
MANUAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN INYECTORES CRDI

Autor

Camilo Andrés Gaitán Grimaldo

Director

Elkin Alberto Mora Espinosa
Ing. Mecánico M.Sc Ing. Ambiental

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, MECATRONICA E
INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, Mayo 31 del 2022

MANUAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN INYECTORES CRDI

Autor

Camilo Andrés Gaitán Grimaldos

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Director

Elkin Alberto Mora Espinosa
Ing. Mecánico MSc Ing. Ambiental

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, MECATRONICA E
INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
Pamplona, Mayo 31 del 2022**

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo gracias a Dios, luego gracias a mis padres y hermanos por siempre estar en los momentos más complicados en este proceso, también a las personas que en la ciudad de Duitama y Pamplona que con sus acciones me brindaron apoyo y motivación para soportar la experiencia académica de la vida universitaria.

Agradezco a los ingenieros que aportaron al conocimiento adquirido a lo largo de la carrera de ingeniería mecánica además de mejorar mis principios como persona.

A la empresa Inyecdiese&turbos la cual brindó la oportunidad de seguir laborando y permitirme aplicar los conocimientos que me forman como profesional.

Lo último, pero no menos importante, quiero agradecer por creer en mí, quiero agradecer por nunca darme por vencido, gracias. Amen

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. OBJETIVOS	12
4.1 Objetivo general.....	12
4.2 Objetivos específicos	12
4. ESTADO ACTUAL	13
4.1 Antecedentes.....	13
5. INYECTORES DIÉSEL CRDI.....	17
5.1 Listado y codificación de los componentes en los tipos de inyectores.	18
5.1.1 Inyectores Bosch.....	18
5.1.1 Inyectores Denso.	32
5.1.2 Inyectores Delphi.....	37
6. DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN INYECTORES CRDI.	42
6.1 Síntomas de mal funcionamiento en motores diésel por daños en inyectores.	42
6.1.1 Diagnóstico de Banco de pruebas para inyectores CRDI.	45
6.1.1.1 Pruebas básicas en inyectores.	47
6.1.1.2 Comprobación de fallas y averías en la tobera de los inyectores.	50
6.1.1.3 Comprobación de fallas y averías en el cuerpo del inyector.....	52
7. HOJA DE RUTA DE REPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES BOSCH, DENSO Y DELPHI	57
7.1 Procedimiento de reparación y calibración inyectores Bosch.	57
7.1.1 <i>Inyectores Bosch CRI, CRI 1, CRI 2, CRI 2.2, CRIN 1, CRIN 1.6, CRIN 2, CRIN</i>	57
7.1.2 <i>Inyectores Bosch CRI 2.1</i>	58
7.1.3 <i>Inyectores Bosch CRI 2.5</i>	59
7.2 Procedimiento de reparación y calibración inyectores Denso.....	60
7.2.1 <i>Inyectores Denso X2, G2S Y G3S</i>	60
7.2.2 <i>Inyectores Bosch CRI 3.0, 3.1, 3.2</i>	60
7.2.3 <i>Inyectores Denso G4S</i>	61

7.3	Procedimiento de reparación y calibración inyectores Delphi.....	61
7.3.1	<i>Inyectores Delphi DF1, DF1.1, DF1.2, DF1.3, DF1.4, DF1.5.</i>	61
8.	APLICATIVO	68
9.	CONCLUSIONES.....	68
10.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	76
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
12.	Anexos.	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Forma constructiva del inducido Bosch CRDI 1, 2, 2.1, 2.2	23
Tabla 2: Fallas en el vehículo por falta de mantenimiento en inyectores	44
Tabla 3: Parámetros de funcionamiento del banco de prueba.	46
Tabla 4: Test de inyección Denso G3S 095000-6593.....	46
Tabla 5: Averías en el conjunto de la tobera.....	52
Tabla 6: Averías en el cuerpo del inyector	56
Tabla 7 : Herramientas usadas en la reparación y calibración de inyectores Bosch, Denso y Delphi.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Partes inyector CRDI	17
Figura 2 : Inyector Bosch CRI 1	19
Figura 3 : Inyector Bosch CRI 1 cerrado.....	20
Figura 4 : Inyector Bosch CRI 1 activado.....	21
Figura 5: Inyector Bosch CRI 2. 1	22
Figura 6: Inyector Bosch CRI 2.0 y 2.2	23
Figura 7: Inyector Bosch CRI 2.5	25
Figura 8: Válvula de presión equilibrada inyector Bosch	26
Figura 9: Inyector Bosch CRI 3.....	27
Figura 10: Función del inyector Bosch 3.0	28
Figura 11: Función del inyector Bosch 3.0	28
Figura 12: Corriente en el inyector Bosch piezoeléctrico.	29
Figura 13: Evolución de los inyectores bosch	29
Figura 14: Principio de funcionamiento electrónico, mecánico e hidráulico CRI Y CRIN	30
Figura 15: Tipos de inyectores CRIN.....	30
Figura 16: Características constructivas inyectores CRIN	31
Figura 17: Cambios constructivos entre CRI y CRIN	31
Figura 18: Inyector CRI Denso X2	33
Figura 19: Inyector CRDI Denso sin inyección.....	34
Figura 20 : inyector CRDI Denso plena inyección.....	35
Figura 21: Inyector CRDI Denso fin de inyección.....	35
Figura 22: inyector CRDI Denso (G2S, G3S).....	36
Figura 23: linyector CRDI Denso G4S	37
Figura 24: Inyector Delphi DFI 1	38
Figura 25: Inyector Delphi sin inyección.	39
Figura 26: Inyector Delphi inicio de inyección	39
Figura 27: Inyector Delphi a plena carga	40
Figura 28: Inyector Delphi fin de la inyección.....	40
Figura 29: Inyector Delphi piezoeléctrico DFI 1.5	41
Figura 30: Evolución inyector Denso	41
Figura 31: Gscan2	43
Figura 32: Banco de prueba CRS708	45
Figura 33: Diagrama de flujo para proceso de diagnóstico de fallas en el inyector.	47
Figura 34: Inyección aceptable e inaceptable	48
Figura 35: Desgaste en la aguja de la tobera del inyector.	50
Figura 36: Desgaste en la tobera del inyector	50
Figura 37: Comprobación de aguja.....	51
Figura 38: Averías en el núcleo magnético	53
Figura 39: Averías en el embolo de la válvula	53
Figura 40: Avería en la pieza de la válvula del inyector	54
Figura 41: Avería en válvula de la bolilla.	55

Figura 42: Averías en la superficie de apoyo del inyector.....	55
Figura 43: Diagrama de flujo proceso de reparación para inyectores.....	57
Figura 44: Funciones del programa Node js	69
Figura 45: Programa Angular.....	69
Figura 46: Aplicativo página principal	70
Figura 47: Tipos de inyectores Bosch para reparar.	71
Figura 48: Vista reparación y torque del inyector.....	71
Figura 49: Vista de reparación y torque.	72
Figura 50: Vista de la calibración del inyector Bosch.....	72
Figura 51:Tipo de inyector y pruebas guardadas en base de datos	73
Figura 52: Vista de catalogo herramientas en el aplicativo.....	74

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el aumento de vehículos que utilizan motores Diesel se debe a la ventaja del alto costo y porque la gasolina tiene un alto valor además tiene un alto nivel de contaminación. Desde un punto de vista termodinámico, los motores Diesel son los más eficientes, razón por la cual los consumidores prefieren vehículos con este tipo de motor.[1]

El sistema de inyección de combustible Diesel es responsable de proporcionar el combustible necesario para el funcionamiento normal del motor. Para una combustión óptima, se debe inyectar combustible en cierta proporción, de lo contrario la combustión no se producirá correctamente y el motor comenzará a comportarse incorrectamente. Los dos componentes principales son la bomba de inyección y el inyector. El inyector se encarga de inyectar combustible a cada cilindro del motor en forma de una pequeña lluvia, la cual es recibida por la bomba inyectora. La bomba de inyección es la encargada de suministrar la cantidad necesaria de combustible, en el momento adecuado ya la presión adecuada a cada inyector. Por ello, la presión y la cantidad de combustible suministrada por la bomba cambiará constantemente, adaptándose a las necesidades del motor en cada caso. Debido a la función principal que realiza esta pieza, lo más importante es que se encuentre en perfecto estado y libre de cualquier tipo de daño. [2]

Los motores Diésel son los más usados en el transporté de carga pesada a nivel nacional y Duitama es la ciudad epicentro del gremio transportador. Esta industria demanda una gran cantidad de servicios de mantenimiento, entre ellos la reparación de sistemas de inyección. Una de las empresas con más experiencia en reparación de inyectores CRDI common rail es el laboratorio InyecDiesel y Turbos el cual no contaba con un proceso para diagnóstico de inyectores establecido. Con este manual de diagnóstico de fallas en inyectores que se aplica en tres diferentes marcas comerciales (Bosch, Denso, Delphi) los cuales están en contacto con el Diésel para ser pulverizado para estas mediciones del desgaste de los elementos que constituyen al inyector, se realizara mediante un banco de pruebas, scanner y diferentes herramientas necesarias para la calibración y reparación de estos actuadores se le hacen pruebas en diferentes condiciones de trabajo (diferentes RPM) esto con el fin de saber por qué puede estar fallando y se lleva a cabo un mantenimiento correctivo para este sistema. El proceso ayudará al personal encargado del mantenimiento a tener mejores resultados y garantizar un trabajo de calidad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo, los motores Diésel y a gasolina son los más utilizados en la parte automotriz, convirtiéndose en una gran necesidad para el transporte y el comercio. Estos motores Diésel, los más usados para el transporte pesado como lo son tractomulas, camiones, maquinaria pesada, y algunas camionetas trabajan con un sistema de common rail, que pueden ser de dos tipos (convencionales y electrónicos) presentan fallas por desgaste en sus componentes por trabajar a altas presiones y temperaturas, y otro factor a tener en cuenta en las fallas, son las impurezas en el combustible de la región.

De hecho, este tipo de fallas son corregidas en los laboratorios especializados de inyección Diésel, como por ejemplo el laboratorio InyecDiesel&Turbos ubicados en la ciudad de Duitama (departamento de Boyacá). Este laboratorio presta servicios de mantenimiento de inyección Diésel, reparando y calibrando inyectores, bombas de inyección y turbocompresores, tanto mecánicos como electrónicos con un promedio de 10 motores a la semana. Estos motores cuentan con un sistema de common rail, el cual tiene como función inyectar el combustible pulverizado a altas presiones y temperaturas en la cámara de combustión. Ante la gran diversidad de fallas que presenta este sistema de inyección, el laboratorio no cuenta con un proceso estandarizado que les permita realizar un mejor diagnóstico de las fallas en inyectores.

