1.	Tener a disposición el socket adecuado según el inyector.	
2.	Para colocar los inyectores retirar las protecciones de la tobera y puerto de entrada.	
3.	Montar el inyector en la base del banco y dar los ajustes necesarios para conectar cañerías	

<p>4.</p>	<p>Luego procedemos a ajustar la cámara donde estará la tobera del inyector.</p>	
<p>5.</p>	<p>Se debe tener en cuenta que según el tipo de inyector, la cañería de retorno y colocar la adecuada.</p>	
<p>6.</p>	<p>Una vez ajustado el inyector en su base procedemos a ubicar el acople de tipo-A, para conectar la cañería de entrada de combustible.</p>	

7.	Luego procedemos a ubicar el socket de alimentación para la bobina del inyector.	
8.	Por último, cerramos el protector como medida de seguridad por la alta presión y ya que sin este el banco no podría arrancar con las pruebas	

(Noboa, 2018)

3.6.3. Conexión del osciloscopio a los inyectores.

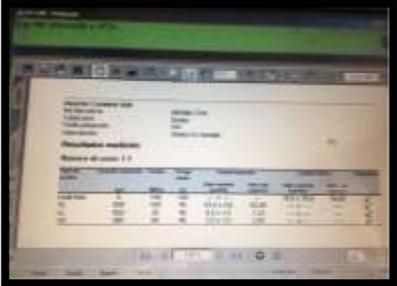
Tabla 3.4. Instalación del osciloscopio a los inyectores.

No.	Descripción	Figura
1.	Se debe tener en cuenta las respectivas puntas para colocarlas en el según el tipo socket del inyector. Este inyector es del tipo CRI.	

2.	Procedemos a calibrar el osciloscopio de acuerdo al trabajo del inyector.	
----	---	--

(Noboa, 2018)

Tabla 3.5. Procedimiento para la extracción de inyectores.

No-	Descripción	Figura
1.	Se procede a finalizar todas las pruebas, y el banco se encargara de aliviar presiones y purgar el sistema.	
2.	Retiramos el protector y retiramos los cables del osciloscopio y socket de alimentación.	
3.	Aflojamos las cañerías de alimentación y retorno de combustible.	

4.	Retiramos al inyector de la base del banco.	
----	---	--

(Noboa, 2018)

3.7. Procedimiento de pruebas para los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250”.

En el desarrollo de estas pruebas se contarán los siguientes instrumentos:

- Banco de pruebas EPS 200
- Inyectores Bosch.
- Multímetro, Osciloscopio Finest 1006.
- Juego de llaves milimétricas y de pulgadas.
- Equipo de seguridad.

3.7.1. Pruebas mecánicas e hidráulicas.

Para el desarrollo de esta prueba se deberá:

- Comprobar que los inyectores se encuentren dentro del rango establecido de funcionamiento en cada prueba que designe banco.
- Verificar las curvas de corriente y voltaje, para poder analizar plenamente los tiempos de activación del inyector.

3.8. Descripción de las pruebas para los inyectores Common Rail.

La comprobación para los inyectores, son pruebas acordadas por la OEM (Fabricación de Equipos Originales) y por los fabricantes y se encuentra basada según el tipo de inyector, por ejemplo:

Para el inyector Bosch: 0445120289

- 0445120, nos indicara la familia, generación del inyector,

- 289, indica la aplicación vehículo que lo utilizara.

En la siguiente figura 3.9, se puede verificar la gráfica del mapeo para los inyectores de diferente número de partes, estos valores se obtienen con una presión estable en el riel común, con una activación del solenoide del inyector que empieza desde 0 μs (microsegundos), el pulso se estará incrementado de 10 μs por 10 μs .

Con esto se determinaran los valores de caudal, como se puede observar en la figura 3.7, en el eje de la ordenada nos muestra el caudal inyectado, en milímetros cúbicos (mm^3), y el eje de las abscisas el tiempo de activación del inyector en μs . El inyector estará sometido a distintas presiones, con activaciones progresivas de 10 μs , para así determinar valores típicos de funcionamiento,

- 180 MPa,
- 140 MPa,
- 60 MPa,
- 25 MPa.

Cuando el fabricante realiza, estas pruebas genera un mapeo de alrededor de 180 a 200 puntos muestras del inyector, sin embargo esto tomaría mucho tiempo al momento de realizar las respectivas pruebas del inyector. Y es por esto que el fabricante acuerda con Bosch, los puntos más indispensables al momento de realizar las pruebas al inyector.

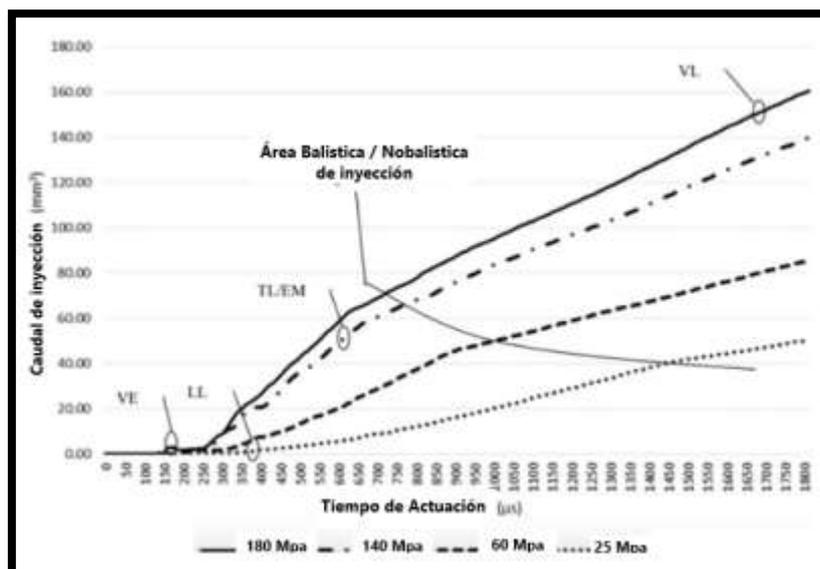


Figura 3.9. Mapeo del inyector
(AutoAvance, 2018)

Como se observó en la figura 3.9, hay una sección que divide la gráfica, que indica la área balística y no balística del inyector; el área balística nos indica que la apertura de la tobera del inyector no alcanza su máximo recorrido, brindando caudales pequeños y precisos es por esto que se les denomina balística, dentro de esta tenemos las pruebas en ralentí, de inyección previa, punto de emisiones y la prueba de estanqueidad. El área no balística se encuentra la prueba plena carga (VL), donde el recorrido de la tobera y la electroválvula es totalmente abierto

3.8.1. Pruebas realizadas por el Banco EPS

Como se mencionó las pruebas establecidas por el fabricante, y dependerán del tipo de inyector, el banco EPS de Bosch analiza los siguientes puntos:

- Prueba de estanqueidad (LT)
- Prueba de plena carga (VL)
- Prueba de entrega de caudal en emisiones (EM)
- Prueba de ralentí (LL)
- Prueba de inyección previa (VE)

Cada una de estas pruebas, se encuentra estandarizada dentro de un límite de funcionamiento que debe cumplir el inyector según lo establecido por el fabricante. A continuación se detalla el significado de cada prueba.

3.8.2. Prueba de estanqueidad (LT)

En este tipo de prueba no existe algún tipo de excitación en la válvula por lo que no debe de haber inyección. Esta tiene un tiempo de 200 segundos, y se realiza en dos fases; en la primera fase se hace a una presión de 50 MPa, y la segunda fase se lo hace a presión máxima de funcionamiento la cual estará determinada según el tipo de inyector. De igual manera el banco evaluara la entrega de caudal, siendo esta nula, y el retorno donde está determinado un valor admisible por el banco. Esta prueba nos permitirá:

- Evaluar que no hayan fugas internas.
- Verificar grietas en el cuerpo del inyector.
- Comprobar que la boquilla del inyector no se encuentre atascada, en estado abierto.