Esta situación se debe a desconocimiento en mantenimiento autónomo, falta de personal capacitado y falta de visión estratégica. Esto conlleva, a que se pierda tiempo, dinero, y mal clima laboral por errores humanos en el proceso de detección y diagnóstico de fallas es por eso que con este proyecto se pretende crear un manual y un aplicativo que funcione para la identificación, clasificación para el manejo de fallas en inyectores con sistemas CRDI, a través del uso de bancos de pruebas y herramientas del laboratorio que mejore el procesó de mantenimiento de inyectores.

3. JUSTIFICACIÓN

Ante la baja calidad del combustible colombiano además de otros factores, que implican los diferentes daños en el sistema de inyección de motores con ciclo Diésel debido a esto el laboratorio no cuenta con un proceso establecido que les permita realizar un mejor diagnóstico de las fallas en los inyectores para su reparación. esta situación se debe a que no hay personal capacitado que los oriente en el área mantenimiento autónomo y visión estratégica que los ayude con la realización de un mejor proceso. Es de gran importancia realizar este manual ya que los ayudará a optimizar este proceso prediciendo la posible falla que causa el mal funcionamiento de algunos elementos originando pérdida de dinero, tiempo y desgaste emocional en el personal de este laboratorio.

Se realizará un manual de identificación, clasificación y manejo de fallas para inyectores con sistemas CRDI, a través del uso de bancos de pruebas y herramientas en el laboratorio, La investigación es necesaria, ya que de esta manera se afianza una mejor identificación de fallas que se presenta en los elementos del actuador, tomando en cuenta los fenómenos mecánicos, térmicos e hidráulicos encontrados durante el trabajo, presente en diversos automotores en el mercado.

Debido a que no se cuenta con suficientes estudios de manuales de fallas en inyectores CRDI y sus estrategias de prevención de fallas, el presente proyecto es conveniente para mejorar el diagnóstico fallas que se presenta por el mal funcionamiento del inyector y con esto garantizarle al laboratorio que tendrán mejores resultados.

Por otra parte, el manual y aplicativo contribuye con mejorar los conocimientos sobre este sistema y con el tiempo obtener mejores resultados de calidad, identificando de mejor manera las fallas y garantizándole al cliente un mejor trabajo. Dentro del punto de vista del lector, este tema le permitirá conocer qué marca de inyector (Bosch, Denso o Delphi) en un sistema CRDI le ofrece mejores condiciones de uso para los vehículos y maquinas que llegan para su mantenimiento.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaboración de un manual para la identificación de fallas en inyectores CRDI.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisión bibliográfica para identificación de los componentes y fallas de los inyectores Bosch, Denso y Delphi.
- Catalogar diagnóstico que realiza el banco de pruebas del laboratorio.
- Diseñar una hoja de ruta de las pruebas a realizar según las fallas evidenciadas.
- Establecer el procedimiento de reparación necesario según la falla determinada.
- Crear un aplicativo que implemente la información obtenida para el manual.

4. ESTADO ACTUAL

4.1 Antecedentes.

Christian javier lara sanchez Luis gabriel monteros montenegro (2016). En este proyecto de investigación se analiza el desgaste de tres marcas diferentes de inyectores CRDI después de un periodo de uso; En el cual se realiza este estudio a través de la escala de rugosidad que se evalúa según la norma internacional ISO y DIN. El daño a la aguja de la boquilla se determinará tomando medidas de rugosidad con un dispositivo conocido como medidor de rugosidad, que luego se confirma mediante cálculos integrados y, por lo tanto, el tipo de abrasivo utilizado puede depender de la marca y la operación. Temporización del orificio. Adquiriendo boquillas CRDI nuevas de marcas: Bosch, Delphi, Denso, y otras usadas después de cierto tiempo de uso, es posible hacer comparaciones del desgaste que se presenta en cada caso. [3]

Ianhui Zhao a, Leonid Grekhov a,B,* , Dmitry Onishchenko B, Ildar Gabitov C, [2011]. Este estudio tuvo como objetivo describir las razones del fuerte calentamiento del combustible en los sistemas de combustible Common Rail y su descripción matemática. Los resultados experimentales se obtuvieron pasando el combustible por un orificio y un inyector de Diesel. Se propusieron tres métodos para diferentes tareas y diferentes tipos de combustibles, para calcular el calentamiento con presiones de inyección ultra altas. En cuanto a los procesos de atomización, evaporación y combustión de combustibles, el calentamiento del combustible debido al efecto Joule-Thomson en la tobera del inyector es lo más importante. Se demostró que un complejo de varios factores térmicos conduce a un calentamiento del combustible hasta 240-260° C a una presión de 350 a 400 MPa.[4]

Suntaxi Cóndor, Christian Giovanni Auz Montenegro, Santiago Javier Lisintuña Moreno, Jaime Jordano [2018]. En el presente artículo se analizó los periodos de mantenibilidad de los inyectores CRDI, para lo cual se utilizó los inyectores Bosch y Denso, que en la actualidad son los más empleados en vehículos de marcas reconocidas a nivel nacional y cuentan con tecnología euro iii. El proceso de comprobación y verificación de las pruebas estáticas se desarrollará en base al kilometraje de 0 a 100.000 km considerando la entrega y retorno de combustible, estas pruebas se realizaron en el banco EPS 205 de la marca Bosch.[5]

Noboa Asencio, Anthony Bryan [2019]. En los sistemas de riel común regula los tiempos de inyección sin depender del régimen o carga que tenga el motor. De esta manera, se ofrecen varias ventajas en comparación a un sistema de inyección totalmente mecánico. Para esto el sistema common rail 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 determinaran que el inyector se encuentre dentro de un rango de trabajo establecido por el fabricante.[6]

Raghani Rojas, Rishi. [2017]. El objetivo del desarrollo de este manual es demostrar los procesos para la comprobación de inyectores common rail del motor Hyundai J3, mediante el banco de pruebas CRT-3500 para entender el funcionamiento del sistema de inyección Delphi, con fines de diagnóstico técnica mecánica y didáctico estudiantil y profesional. Este banco de pruebas cumple con el fin de mejorar el diagnóstico, eficiencia y precisión del motor Hyundai J3 equipado con el sistema CRDI, elevando potencia, torque y rendimiento reduciendo el impacto ambiental. [7]

Viláñez Ponce, Bryan Ricardo, Sacancela Ushiña, Luis Joaquín [2017]. El presente estudio busca determinar los procedimientos necesarios para el mantenimiento de los inyectores Common Rail con respecto al funcionamiento del motor. En el Ecuador las marcas de sistemas Common Rail con más índice de rotación en vehículos livianos y pesados son Bosch, y esta misma posee diferentes modelos de sistemas Materiales y métodos Se investigaron los procesos de mantenimiento de los inyectores en el equipo EPS 205 de Bosch, y también como mantenimiento correctivo se pueden identificar las averías más comunes. En la parte de mantenimiento s que se realizan en los inyectores a lo largo de su vida útil se determinan que partes deben ser reemplazadas mediante las pruebas necesarias en el equipo EPS 205 y posteriormente su desarme, o si el daño es excesivo en el recambio total del inyector. [8]

Weihua Zhaounb Junhao Yanb Suya Gaob Timoteo H. Sotaventobc XiangrongLiun [2021]. Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico Código 1.1 00 Página 11 de 23 Debido a la expansión de la población mundial y al rápido crecimiento económico, se espera que las actividades humanas en las regiones de gran altitud crezcan. Sin embargo, los motores Diésel son las principales fuentes de energía para la maquinaria pesada, que puede experimentar una baja eficiencia de combustión y altas emisiones debido a la reducción de la masa de aire de admisión. La adopción de combustibles oxigenados, como los alcoholes, puede ser una posible solución para superar estos problemas. Por lo tanto, es necesario estudiar las características de rendimiento y emisiones de los motores Diésel alimentados con mezclas de Diésel / alcohol en condiciones de gran altitud. Investigar los efectos de la baja presión de admisión y los aditivos alcohólicos en el rendimiento de los motores Diésel, las características de combustión y

emisiones de un motor Diésel common-rail alimentado con gasóleo, propanol, y se probaron mezclas de pentanol bajo diferentes presiones de admisión. [9]

Muñoz Vizhñay, José Fernando, Cobo Baquerizo, Guillermo Xavier [2013]. Con el propósito de determinar los costos que implica el mantenimiento correctivo del sistema CRDI, se estableció en primer lugar las causas principales que hacen necesaria esta actividad, siendo, la falta de mantenimiento preventivo, las condiciones de trabajo y la calidad del combustible Diésel que se distribuye y comercializa en Ecuador. Con esto se demostró al consumidor que al elegir un vehículo con motor Diésel no solo se debe tener presente el precio del combustible, sino también el costo que conlleva proveer de mantenimiento a un motor con sistema CRDI. Se demostró que el mantenimiento preventivo debe ser rigurosamente ejecutado para evitar o alargar la necesidad del mantenimiento correctivo. Como conclusión del proyecto se elaboró una guía de consulta sobre las averías que presentan los sistemas CRDI, y los costos de mantenimientos preventivos y correctivos que se hacen necesarios. [10]

Palacios Quiroz, Walter Vinicio [2016]. La presente investigación se trata sobre la elaboración de una guía para la manipulación de inyectores a diésel CRDI en el banco de pruebas MT 3000 ya que estos inyectores necesitan de un mantenimiento preventivo, para el buen funcionamiento en los motores. Los componentes principales del sistema de inyección diésel son la bomba de alta presión los inyectores y el sensor de presión de riel, la presión en el sistema es medida a través del sensor mediante un multímetro un scanner o un osciloscopio lo cual indica el funcionamiento óptimo del sistema. Los inyectores electrónicos funcionan con presiones de combustible de 1500 BAR y voltajes de 70V que son menores y a las que funcionan los inyectores piezoeléctricos ya que manejan presiones de trabajo de 2000 bares y un voltaje de 125V con la utilización del escáner se logra medir el voltaje de trabajo de los inyectores en donde nos muestra las curvas de las tres inyecciones que son capaces de realizar los inyectores como son pre inyección, inyección principal y post inyección. En el banco de pruebas se realiza las pruebas de caudal y entrega de los inyectores donde también se observa el rocío de la tobera que es muy importante al momento de entregar el combustible dentro de la cámara de combustión y también se puede realizar una limpieza interna del inyector. [11]