3.8.3. Prueba de plena carga (VL)

Las siglas VL, hacen referencia a caudal máximo, esta prueba es la única en la que el banco permite verificar el caudal de entrega y retorno, aquí el inyector se lo somete a su presión máxima de trabajo, donde el ancho de pulso para la activación de la electroválvula van de 1400 μs , esta prueba nos permite:

- Si el motor tiene un problema de prestaciones permite corroborar si el inyector está entregando su máximo volumen.
- Reconocer si el inyector está entregando más caudal de lo permitido.
- Saber si el inyector está retornando más combustible de lo establecido por el fabricante.

3.8.4. Prueba de inyección previa (VE)

La sigla VE, nos indica la pre-inyección del caudal, esta prueba se realiza por lo general con ancho de pulsos menores a 250 μs , y a presión máxima de trabajo, esta prueba permite:

- Reconocer si los componentes del inyector reaccionan rápidamente durante los tiempos mínimos de la actuación de la electroválvula,
- Evidenciar si el inyector genera ruido y humo blanco debido a que no se activa durante los pulsos mínimos.
- Saber si da problemas con las post-inyecciones que darían problema con los sistemas SCR.

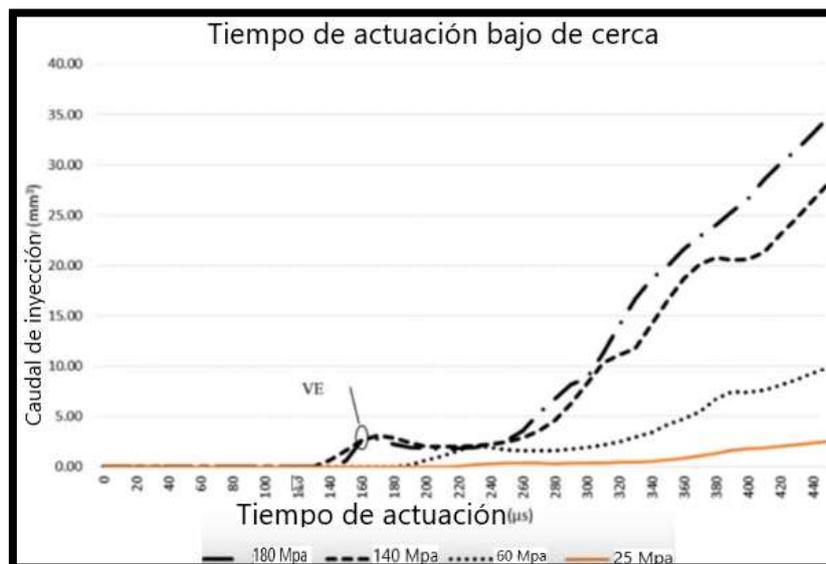


Figura 3.10. Curva característica de trabajo en la prueba de inyección previa. (AutoAvance, 2018)

En la figura 3.10, nos muestra que si la presión en el inyector va de 140 Mpa en adelante, y no existe un tiempo de activación a la electroválvula, el tarado de los muelles del inyector no permitirá que fluya combustible hacia la cámara de combustión.

3.8.5. Prueba de entrega de caudal en emisiones (EM).

Esta prueba se realiza con pulsos de activación que van de 400 a 800 μ s, a una presión menor que la presión máxima a la que trabaja el inyector, por general esta prueba es determinante para el fabricante, pues está indicara el rendimiento del inyector a media cargara, y generación de humo.

3.8.6. Prueba de caudal en ralentí (LL).

En esta prueba se caracteriza por trabaja con pulsos de activación de 300 a 400 μ s, a una presión por arriba de la mínima de funcionamiento del inyector, o de la apertura de la tobera, esta prueba ayudara a determinar:

- Rango medio de funcionamiento.
- Si la fuerza de fricción entre los componentes móviles del inyector es excesiva.

3.8.7. Pruebas eléctricas.

A continuación tenemos las siguientes pruebas donde se usara el osciloscopio y multímetro digital:

3.8.7.1 Pruebas de voltaje de activación del inyector.

Para verificar voltajes de activación en los inyectores Bosch usaremos el osciloscopio y se verificaran las gráficas respecto a cada prueba realizada en los mismos.

3.8.7.2 Pruebas de resistencia de la bobina del inyector.

En esta prueba se medirá la resistencia de la bobina del inyector utilizando el multímetro digital y tabular cada resultado en una tabla de datos.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DEL RESULTADO DE LAS PRUEBAS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DEL INYECTOR CRDI BOSCH.

4.1. Introducción.

Durante el capítulo se realizará el análisis de los resultados arrojados por el banco de pruebas para los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250” del sistema Common Rail. Las pruebas que se realizarán serán para determinar si los inyectores se encuentran dentro del rango de funcionamiento:

- Prueba de estanqueidad.
- Prueba de caudal máximo.
- Prueba de inyección previa.
- Prueba de emisiones contaminantes.
- Prueba en ralentí.

4.2. Desarrollo de las pruebas.

Cabe mencionar que para el desarrollo de las pruebas se utilizó el banco EPS 200, este permite realizar cada una de las pruebas mencionadas anteriormente, cuales nos ayudarán a determinar si el inyector se encuentre en buen estado, con la ayuda del osciloscopio se podrán determinar:

- Voltaje de activación
- Voltaje de retención
- Tiempos de activación
- Duración de la activación
- Resistencia de la bobina

4.3. Descripción de la gráfica de inyección para los inyectores electromecánicos Bosch.

Como se puede observar en la figura 4.1, tenemos una gráfica característica del funcionamiento de un inyector electromecánico, la cual varía dependiendo de las condiciones a que se encuentre el inyector:

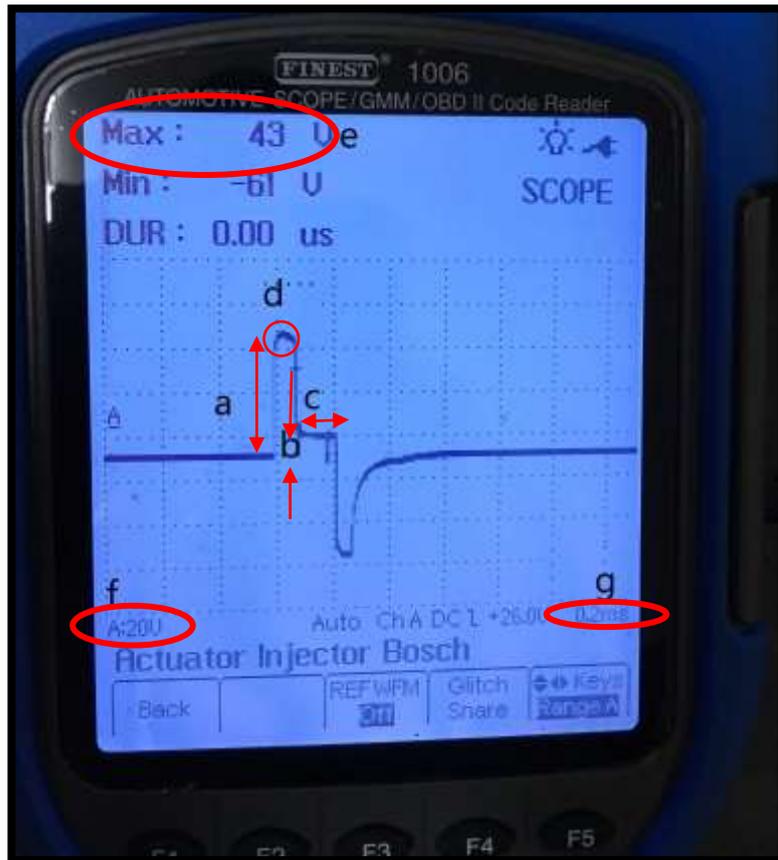


Figura 4.1. Grafica de inyección de un inyector electromecánico.
(Noboa, 2018)

Respecto a la figura 4.1 tenemos marcada cada parte de la pantalla del osciloscopio con la gráfica de inyección que nos indica:

- a) Nos representa el voltaje de activación verticalmente y sirve para vencer la resistencia de los muelles de la electroválvula.
- b) Indica el voltaje de retención para mantener la inyección.
- c) Representa el tiempo de retención, la cual aumentara o disminuirá dependiendo del tiempo de inyección.
- d) Nos indica el tiempo de disparo.
- e) Expresa el voltaje de activación.
- f) Indica la calibración que nosotros elegimos para visualizar la gráfica, de tal manera que quede contenida en toda la pantalla.
- g) Indica la calibración horizontal y según el tiempo permitirá visualizar el número de ondas o la rapidez con la que se requiera ver la señal.

4.4. Inyector CRIN Bosch 0445120289.

Como se mencionó este inyector es utilizado en el vehículo Golden Dragon, este inyector es un CRIN de serie 2.1. En la figura 4.2, se muestra el despiece de los componentes del inyector 0445120289.



Figura 4.2. Inyector 0445120289.
(Noboa, 2018)

4.4.1. Prueba de estanqueidad.

Con este tipo de prueba determinaremos si el inyector presenta desgastes internos en sus componentes o algún tipo de fisura, en esta prueba no hay excitación a la electroválvula por lo que no habrá inyección. Como se muestra en la figura 4.3, esta prueba el tiempo de medición será de 150 s, donde el inyector estará sometido a una presión de 160 Mpa.



Figura 4.3. Prueba de estanqueidad antes de arrancar.
(Bosch, 2018)

Antes de empezar con todas las pruebas el banco debe alcanzar una temperatura ideal de trabajo, que es de aproximadamente de $40,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, otro parámetro a tener en cuenta es que debe alcanzar la presión según se requiera para cada prueba, en el caso de prueba de estanqueidad es de 160 Mpa. El inyector tiene un máximo permitido para retornar combustible que comprende entre $35,0 \pm 35,0\text{ mm}^3/\text{h}$. Es decir el tiempo medición de la prueba, el caudal de retorno permitido estará entre 0 a $70\text{ mm}^3/\text{h}$. Como se puede observar en la figura 4.4, el caudal de retorno para este inyector se encuentra en $29,56\text{ mm}^3/\text{h}$, encontrándose dentro del límite permitido por el fabricante.

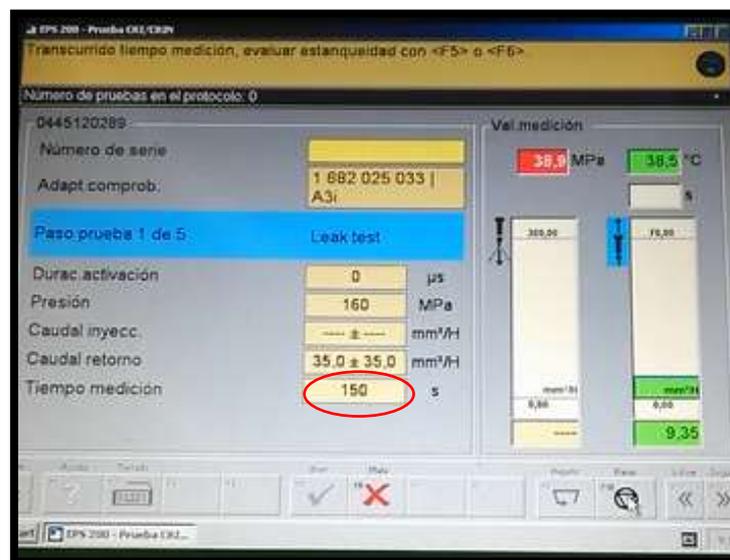


Figura 4.4. Caudal de retorno en prueba de estanqueidad.
(Bosch, 2018)

En el caso de encontrar defectos como podemos ver este inyector se excedió del valor nominal de caudal de retorno, con $92,96\text{ mm}^3/\text{h}$ durante el tiempo de prueba, con lo que este inyector permite que se tenga un encendido difícil.

4.4.2. Prueba de plena carga o VL.

Como vemos en la figura 4.5, el tiempo de activación al solenoide tendrá una duración de 2000 μs , donde el inyector debe entregar un caudal de inyección entre $147,4 \pm 10,6$ mm^3/h , y un caudal de retorno comprendido entre $42,5 \pm 37,5$ mm^3/h . Para esto el banco dispondrá de un tiempo de medición de 90 s, y someterá el inyector a una presión de 160 MPa. Y como se mencionó en el capítulo III, es la única prueba donde se miden los caudales de retorno y de inyección. Durante el tiempo de prueba el banco determino que el caudal de inyección de dicho inyector es de 157,08 mm^3/h , a la vez un caudal de retorno de 56,33 mm^3/h .

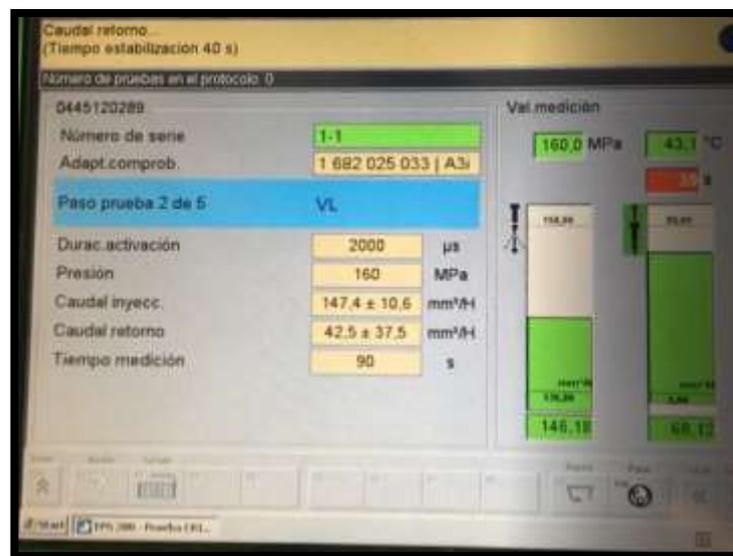


Figura 4.5. Prueba de plena carga.
(Bosch, 2018)

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 2000 μs , para poder observar la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 10 V por división, con un tiempo de lastrado de 0.5 ms. Como se puede observar en la figura 4.6. Se puede ver un voltaje de activación de 24.5 V, y luego desciende hasta mantenerse a 12 V.