Ferrari A.a, *, Mittica A. a, Paolicelli F.a, Pizzo P.a (2016). Los sistemas de inyección representan elementos clave en los motores diésel modernos debido al papel fundamental que desempeñan en la formación y evolución de la pulverización de combustible durante la fase de combustión. Por esta razón, su diseño necesita atención y mejoras continuas para satisfacer los estándares ambientales y las

demandas de los consumidores. El presente trabajo ilustra las principales fases que forman la base de una actividad de caracterización hidráulica de un inyector solenoide para aplicaciones de motores Diesel. [12]

Ayora Rivera, José Luis sep-2017. El avance de la tecnología y el incremento del control ambiental ha desarrollado normativas cada vez más rigurosas y exigentes han conducido a los fabricantes de vehículos y de sistemas de inyección Diesel a buscar y desarrollar nuevas alternativas más eficientes y amigables con el medio ambiente sin dejar de lado la ergonomía y el rendimiento que cada vez incrementa diseño a diseño. Los sistemas de inyección Diésel de Riel Común son un ejemplo total de ello, sistemas que manejan mayores presiones, datos más precisos del régimen del motor inclusive son más silenciosos y eficientes son algunas de las ventajas del sistema CRDI. El objetivo de esta investigación es aportar con una herramienta que facilita el diagnóstico de estos sistemas de una manera mucho más sencilla y rápida. Fundamentando de una manera completamente técnica y metodológica el diagnóstico en inyectores Piezoeléctricos del sistema CRDI utilizando la herramienta. [13]

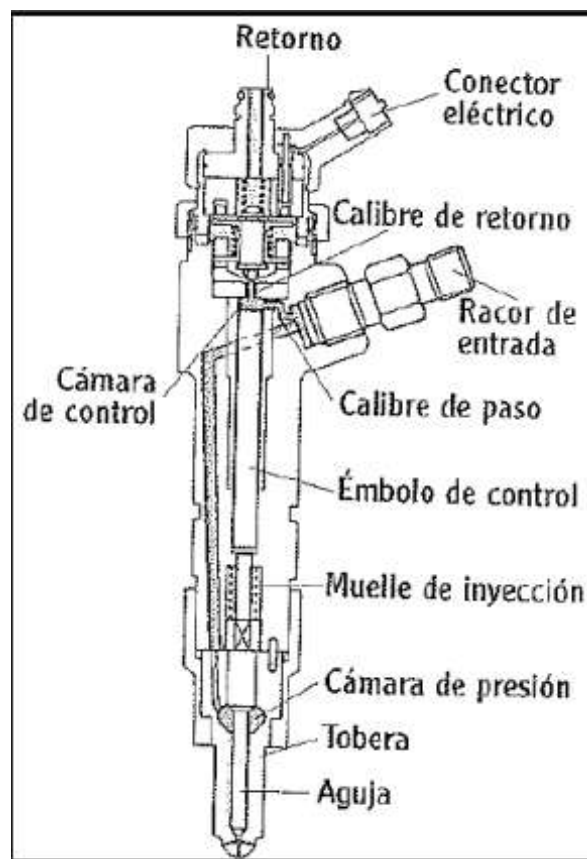
Palacios Quiroz Walter Vinicio, Ibarra 2015. La presente investigación se trata sobre la elaboración de una guía para la manipulación de inyectores a diésel CRDi en el banco de pruebas MT – 3000 ya que estos inyectores necesitan de un mantenimiento preventivo, para el buen funcionamiento en los motores. Los componentes principales del sistema de inyección Diésel son la bomba de alta presión los inyectores y el sensor de presión de riel, la presión en el sistema es medida a través del sensor mediante un multímetro un scanner o un osciloscopio lo cual indica el funcionamiento óptimo del sistema. [14]

Robles Lorite, Laura (2019). En este trabajo de fin de grado, se estudia un inyector CommonRail a partir de su despiece, de manera que, se comienza con el estudio individual de cada pieza, para terminar con la explicación de funcionamiento del conjunto. Para ello, se ha medido cada pieza en detalle para poder modelarla en 3D con el programa CAD: "SolidWorks" y explicar su funcionamiento. También se ha validado el método de la silicona como método fiable para medir cavidades interiores que son difíciles de medir, comparando nuestros resultados con los objetivos de un estudio con rayos X. Finalmente, también comprobamos que los resortes que componen el inyector, son dos muelles lineales ya que cumplen con la ley de Hooke. [15]

5. INYECTORES DIÉSEL CRDI.

El inyector es un componente del sistema de inyección de combustible. Inyectan una cierta cantidad de combustible en la cámara de combustión, donde se mezcla con aire a alta temperatura para lograr la combustión. Existe un inyector para cada cilindro, cuyo movimiento está determinado por la presión de combustible generada por la bomba de inyección. El solenoide controla cada inyector, ya que depende de la cantidad de combustible que necesita llegar al motor, dependiendo de la potencia que necesita el automóvil en un momento dado. [3]

Figura 1: Partes inyector CRDI



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica.

El inyector se compone de **siete partes**. La primera es la **porta-tobera**, un bloque de acero que ejerce de estructura base para montar el resto de componentes. El combustible penetra hacia la cámara de presión del inyector a través de este bloque.

La **tobera** está fijada a la porta-tobera con un manguito roscado. En su interior se monta la válvula de aguja, que permite formar una cámara de presión estanca tapando los orificios de salida del inyector.

La **válvula de aguja** es un pistón que ejerce como compuerta de inyección. Esta válvula cierra el paso de combustible cuando se halla en estado de reposo. Este cierre (estanco de la válvula) se produce mediante un **resorte**, cuya fuerza en reposo cierra la válvula contra el orificio de salida del inyector. El aumento de la presión del combustible sobre la solapa cónica de la válvula la levanta, venciendo la fuerza del resorte. Es entonces cuando el combustible se inyecta a través de los orificios del inyector hacia la cámara de combustión del cilindro. Cuando finaliza la inyección, el resorte vuelve a empujar la válvula de aguja contra el asiento de estanqueidad.

Otro componente es la **varilla de empuje**, un vástago que comunica el movimiento entre la válvula de aguja y el resorte.

El sexto componente es el **tornillo de reglaje**, cuya función consiste en ajustar la presión de inyección del combustible.

Por último, el racor **de cierre**. Este hermetiza el conjunto del inyector y permite la vuelta de combustible residual al tanque. Esta pequeña dosis de combustible se filtra durante el proceso de inyección entre la válvula de aguja y la porta-tobera, para lubricar el resto de elementos del inyector. [3]

5.1 Listado y codificación de los componentes en los tipos de inyectores.

5.1.1 Inyectores Bosch

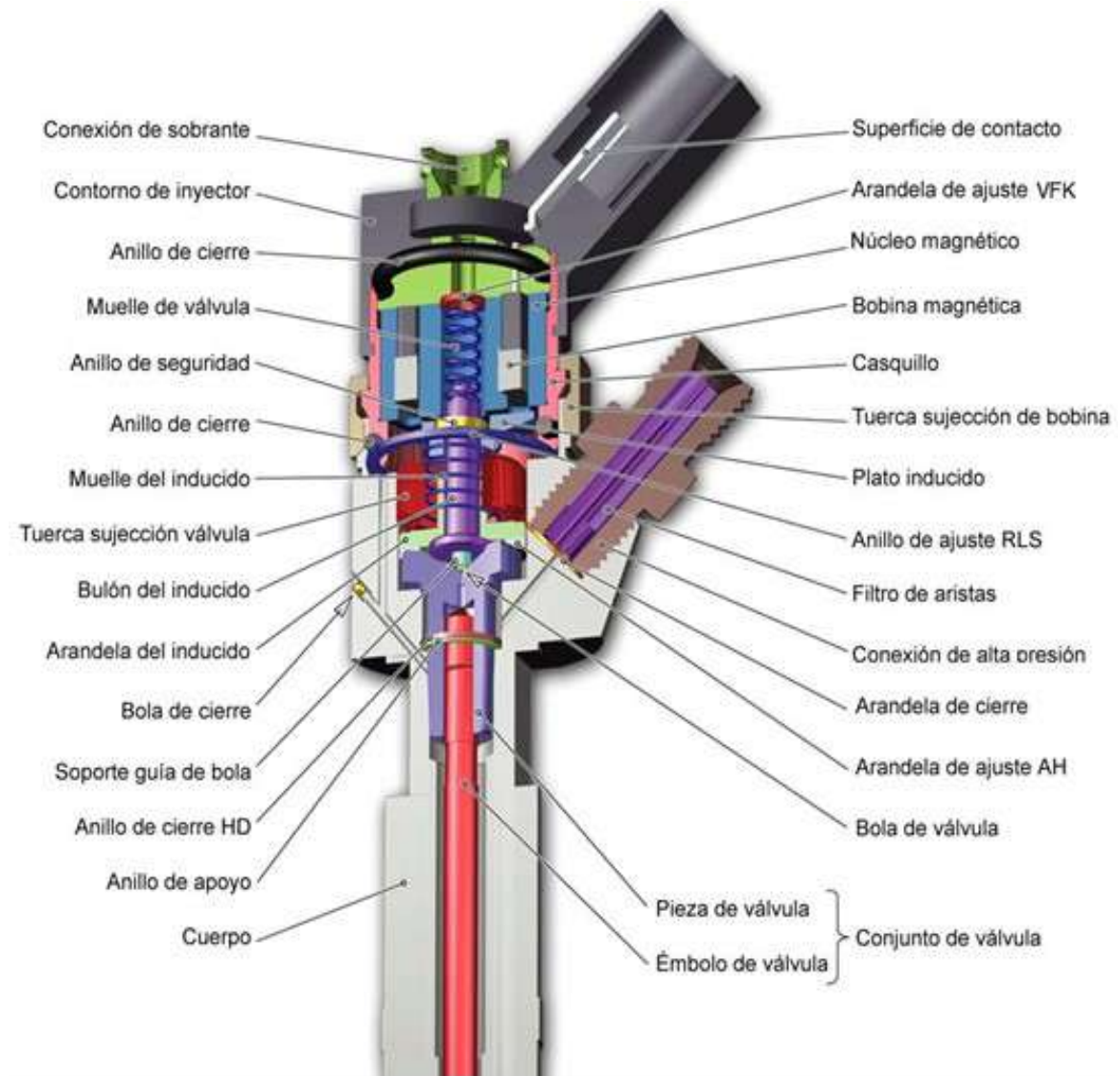
Estos inyectores se instalan directamente en la culata del motor, con la ayuda de una brida, como se mencionó anteriormente, están equipados con un sistema servo-hidráulico y una válvula solenoide. La cantidad de combustible inyectado depende de: la duración del control de la ECU, la velocidad de apertura del inyector, el número y diámetro de los orificios y la presión de aceite en la rampa de inyección. La empresa Bosch ha desarrollado dos tipos de inyectores para el sistema Common rail: Los inyectores electromagnéticos y piezoeléctricos Bosch se van desarrollando según su generación para mejorar su funcionamiento, así como reducir las emisiones de humos contaminantes, hasta trabajar a altas presiones de 2000 bar para a reducir el consumo de combustible. [3]

Inyector electromagnético Bosch

La presión en este tipo de inyectores oscila entre 2000 bar, funcionan con electroimanes, ya que estas electroválvulas están controladas por un computador

módulo de control, se usan corrientes muy importantes para poder activarlos (3 amperios) para que se produzca la inyección.

Figura 2 : Inyector Bosch CRI 1



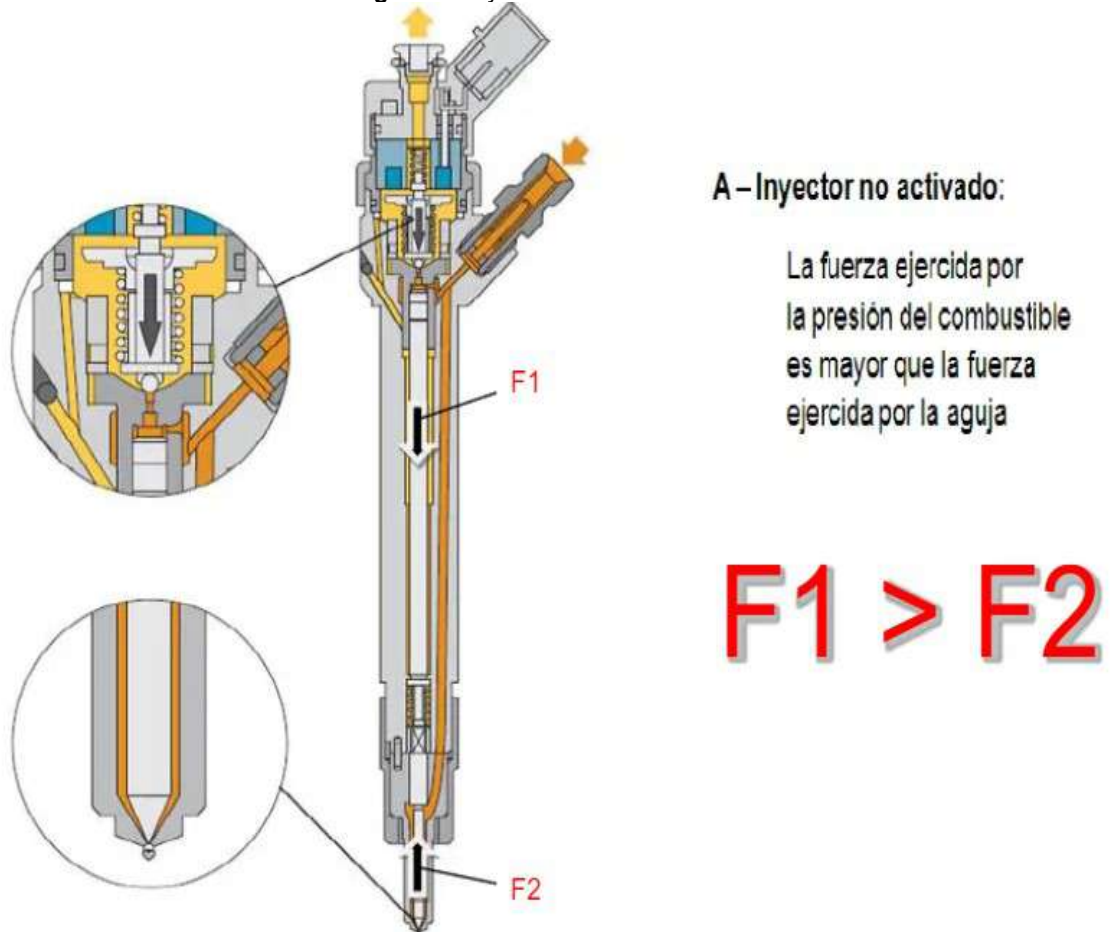
Fuente: Reparación y prueba para CRI / CRIN

Funcionamiento del inyector Bosch CRI electromagnético.

Inyector cerrado posición de reposo: El combustible es conducido da conexión de alta presión a través de un canal para la tobera, así como a la cámara de expansión a través del agujero calibrado de entrada. La cámara de expansión está

relacionada con el retorno de combustible a través del agujero calibrado de salida. El agujero calibrado de salida está cerrado por la microesfera.

Figura 3 : Inyector Bosch CRI 1 cerrado.

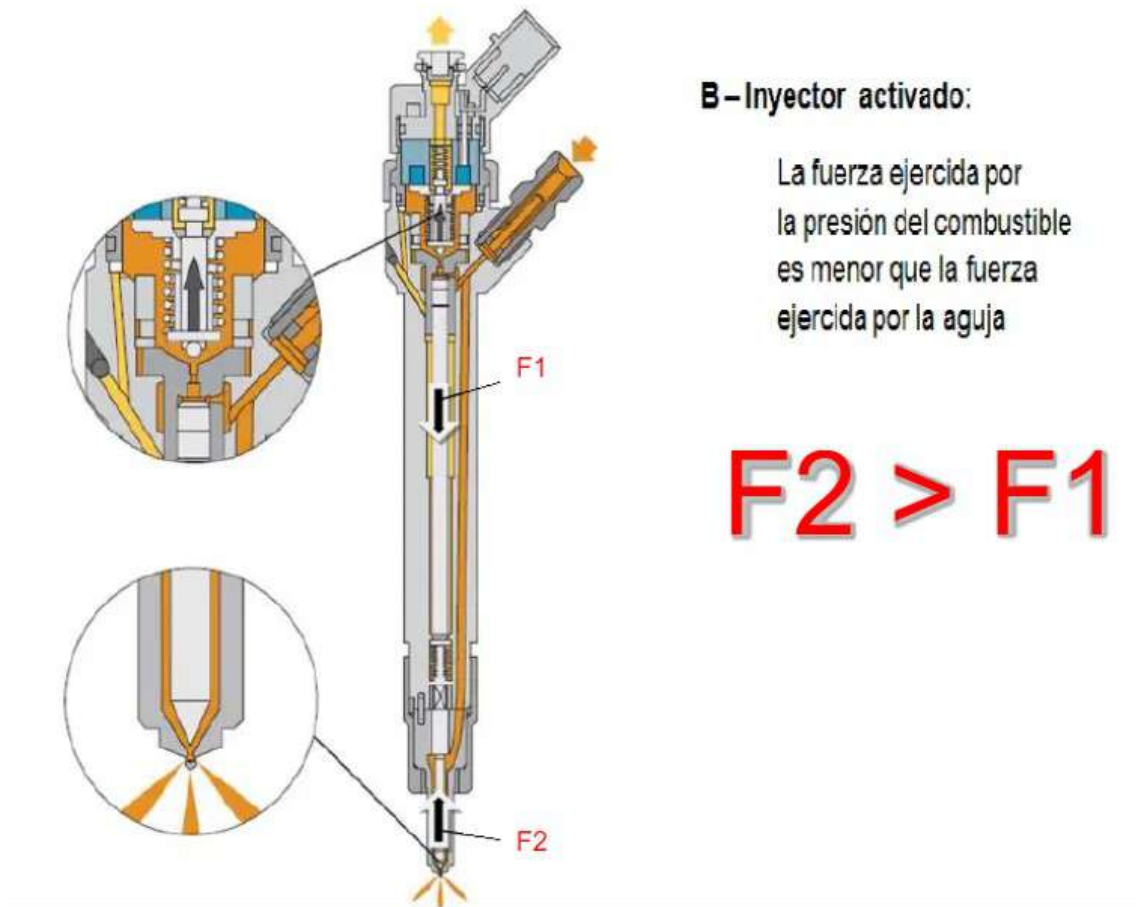


Fuente: Curso de Reparación de Inyectores Bosch

Cuando se cierra el agujero calibrado de salida, la fuerza hidráulica se aplica en la varilla, presionando la aguja de la tobera, debido que el área entre la varilla y cámara de expansión es mayor que el área inferior de la tobera. En consecuencia, se presiona la aguja contra su asiento y sella el canal de presión, el combustible no puede fluir para la cámara de combustión. [16]

Inyector activado inicio de la inyección: Con la activación de la bobina, la microesfera se mueve de su asiento, el orificio de salida calibrado se abre. Como resultado, la presión en la cámara de expansión comienza a caer, lo que también disminuye la fuerza hidráulica sobre la varilla.

Figura 4 : Inyector Bosch CRI 1 activado



Fuente: Curso de Reparación de Inyectores Bosch

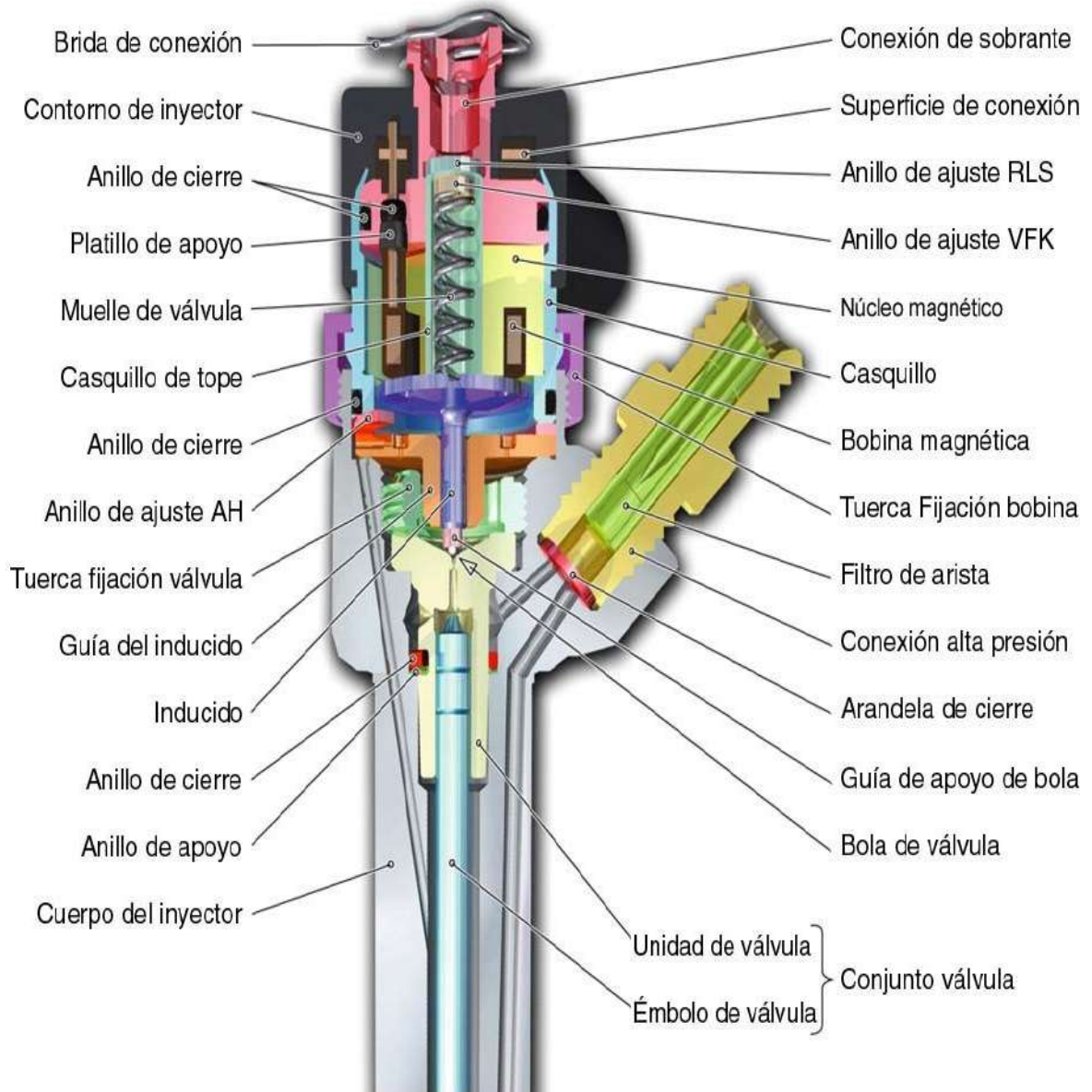
De manera que la fuerza hidráulica es menor que la presente en el inyector, la aguja se abre de modo que el combustible puede pasar a través de los furos de la tobera e inyectando en la cámara de combustión. De esta forma, se emplea esta activación indirecta de la aguja del inyector por medio de un sistema de amplificación mecánica debido a que las fuerzas necesarias para la apertura rápida de la aguja de la tobera no pueden ser producidas directamente por la bobina. [16]