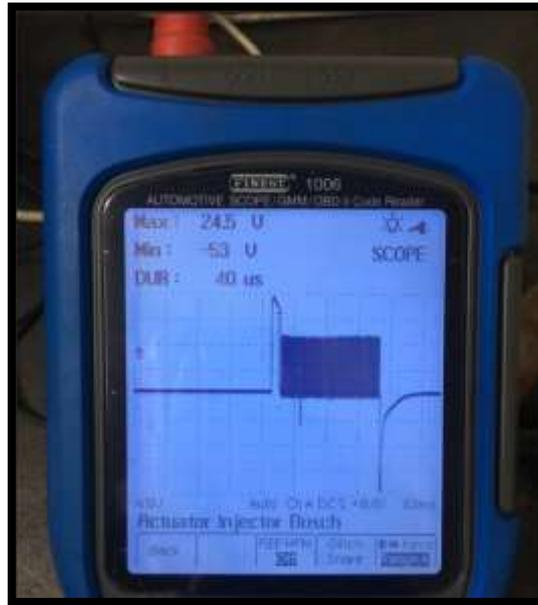


Figura 4.6. Grafica de activación en el trabajo de plena carga.
(Noboa, 2018)

4.4.3. Prueba de caudal para emisiones.

Durante el desarrollo de la tercera prueba se determinara si la inyección generada por el inyector, es suficiente para reducir gases contaminantes, entonces el inyector se encontrara a una presión de 100 Mpa, y el tiempo de activación del solenoide será de 600 μ s, para esto el banco dispondrá de un tiempo de medición de 40 s. El banco determinara si el caudal de inyección se encuentra dentro del rango establecido por el fabricante $34,9 \pm 9,1 \text{ mm}^3/\text{h}$. El tiempo que duro la medición, el banco determino que el caudal de inyección para este inyector es de $34,15 \text{ mm}^3/\text{h}$, como se observa en la figura 4.7, el círculo rojo nos muestra el caudal de inyección que generaba el inyector 0445120289

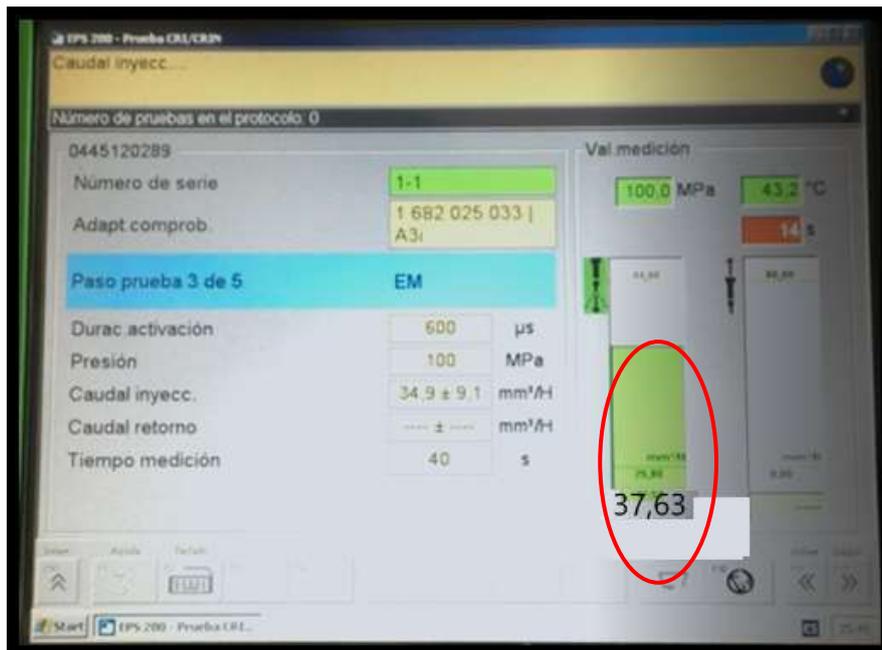


Figura 4.7. Prueba de comportamiento del inyector respecto a emisiones contaminantes. (Bosch, 2018)

Durante la prueba de inyección para emisiones contaminantes, la activación de la electroválvula tuvo una duración de 600 μ s, como se puede observar en la figura 4.8, el tiempo de inyección es



Figura 4.8. Gráfica del comportamiento de la inyección del inyector 0445120289, durante la prueba de emisiones contaminantes. (Noboa, 2018)

Para esta prueba como se vio en la figura 4.7 el inyector generó un caudal de inyección dentro de los parámetros establecidos por el fabricante, aportando a reducir la generación

de emisiones contaminantes, como se mencionó anteriormente se pudo realizar otra prueba con un inyector usado, el cual generó los siguientes resultados que se pueden observar en la figura 4.9.



Figura 4.9. Caudal de inyección aportado por el inyector 0445120289 usado. (Bosch, 2018)

4.4.4. Prueba de caudal en ralentí.

En la cuarta prueba para la medición de caudal en ralentí, el inyector se someterá a una presión de 25 MPa, con un tiempo de excitación de 1000 µs, la duración de esta prueba será de 40 s, donde el caudal de inyección de estar entre $15,0 \pm 7,1$ mm³/h. Durante el tiempo de medición de caudal de inyección en la prueba de ralentí, el inyector trabajo dentro del límite establecido por el fabricante, ya que el caudal máximo que arrojó fue de 12,53 mm³/h, como se observa en la figura 4.10.

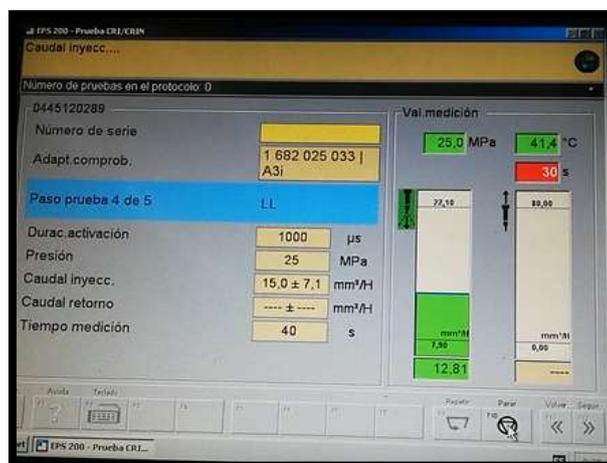


Figura 4.10. Medición de caudal de inyección en ralentí. (Bosch, 2018)

Como se muestra en la figura 4.11, la gráfica de inyección que se genera durante la prueba de ralentí, donde se tiene de excitación de 20 µs.

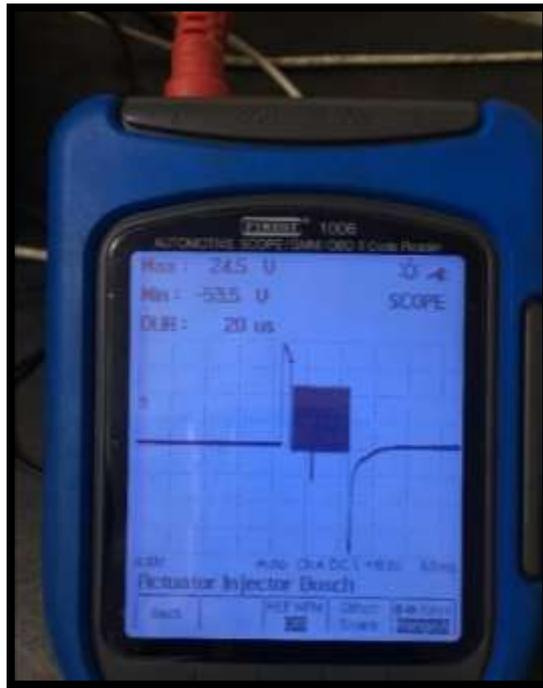


Figura 4.11. Grafica de inyección de ralentí para el inyector 0445120289. (Noboa, 2018)

4.4.5. Prueba de caudal en inyección previa.

Durante la última prueba, la medición del caudal de inyección para ese inyector son de $3,4 \pm 3,1 \text{ mm}^3/\text{h}$, durante un tiempo 40 s, el inyector trabajara a una presión de 100 Mpa, con un tiempo de excitación de 250 μs . Como podemos observar en la figura 4.12, que durante el tiempo que se desarrolló la última prueba, el banco determinó un caudal de inyección de $3,42 \text{ mm}^3/\text{h}$, demostrando que el trabajo del mismo se encuentra dentro del rango permitido por el fabricante.