Inyector cierre fin de la inyección: Cuando no se activa la bobina el casquillo es presionado hacia abajo por la fuerza del resorte de la válvula y se presiona la micro esfera de nuevo en su asentamiento para cerrar el paso de combustible a través de lo orificio calibrado de salida. La presión en la cámara de expansión es de nuevo la misma cantidad de la aguja de la tobera.

Esta presión, en la cámara de expansión y la fuerza de resorte excede la presión en la aguja de la tobera debido a la relación de área de presión. La velocidad de cierre de la aguja de la tobera está determinada por el flujo de combustible a través del orificio calibrado entrada. La inyección termina cuando la aguja vuelve a su la posición de reposo. [16]

Inyectores Common Rail con diferentes modelos (Denso, Delphi) tiene una construcción diferente, pero comparten el mismo principio de funcionamiento.

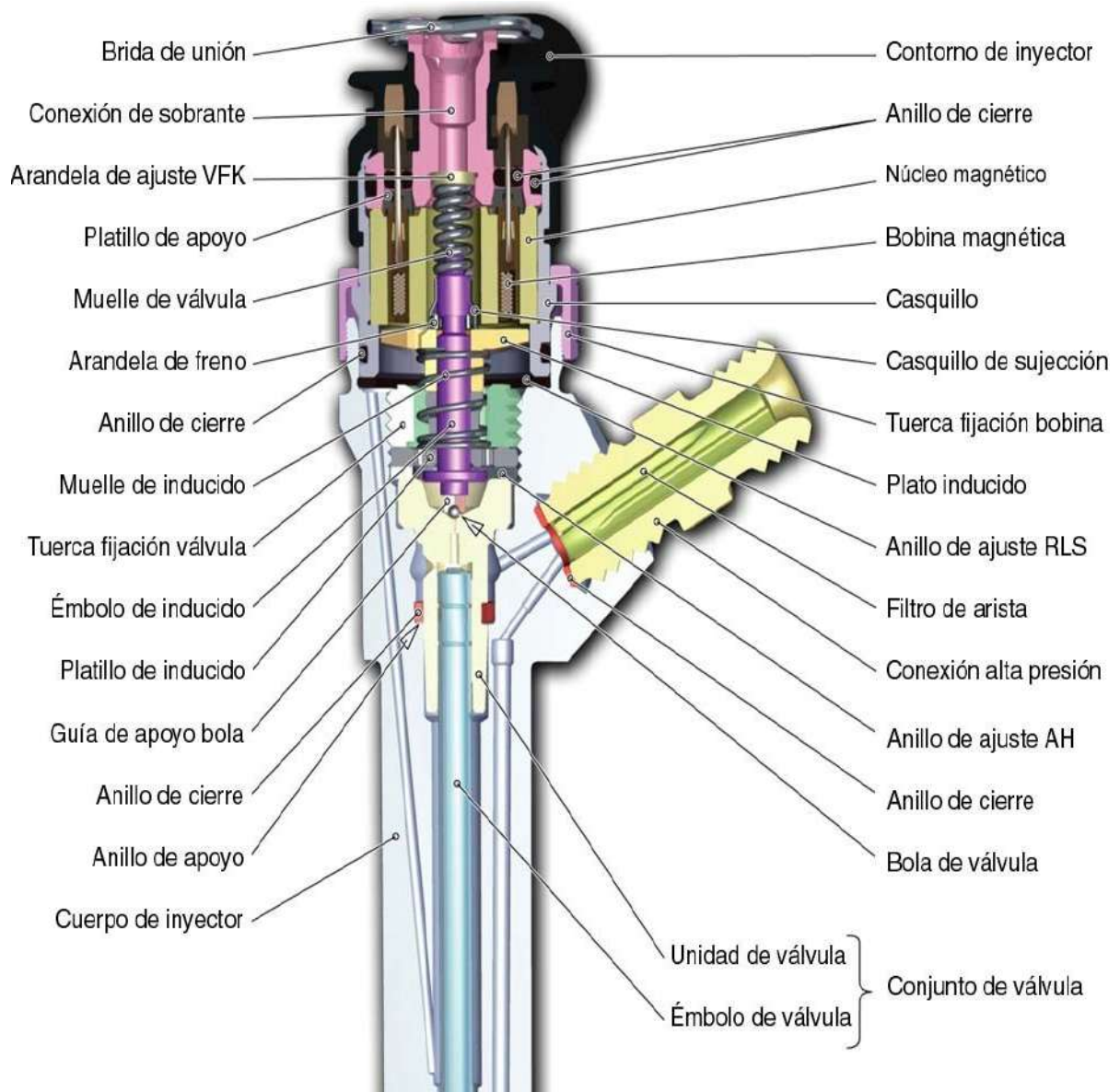
Figura 5: Inyector Bosch CRI 2. 1



Fuente: Reparación y prueba para CRI / CRIN

- 1) El principio de funcionamiento es el mismo del inyector CRI 1.
- 2) El diseño de la válvula piloto es diferente porque el elemento antirrebote se ha eliminado para reducir los costos y la cantidad de componentes.
- 3) La aguja aun no es de alta velocidad en todo el rango operativa del inyector.

Figura 6: Inyector Bosch CRI 2.0 y 2.2



Fuente: Reparación y prueba para CRI / CRIN

Tabla 1: Forma constructiva del inducido Bosch CRDI 1, 2, 2.1, 2.2

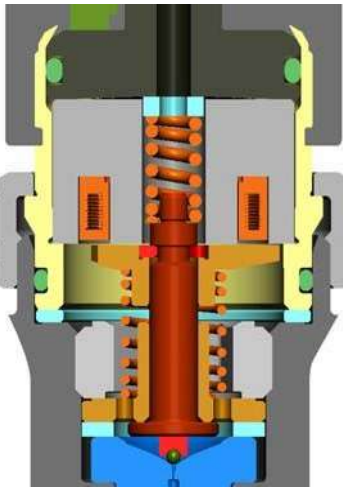


Ilustración 1: CRDI 1

- ☐ El plato de inducido solo se puede sacar después de retirar la arandela de freno.
- ☐ Desmontaje de la tuerca de sujeción de la válvula solo con una herramienta especial.

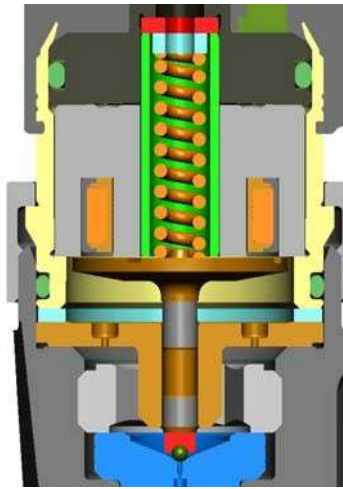


Ilustración 2: CRDI 2.1

- ☐ La pieza que ejerce de inducido se puede retirar directamente.
- ☐ La tuerca de sujeción de la válvula es entonces accesible.

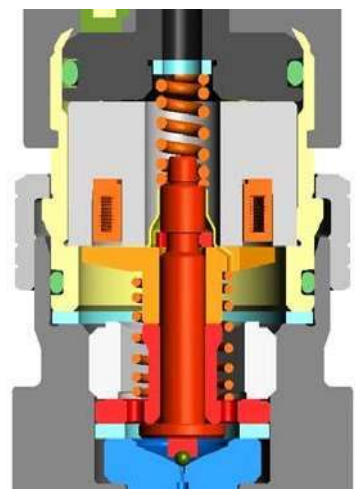


Ilustración 3: CRDI 2.0 y 2.2

- ☐ El plato de inducido solo se puede sacar después de retirar la arandela de freno.
- ☐ La arandela de freno está protegida con un casquillo adicional.
- ☐ Desmontaje de la tuerca solo con una herramienta especial.