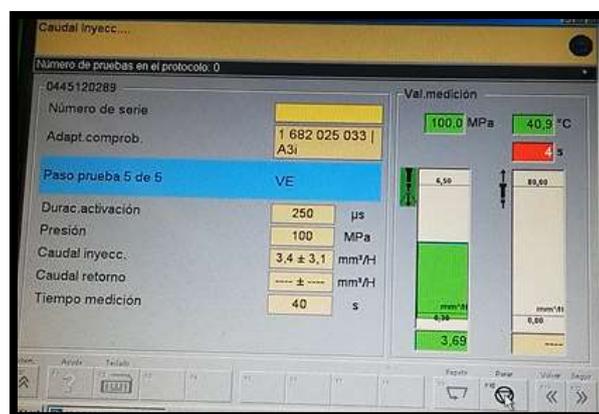


Figura 4.12. Prueba del comportamiento del inyector para inyecciones previas. (Bosch, 2018)

Durante la última prueba se logró visualizar la gráfica de la preinyección generada por el inyector 0445512089, donde se puede observar que tiene una duración de 60 μ s, mostrando un tiempo de inyección relativamente más corto que las anteriores pruebas, como se puede observar en la figura 4.13.

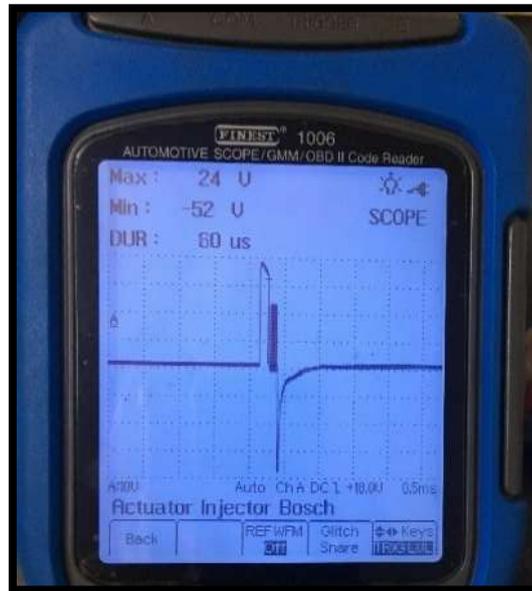


Figura 4.13. Grafica de preinyección del inyector 0445120289.
(Noboa, 2018)

Una vez que se realizaron las cinco pruebas de manera satisfactoria el banco EPS 200 compara los valores nominales determinados por el fabricante para el inyector 0445120289, con los valores reales, que género el inyector en cada etapa de la prueba, durante el tiempo de prueba, en la figura 4.14, nos muestra detalladamente los valores teóricos, con los reales y como se mencionó según esto evalúa si el inyector esta acto o no para el trabajo.

No tipo pieza:	0445120289							
Fabricante:	Bosch							
Perfil activación:	28V-25							
Descripción:	CRIN 2							
Resultados medición								
Número de serie: 1-1								
Paso de prueba	Duración activación	Presión (MPa)	Tiempo medic. (s)	Caudal inyección		Caudal retorno		Evaluación
	(μ s)			Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	
Leak test	0	160	150	--- ± ---	---	35,0 ± 35,0	29,56	✓
VL	2000	160	90	147,4 ± 10,6	157,08	42,5 ± 37,5	56,33	✓
EM	600	100	40	34,9 ± 9,1	34,15	--- ± ---	---	✓
LL	1000	25	40	15,0 ± 7,1	12,53	--- ± ---	---	✓
VE	250	100	40	3,4 ± 3,1	3,42	--- ± ---	---	✓

Figura 4.14. Resultados de la medición de caudales arrojados durante cada prueba. (Bosch, 2018)

Como se observó en la figura 4.14, durante la medición de caudales para el inyector 0445120289, aprobó cada prueba ya que el inyector era totalmente nuevo, durante el desarrollo de las pruebas se tuvo la oportunidad de realizar la medición de caudales inyección y retorno, para otro inyector de la misma serie 0445120289, con la diferencia que este ya llevaba un tiempo de 3 años de uso, y como se observa, este no aprueba con los caudales de inyección permitidos con el fabricante.

Paso de prueba	Duración activación	Presión (MPa)	Tiempo medic. (s)	Caudal inyección		Caudal retorno		Evaluación
	(μ s)			Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	
Leak test	0	160	150	--- ± ---	---	35,0 ± 35,0	92,96	X
VL	2000	160	90	147,4 ± 10,6	159,95	42,5 ± 37,5	109,54	X
EM	600	100	40	34,9 ± 9,1	39,34	--- ± ---	---	✓
LL	1000	25	40	15,0 ± 7,1	15,98	--- ± ---	---	✓
VE	250	100	40	3,4 ± 3,1	5,66	--- ± ---	---	✓

Figura 4.15. Resultados de medición para inyectores 0445120289. (Bosch, 2018)

4.5. Inyector CRI Bosch 0445110250.

El inyector 0445110250, es utilizado para vehículos de turismo y por lo general es utilizado en el vehículo Mazda en el modelo BT-50. A continuación en la figura 4.16 se muestra el despiece del inyector.

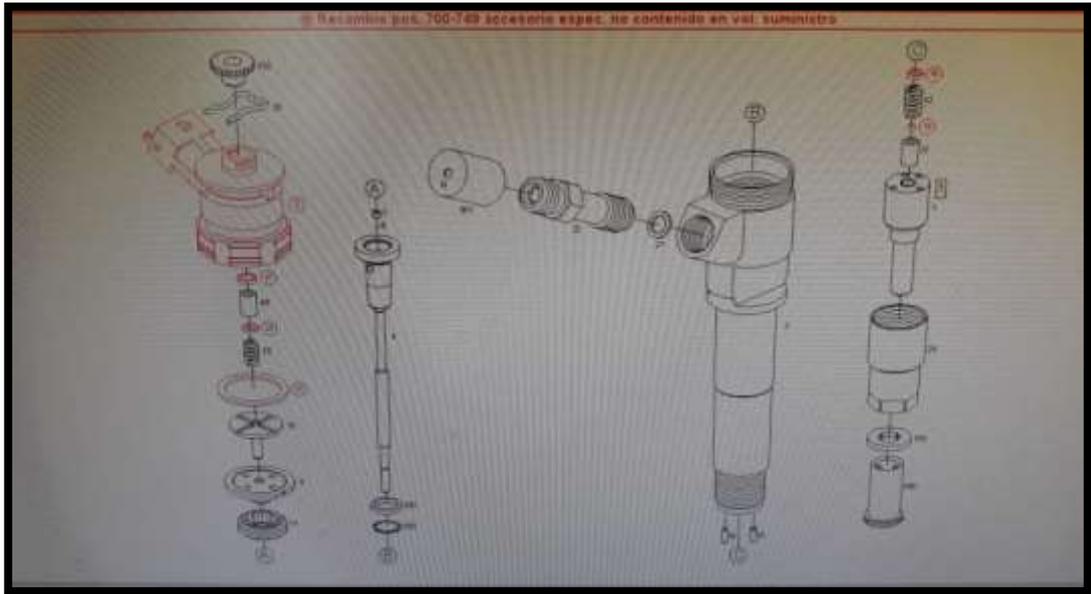


Figura 4.16. Despiece del inyector 0445110250.
(Tronic, 2018)

4.5.1. Prueba de estanqueidad

Para el inyector 0445110250, la presión de prueba para determinar la estanqueidad del mismo es de 170 Mpa, y tendrá un tiempo de medición de 200 s, durante este tiempo debe tener un caudal de retorno entre $40 \pm 40 \text{ mm}^3/\text{h}$, como se puede observar en la figura 4.17. Como hemos mencionado anteriormente, esta prueba nos indicara si el inyector posee algún tipo de fisura o existe un exceso de retorno. El inyector 0445110250, demostró tener caudal máximo de retorno es de $10,44 \text{ mm}^3/\text{h}$, demostrando estar en buen estado cumpliendo con lo establecido por el fabricante.