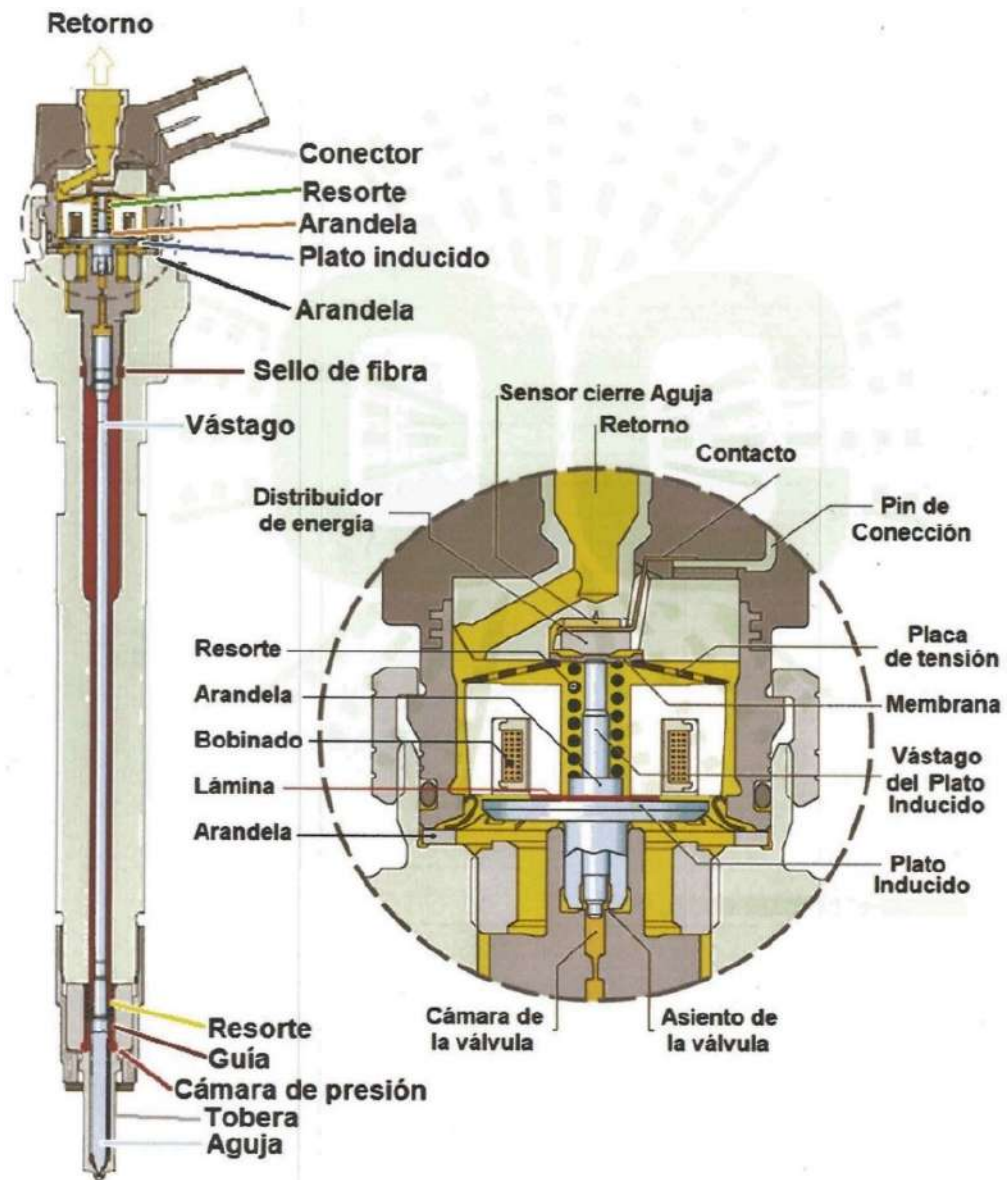
Fuente: Inyectores CRI Y CRIN

Según la generación del inyector o el tipo de inyector, existen diferentes válvulas de bola:

- Diámetro 1,34mm de acero para CRI1
- Diámetro 1,34mm de cerámica para CRI2.1
- Diámetro 1,50mm de cerámica para CRI2.2

Las dos bolas con un diámetro de 1,34 mm no se pueden mezclar indistintamente, aquí el material tiene una influencia decisiva en la función. La válvula de bola solo se puede utilizar junto con la guía de soporte asociada.

Figura 7: Inyector Bosch CRI 2.5



Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

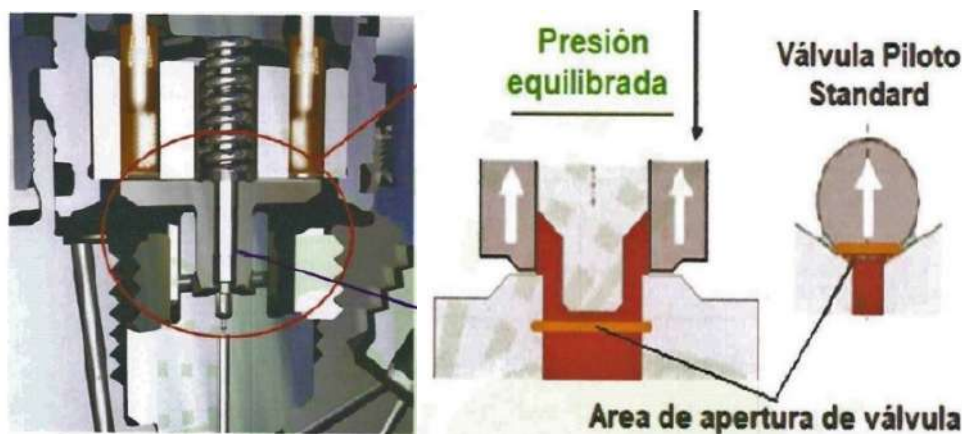
- **En el diseño estándar**

La presión de combustible produce una fuerza que tiende a abrir la válvula el diámetro del asiento de la válvula tiene que ser pequeño para minimizar la superficie sobre la que actúa el combustible. La elevación de la válvula debe ser mayor para obtener un área de flujo suficiente y la carga del resorte de la válvula debe ser alta para enfrentar la acción de presión del combustible.

- **En la válvula de presión equilibrada**

La presión del combustible produce una fuerza que se compensa radialmente. En teoría no hay fuerzas que tiendan a abrir la válvula. Se puede establecer una precarga de resorte más baja, por lo tanto, la fuerza magnética necesaria para levantar la válvula es menor en comparación con el diseño estándar. Este inyector, también se conoce como CRI 2-18.

Figura 8: Válvula de presión equilibrada inyector Bosch



Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

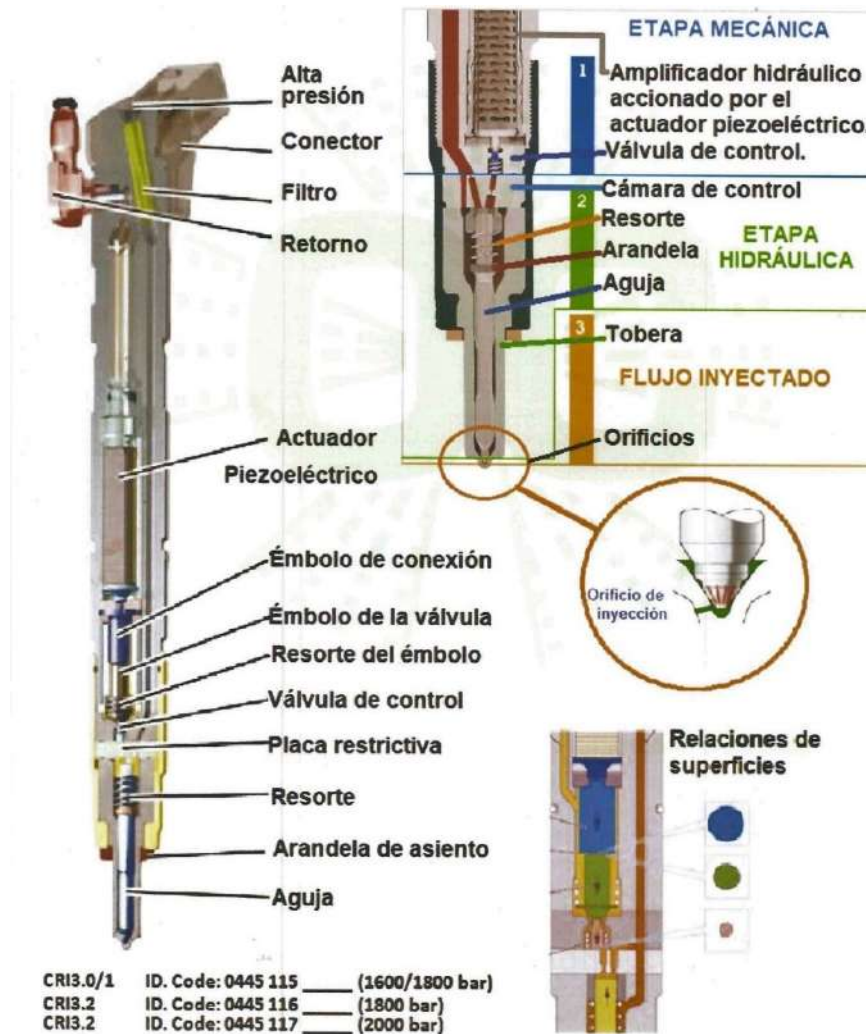
La aguja es de alta velocidad en todo el rango operativo del inyector, esto mejora la linealidad de las características del volumen inyectado. La elevación máxima de la válvula piloto se reduce y esto mejora la capacidad de inyección del inyector, sobre todo en el caso de inyecciones múltiples. Las fugas estáticas del inyector se reducen debido al nuevo diseño de la válvula. [16]

Inyector piezoeléctrico bosch

Este tipo de inyectores tienen una velocidad de conmutación cinco veces superior a la de un electromagnético, por lo tanto, dosifica con más precisión y por ende se reduce la cantidad de emisiones contaminantes.

Su característica principal es que funcionan con un elemento piezoeléctrico formado con dos placas metálicas y en medio posee un dieléctrico de cuarzo, se asemeja a la constitución de un capacitor de placas planas. En el momento que se le aplica el impulso eléctrico al elemento piezoeléctrico este se dilata 0,03mm, de manera contraria, si se le aplica una deformación mecánica, tiende a generar una tensión eléctrica. [16]

Figura 9: Inyector Bosch CRI 3



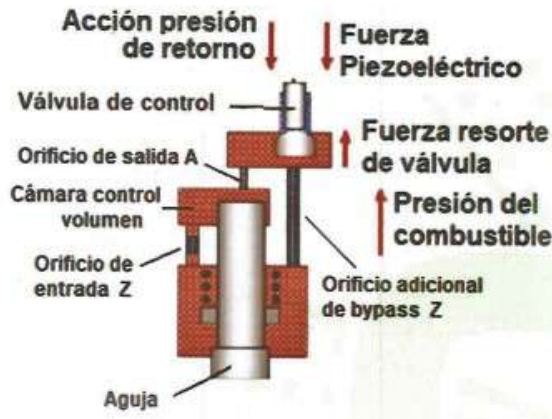
Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

Funcionamiento del inyector piezoeléctrico Bosch

Estos inyectores al igual que los CRI 3.1/3.2, son del tipo piezoeléctricos, siendo hasta ahora los únicos desarrollados por Bosch. Su funcionamiento está dado por una serie de placas de cristal alineadas, que al momento de ser energizadas experimentan una deformación que es amplificada y respaldada por la presión en la línea de retorno y, de esta forma llega a la válvula de control y la presiona hasta abrirla y así descomprime la cámara de control, momento en el cual es mayor fuerza que tiende a abrir la aguja que la que la tiende a cerrar, y así, comienza la inyección. Cuando la válvula piloto está cerrada, la presión del combustible tiende a forzar la válvula contra su extremo de carrera y esto reduce las fugas estáticas de presión de combustible dentro del inyector. Cuando el inyector recibe pulso de activación,

la fuerza del actuador piezoeléctrico debe superar la precarga del resorte de la válvula y también la acción de la presión del combustible. [16]

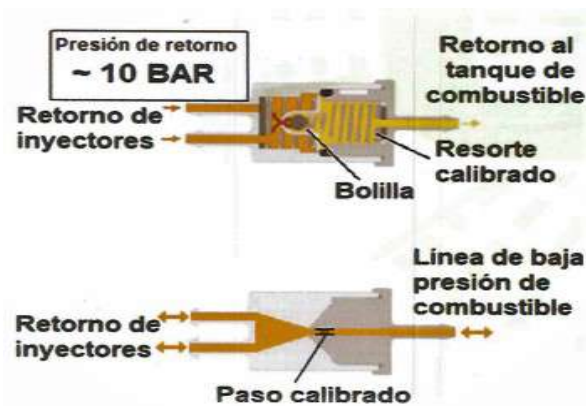
Figura 10: Función del inyector Bosch 3.0



Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

Se mantiene una contrapresión de aproximadamente 10 bar en la línea de retorno de combustible, por medio de una válvula de retención para reducir la fuerza de accionamiento necesaria. En los sistemas actuales se reemplazó la válvula en el retorno por un paso calibrado de doble vía, conectado a la línea de baja presión, y ya no al retorno, en el cual mientras no tenemos presión de retorno de los inyectores, la bomba de baja suministra la presión de respaldo, hasta tanto y en cuanto los inyectores generen el caudal suficiente para que el paso calibrado cumpla su función de generar la acción de presión de retorno. [16]

Figura 11: Función del inyector Bosch 3.0



Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

Figura 12: Corriente en el inyector Bosch piezoeléctrico.

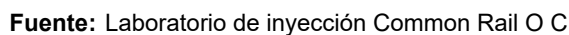
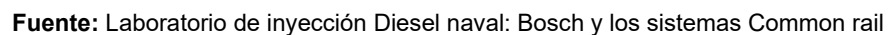


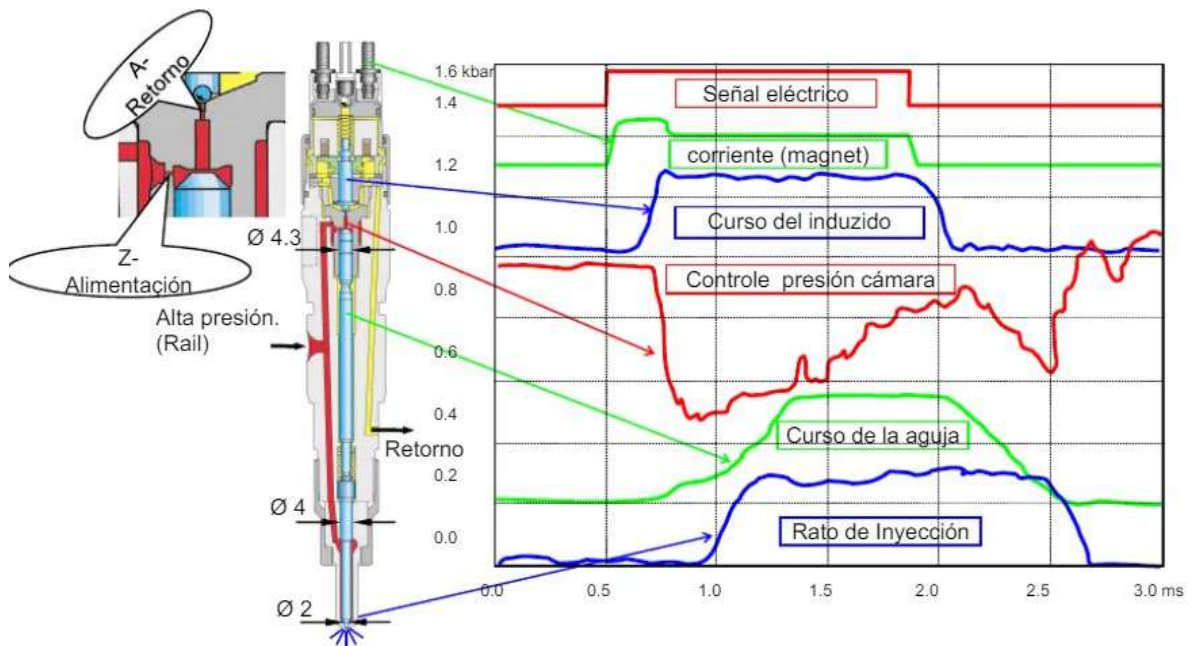
Figura 13: Evolución de los inyectores bosch



Inyectores Bosch CRIN

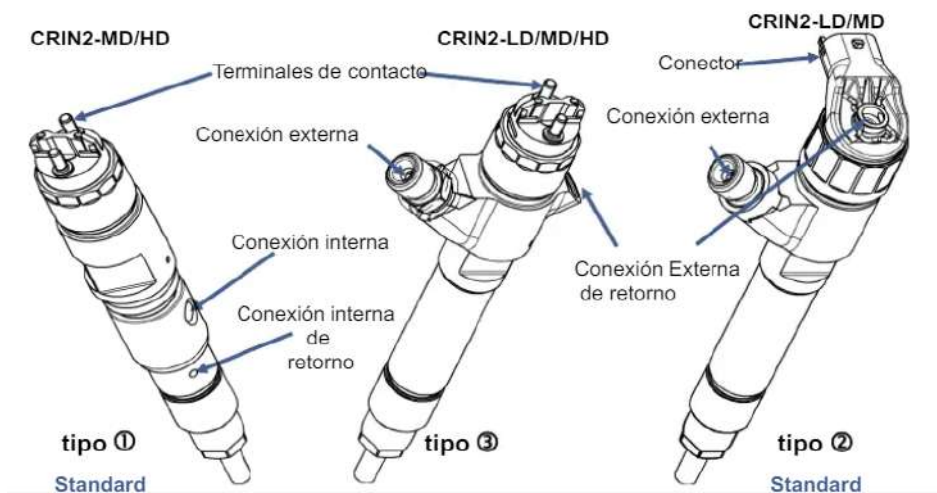
Estos inyectores son usados para maquinaria pesada son para aplicaciones más industriales, su principio de funcionamiento es el mismo al CRI, pero su calibración es diferente.

Figura 14: Principio de funcionamiento electrónico, mecánico e hidráulico CRI Y CRIN



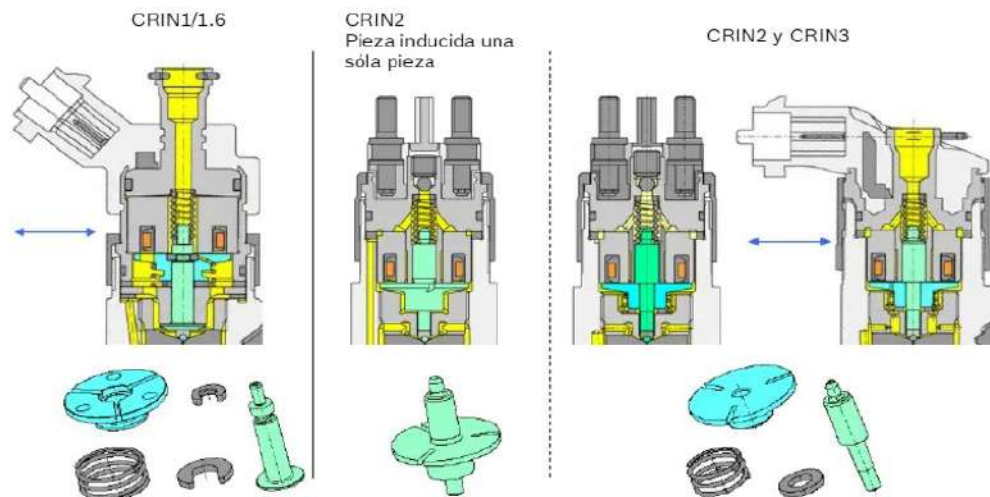
Fuente: Inyectores CRI Y CRIN

Figura 15: Tipos de inyectores CRIN



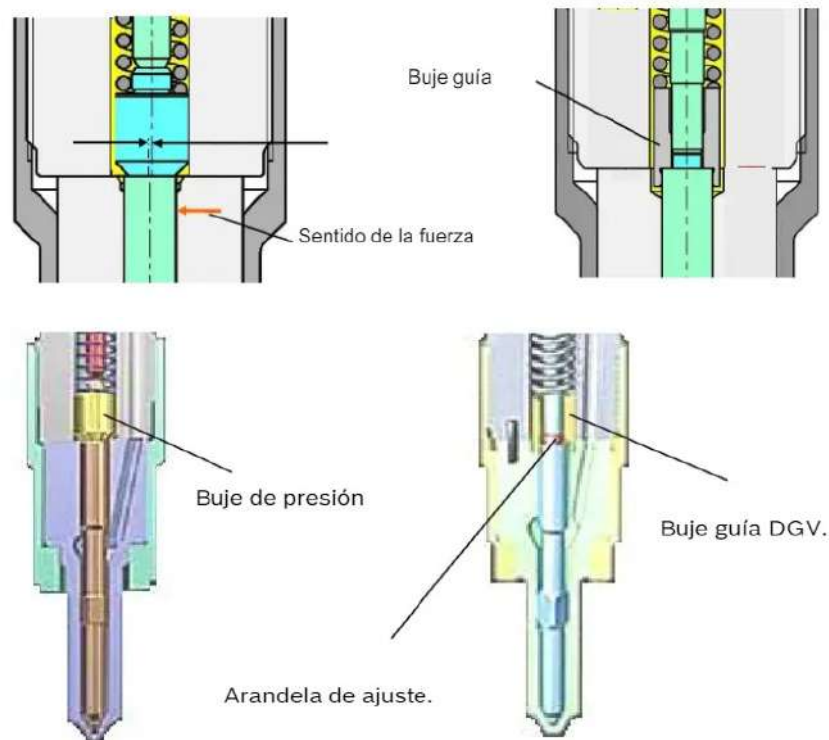
Fuente: Inyectores CRI Y CRIN

Figura 16: Características constructivas inyectoros CRIN



Fuente: Inyectores CRI Y CRIN

Figura 17: Cambios constructivos entre CRI y CRIN



Fuente: Inyectores CRI Y CRIN

Independientemente de la generación o tipo del inyector para CRIN solo existe una bola de válvula:

- Diámetro 1,34mm de acero

La bola de válvula solo puede ser utilizada en unión de su correspondiente guía de apoyo.