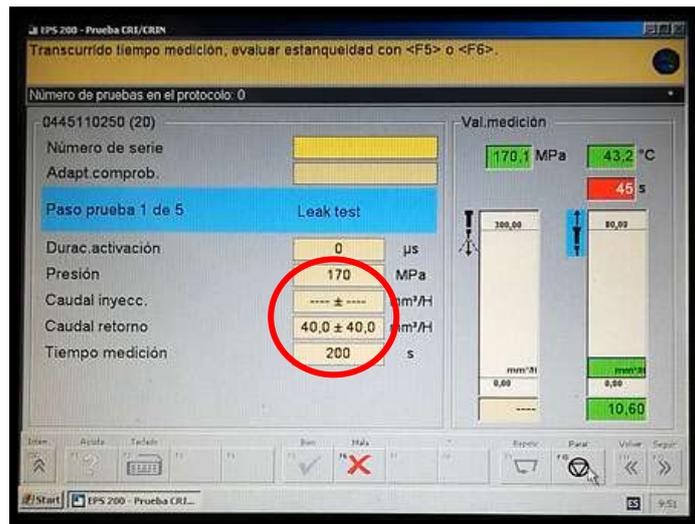


Figura 4.17. Trabajo del inyector 0445110250 en estanqueidad.
(Bosch, 2018)

4.5.2. Prueba de plena carga o VL

En la segunda prueba, el inyector 0445110250 estará a una presión será de 160 Mpa, y tendrá un tiempo de activación de 1380 µs en la bobina, donde el inyector debe dar un caudal de inyección entre $84,3 \pm 4,2$ mm³/h, con un caudal de retorno de 42 ± 25 mm³/h, durante un tiempo de 90 s de medición, como se puede observar en la figura 4.18, durante la prueba el inyector demostró dar un caudal de inyección de 82,66 mm³/h, y un caudal de retorno de 30,91 mm³/h, indicándonos que el tarado del inyector se encuentra en perfecto estado, trabajando dentro del rango establecido por el fabricante

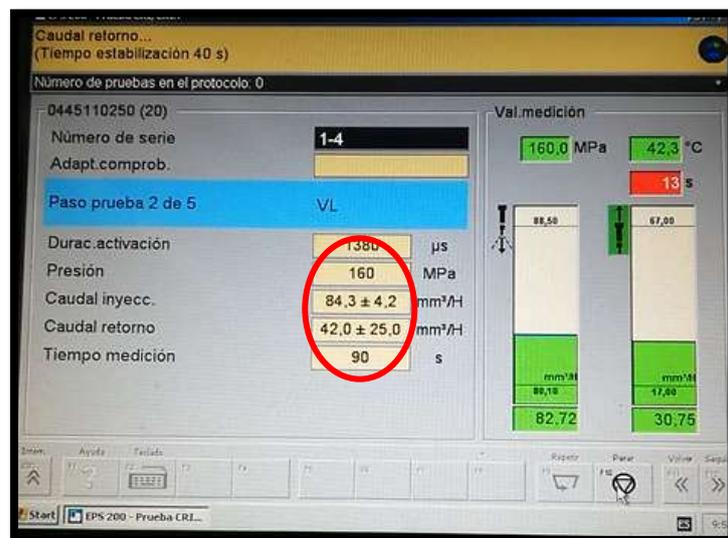


Figura 4.18. Trabajo del inyector 0445110250 a plena carga.
(Bosch, 2018)

Como se puede observar en la figura 4.19, la curva de inyección para la prueba de plena carga, donde se calibro el inyector a 0.5 ms por división de barrido horizontal, con una amplitud de 20 V por división.

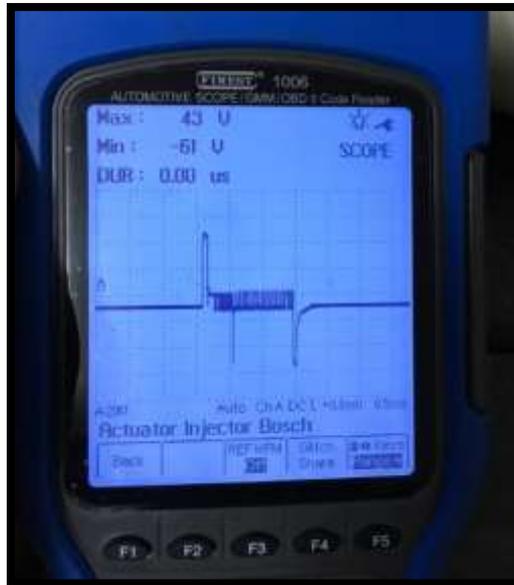


Figura 4.19. Curva de inyección del inyector 0445110250, durante plena carga. (Noboa, 2018)

4.5.3. Prueba caudal para emisiones o EM

El caudal de inyección debe ser capaz de reducir las emisiones contaminantes que se generen en la combustión, para esto el caudal de inyección debe estar entre $21,1 \pm 2,7$ mm³/h, durante la prueba tendrá una presión de 80 Mpa, con un tiempo de activación de 650 μ s al solenoide, se dispondrá de un tiempo 40 s de medición, como se ve en la figura 4.20. El inyector 0445110250, generó un caudal de inyección de 22,18 mm³/h, demostrando que cumple con el rango determinado por el fabricante.

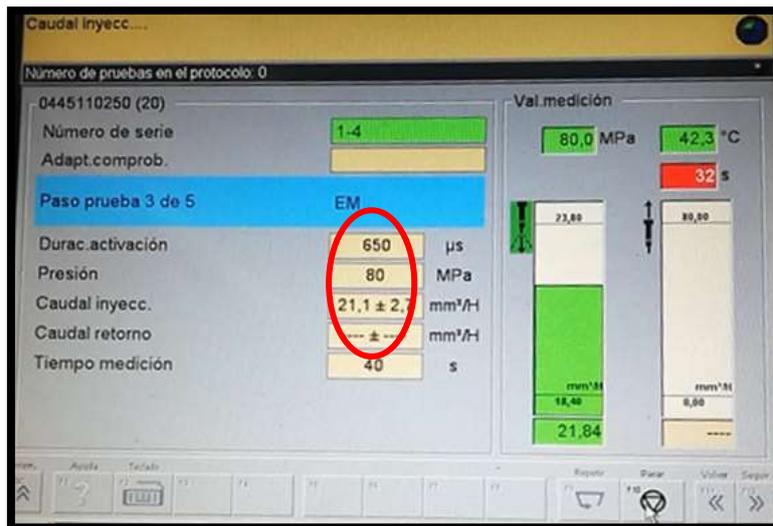


Figura 4.20. Trabajo del inyector 0445110250 para el control de emisiones.
(Bosch, 2018)

4.5.4. Prueba de caudal en ralentí o LL

En la prueba de ralentí el inyector 0445110250, estuvo sometido a presiones de 32 Mpa con un tiempo de 675 μs de activación, el caudal de inyección en ralentí debe estar entre $5,8 \pm 1,5$ mm³/h, con un tiempo de medición de 40 s. Durante el tiempo de medición el valor máximo real que arroja el inyector fue de 6,45 mm³/h. Como el caudal de inyección real generado por el inyector 0445110250, está entre el rango establecido por el fabricante, demuestra que el inyector se encuentra en perfecto estado. Se puede observar en la figura 4.18, nuestro bajo que parámetros se encuentra trabajando el inyector 0445110250.

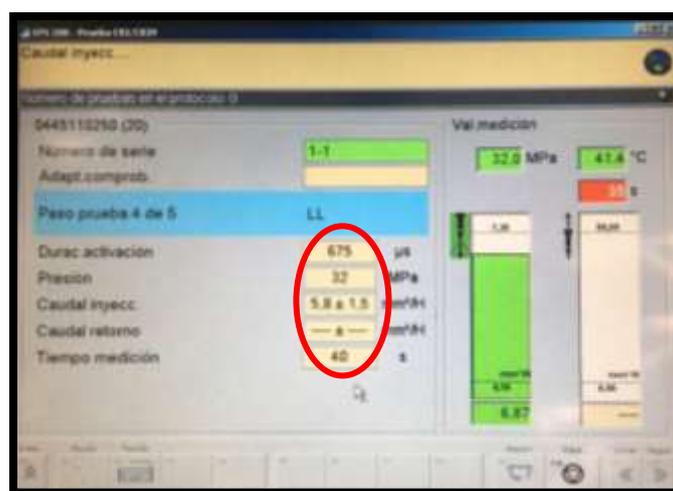


Figura 4.21. Trabajo del inyector 0445110250 en ralentí.
(Bosch, 2018)

4.5.5. Prueba de caudal para inyección previa o VE

Respecto a la última prueba sobre la inyección previa, el inyector 0445110250 debe tener un caudal de inyección comprendido entre $0,9 \pm 0,5 \text{ mm}^3/\text{h}$, para esto se dispondrá de un tiempo de medición de 40 s, donde el inyector estará a presiones de 80 Mpa, con tiempos de activación de 220 μs . Como se puede ver en la figura 4.22, durante el tiempo de medición el caudal de inyección real fue de $1,34 \text{ mm}^3/\text{h}$.

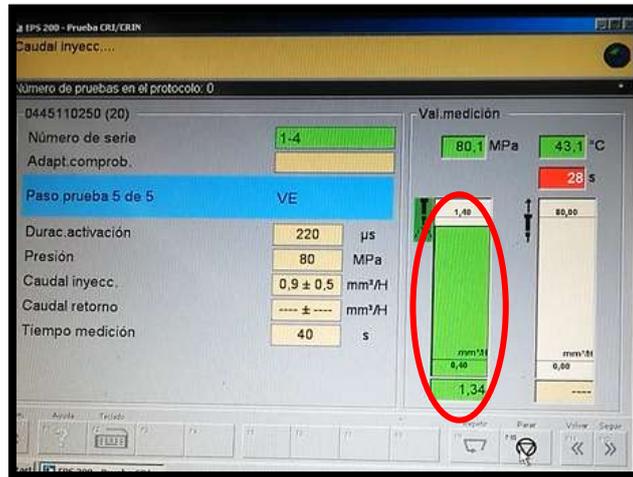


Figura 4.22. Trabajo del inyector 0445110250 en inyección previa.
(Bosch, 2018)

Como se puede observar en la figura 4.23, tenemos la curva de inyección para la prueba de inyección previa para medir esta señal se calibrar el osciloscopio a un barrido horizontal de 0.2 ms por división y una amplitud de tensión pico a pico de 20 V por división. Se puede observar que hay un voltaje de activación de 60 V, y con un tiempo de retención corto a 12 V.

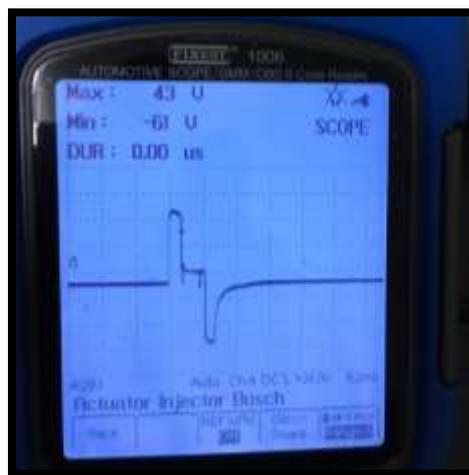


Figura 4.23. Curva del inyector 0445110250 en inyección previa.
(Noboa, 2018)

Luego de cada protocolo de prueba, el banco determino una hoja de resultados, para esto en banco EPS 200 compara los valores reales con los valores nominales, como se ha mencionado en los párrafos anteriores, cada prueba se encuentra dentro de los límites establecidos por el fabricante, como se observa en la figura 4.24.

Inyector Common Rail								
No tipo-pieza:	0445110250 (20)							
Fabricante:	Bosch							
Perfil activación:	14V							
Descripción:	CRI 2.1							
Resultados medición								
Número de serie: 1.4								
Paso de prueba	Duración activación (µs)	Presión (MPa)	Tiempo medic. (s)	Caudal inyección		Caudal retorno		Evaluación
				Valor nominal (mm³/H)	Valor real (mm³/H)	Valor nominal (mm³/H)	Valor real (mm³/H)	
Leak test	0	170	200	--- ± ---	---	40,0 ± 40,0	10,44	✓
VL	1380	160	90	84,3 ± 4,2	82,66	42,0 ± 25,0	30,91	✓
EM	650	80	40	21,1 ± 2,7	22,18	+ ---	---	✓
LL	675	32	40	5,8 ± 1,5	6,45	--- ± ---	---	✓
VE	220	80	40	0,9 ± 0,5	1,34	--- ± ---	---	✓

Figura 4.24. Resultados de medición del inyector 0445110250. (Bosch, 2018)

4.6. Componentes de los inyectores Common Rail, sometidos a mayor desgaste.

Como se observó en los párrafos anteriores, se realizar varias pruebas a los inyectores del sistema de riel común, entre ellas fueron a inyectores totalmente nuevos y otros que contaban con 3 años de servicio aproximadamente. En la figura 4.25, se puede observar los elementos más importantes ya que por medio de ellos se pueden calibrar los pasó de combustible hacia la cámara o hacia el retorno. Así mismo son estos elementos del inyector que están sometidos a mayores esfuerzos, causando problemas durante la inyección.



Figura 4.25. Componentes de un inyector Common Rail sometidos a mayor desgaste. (Cise Electronics Corp., 2018)

Como se ha mencionado la válvula de control, cumple varias funciones en el inyector entre ellas es la de permitir que el retorno de combustible hacia el tanque. En la figura 4.15, se mostró el resultado de medición que dos inyectores de la serie 0445120289, donde no es capaz de aprobar las pruebas de estanqueidad y plena carga, ya que sobrepasa el valor de caudal de retorno establecido por el fabricante.



Figura 4.26. Válvula de control de un inyector Common Rail.
(Diesel Corona, 2018)

El desgaste de la válvula de control puede ocurrir por el tiempo de funcionamiento, sedimentos o por corrosión, ocasionando pérdidas de presión por fugas de combustible hacia el retorno, por lo que la bolita de control no asienta perfectamente.

En los casos de ser excesivo el desgaste la fuga será bárbara reduciendo la posibilidad de arrancar el motor. En la figura 4.27, se puede observar un ejemplo de desgaste en el asiento de la válvula de control.



Figura 4.27. Desgaste en asiento de válvula de control.

(Cise Electronics Corp., 2018)

En la gráfica 4.28 se observa otro ejemplo de una válvula de control con un asiento totalmente fuera de holgura, esto se debe al tiempo de trabajo de la bolita de control. Si el desgaste no es excesivo se puede realizar un pulido, respetando los ángulos de inclinación establecidos por el fabricante.

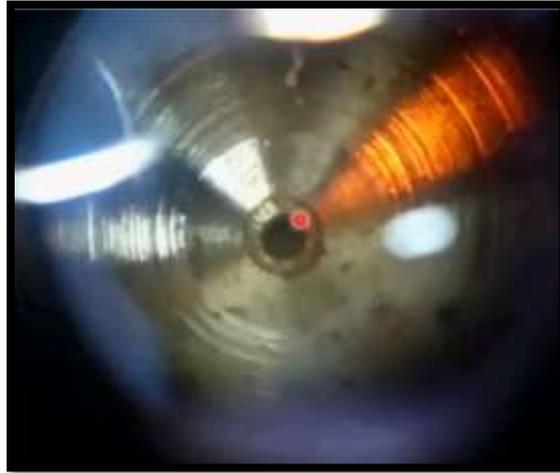


Figura 4.28. Asiento del orificio de retorno de la válvula de control desgastado.
(Lecea, 2018)

Como se puede observar en la gráfica 4.29, tenemos una válvula de control con un tratamiento de pulido, donde la superficie que asienta la esfera de control esta adecuada para que no genere fugas de retorno.



Figura 4.29. Tratamiento de una válvula de control.
(Lecea, 2018)

4.7. Problemas al utilizar el osciloscopio.

Como es correcto los inyectores del riel común no poseen una polaridad al momento de colocar la puntas del osciloscopio sobre el socket de alimentación del mismo, pero se debe tener en cuenta al momento de conectar el osciloscopio cuando se conecte a una red eléctrica ya que este busca una línea de tierra, y ocasionaría que la curva del inyección se muestre al revés como se muestra en la figura 4.30.

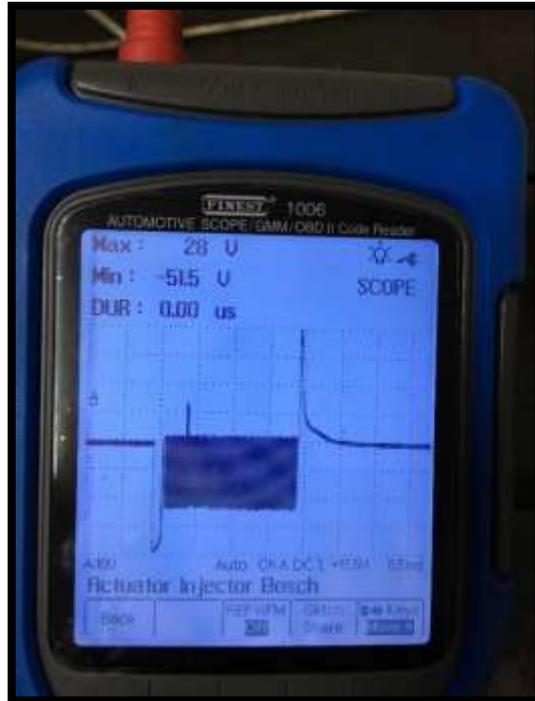


Figura 4.30. Grafica de inyección inversa.
(Noboa, 2018)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se evaluaron a los inyectores con el multímetro para verificar que el bobinado no se encuentre en corto.
- Con el uso del osciloscopio se pudo verificar el tiempo de inyección para cada inyector durante las pruebas en el banco.
- Con los resultados obtenidos por el banco de prueba se verificaron los caudales de retorno e inyección, estos datos permiten establecer si los elementos internos del inyector se encuentran dentro del rango de funcionamiento.
- En base a los resultados obtenidos por el Banco de pruebas se establecieron que componentes tienden a sufrir desgastes, ya sea debido al tiempo de trabajo, como a las mismas impurezas que puede contener el diésel.

5.2. Recomendaciones

- Es importante verificar la resistencia del bobinado de los inyectores ya que en el caso de ser incorrecta a la establecida por el fabricante no habría activación hacia la bobina.
- Al usar el osciloscopio lo importante a tener en cuenta es que ambas puntas del cable del equipo deben colocarse sobre el socket de alimentación del inyector, no se debe colocarlo a masa del vehículo.
- Al evaluar un inyector bobinado es importante conocer el caudal de retorno ya que si este es excesivo indicaría que internamente el inyector presenta fugas.
- Se debe cambiar periódicamente los filtros de combustible para evitar el desgaste abrasivos por partículas contaminantes ya que estos afectarían en la inyección.

Bibliografía

- AutoAvance. (15 de 09 de 2018). Inyector Common Rail Prueba y Resuelto. Bogota, Colombia.
- Bosch. (2005). Sistemas de inyección Diesel por acumulador Common Rail. En Bosch. Brazil: Bosch.
- Bosch. (24 de 09 de 2007). Common Rail. Generalidades del sistema. Salvador: Internal.
- Bosch. (07 de 04 de 2008). EPS 200 Probador de inyectores. Obtenido de DocPlayer: <https://docplayer.es/45871720-Eps-200-probador-de-inyectores.html>
- Bosch. (30 de 04 de 2016). Sistemas de Inyección Diesel. Brasil, Campinas.
- Bosch. (09 de 01 de 2017). Informe de diagnóstico de unidades de control. Obtenido de Osciloscopio Digital Automotriz: <http://www.iturria-sa.com.ar/wp-content/uploads/2016/08/Nota-77-OTC-3840F.pdf>
- Bosch. (15 de 09 de 2018). Banco EPS 200. Protocolo de prueba para inyectores bobinados. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Cabezas, C., & Freire, E. (20 de 02 de 2018). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores marca Bosch serie 0445110290 y 0445110293 utilizados en el sistema CRDi . Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14029/1/T-ESPEL-MAI-0619.pdf>
- Calle, A. C. (5 de 10 de 2014). Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>
- Cise Electronics. (17 de 12 de 2018). Módulo III Inyección Electrónica. Sensores en la inyección Electrónica. Argentina, Buenos Aires. Obtenido de <http://www.cise.com>
- Cise Electronics Corp. (30 de 09 de 2010). Cise electronica. Obtenido de <http://www.cise.com>
- Cise Electronics Corp. (25 de 07 de 2018). Taeet Electronics. Buenos Aires. Obtenido de <http://www.cise.com>
- Delphi. (2007). Manual Common Rail. Francia: Delphi.
- Diesel Corona. (2018). Instrucciones para reparación del inyector de electroválvula common rail. Brazil: UCSITA.
- Formauto. (30 de 10 de 2012). Gestiones electronicas. Sensores y Actuadores. Malaga: Formauto.
- Google. (20 de 07 de 2018). Google Maps. Obtenido de <http://bit.do/eATCU>
- Guerra, S. d. (15 de 07 de 2012). Common Rail. Inyección Diesel. Obtenido de Slideshare: <https://bit.ly/2KJZ7Hm>

- Hannu Jääskeläinen, M. K. (10 de 05 de 2015). Diesel Net. Obtenido de https://www.dieselnets.com/tech/diesel_fi_common-rail.php
- Kitchen, T. (30 de 05 de 2012). Common Rail Diesel Fuel Systems. Obtenido de Motor Industry Professional Training and Development: <https://bit.ly/2tYwXSF>
- Lecea. (17 de 05 de 2018). Válvula de control Inyector Bosch. Colombia.
- Mazda. (2006). Training Manual. Mazda BT-50. Colombia: Mazda Motor Europe GmbH.
- Morán, C. V., & Passo Guamangate, R. (06 de 06 de 2016). Universidad de las fuerzas armadas. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12412/2/ESPEL-MAI-0549-P.pdf>
- Noboa, A. A. (2018). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250” del sistema Common rail. Guayaquil.
- Pérez, M. Á. (2011). Sistemas auxiliares del motor. Madrid: Paraninfo.
- Sánchez, E. (2012). Sistemas Auxiliares del Motor. Madrid: MACMILLAN.
- Sanwa. (02 de 07 de 2003). Multimetro digital. Obtenido de Rodaronline: http://www.rodaronline.com/images/productos/pdf/adjunto_1617_429.pdf
- Tronic, E. (20 de 11 de 2018). Despiece de inyectores Common Rail. Guayaquil, Guayas, Ecuador.