Bosch CRI

CRII CRIN 1

CRIN 1.6- Inyector solenoide con elemento antirrebote de válvula piloto.

Bosch CRI 2.0 -Inyector solenoide con válvula piloto mayor que la estándar con **CRI 2.2-** dispositivo antirrebote.

Bosch CRI 2.1- Inyector solenoide con válvula piloto estándar sin dispositivo.

Bosch CRI 2.5- Inyector solenoide con válvula piloto de presión equilibrada.

Bosch CRIN 3.3- Inyector solenoide convencional (servicio pesado).

Bosch CRIN 4.2- Inyector de solenoide amplificado por presión (servicio pesado).

Bosch CRI 3- Piezoinyector con bypass. [16]

5.1.1 Inyectores Denso.

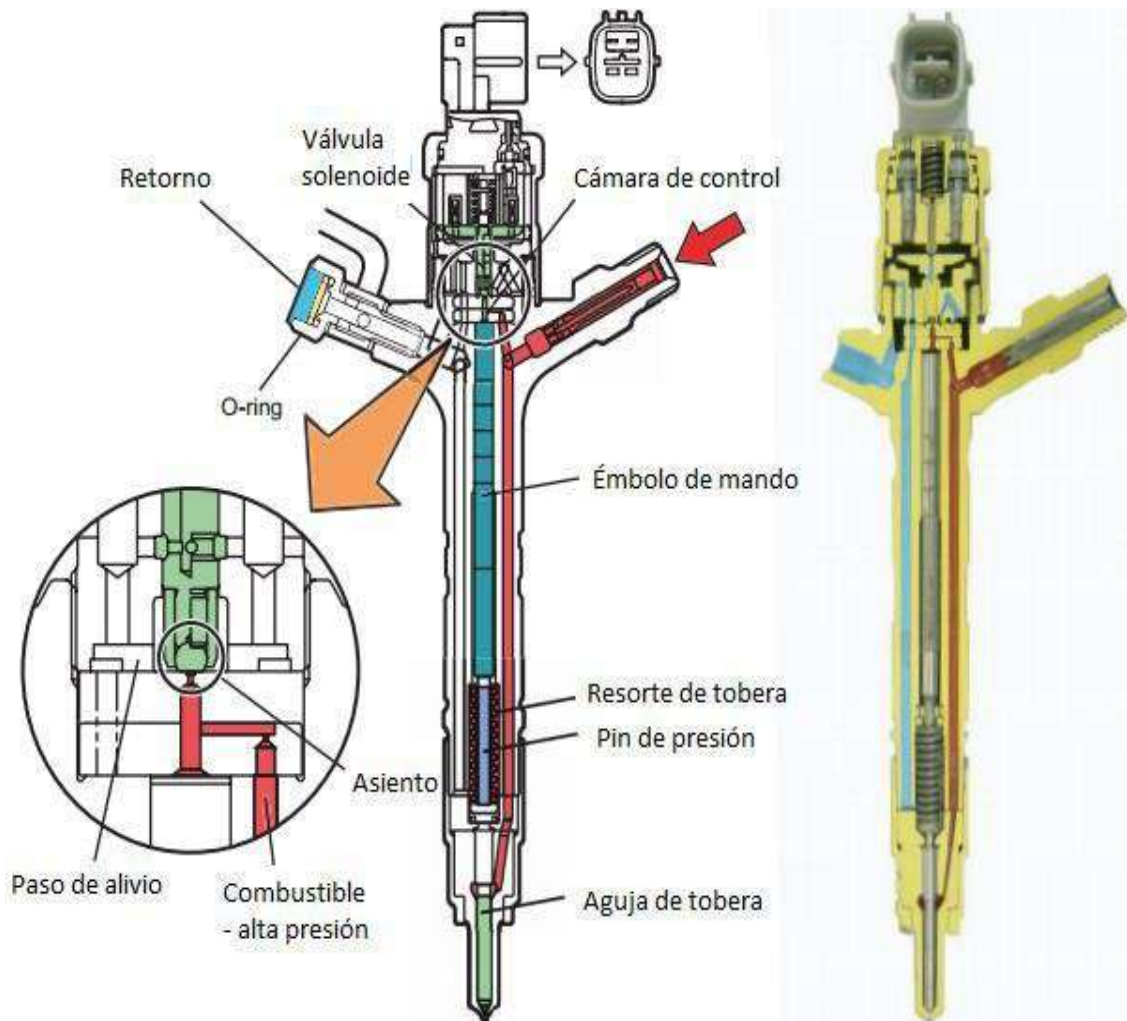
El inyector de esta marca es controlado por la TWV (válvula de dos vías) y un orificio, esta válvula controla la presión en la cámara de control para regular la inyección de principio a fin. De esta manera, el pistón de control abre y cierra la válvula cuando la presión del combustible es impulsada desde la cámara de control hasta la aguja de la tobera. La pulverización se produce cuando se abre la válvula de aguja de la tobera. La marca Denso cuenta con 5 modelos CRDI: X1, X2, G2S, G3S y G4S El inyector consta de una tobera que tiene las mismas características que la tobera y porta toberas convencionales, además de la presencia de un orificio que regula la relación de inyección, un pistón de mando y una válvula TWV, esta estructura es la misma para los modelos anteriores excepto el G4S. Este modelo está más actualizado y su construcción es diferente, pero el principio de funcionamiento es el mismo. [3]

El control de precisión de la pulverización se logra mediante un control electrónico proveniente del computador (UCE) a través de la TWV, la misma que consta de dos válvulas, una interior (fija) y otra exterior (móvil), compatibilidad con los demás componentes denso del sistema de alimentación. Los códigos qr han sido implementados por el denso y han dado como resultado un aumento considerable de los puntos de corrección de la cantidad de inyección del combustible, esto provoca que se mejore en regularidad la cantidad de inyección. Denso ha desarrollado estos códigos de dos dimensiones, además de los beneficios

mencionados con relación a la mejora de precisión de inyección (datos de corrección), posee información sobre el número de identificación, el número del producto, que se pueden leer a velocidades sumamente altas; estos inyectores poseen una compatibilidad con la ECU del motor, reconocida para su corrección y funcionamiento, como los puntos de corrección que se puede observar en la parte superior del inyector; es así que cuando se reemplaza un inyector hay que registrar ese código para que no existan inconsistencias de funcionalidad. [3]

El inyector Denso G2, como se muestra en la figura 12, se enfoca en altas presiones de operación, al mejorar su capacidad de resistencia a la presión con características de desgaste mayores. Al responder, ante condiciones de trabajo exigentes de inyecciones múltiples la respuesta ante velocidades altas se ha ido mejorado.

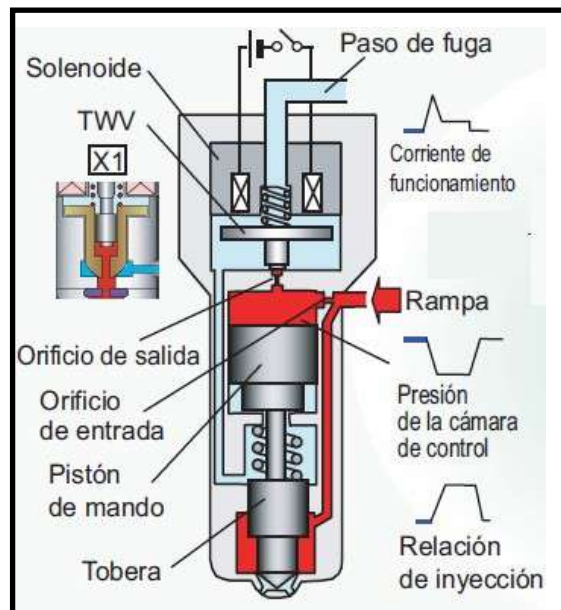
Figura 18: Inyector CRI Denso X2



Fuente: Electrónico de los inyectores marca Denso

Funcionamiento del inyector Denso : El momento que no se genera la acción de combustible, quiere decir que la TWV no está excitada, esto hace que se cierre el paso de la fuga de diésel desde la cámara de control, lo que provoca que la presión proveniente en la cámara de control y la presión que se aplica en la aguja de la tobera sean las mismas con la presión de la rampa o riel, esto genera que se cierre la aguja de la tobera, ya que se igualan fuerzas entre la superficie del pistón de mando y la fuerza del muelle de la tobera. Todas estas características provocan que el combustible no se pulverice en la cámara de combustión del motor diésel, como se muestra en la figura.[3]

Figura 19: Inyector CRDI Denso sin inyección

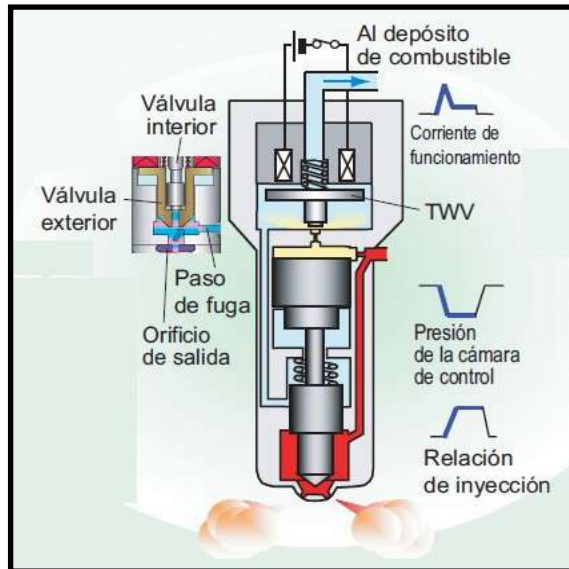


Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica.

En el momento en que la electroválvula comienza a abrirse, es decir, la válvula TWV comienza a energizarse debido a la señal (voltaje del actuador) enviada por la UCE; este actuador permite el paso de fugas en la cámara de control, provocando la disminución de la presión; a medida que la presión de la aguja en la boquilla supera la fuerza hacia abajo, la aguja sube y comienza la inyección.

En el momento en que aparecen las fugas de combustible en la cámara de control, el volumen está controlado por el orificio creado por la apertura gradual de la boquilla, hay un momento en que la aguja de la boquilla sube hasta su punto de inyección máx. El exceso de combustible fluye de regreso al tanque de combustible a través de la línea de retorno como se muestra en la figura. [3]

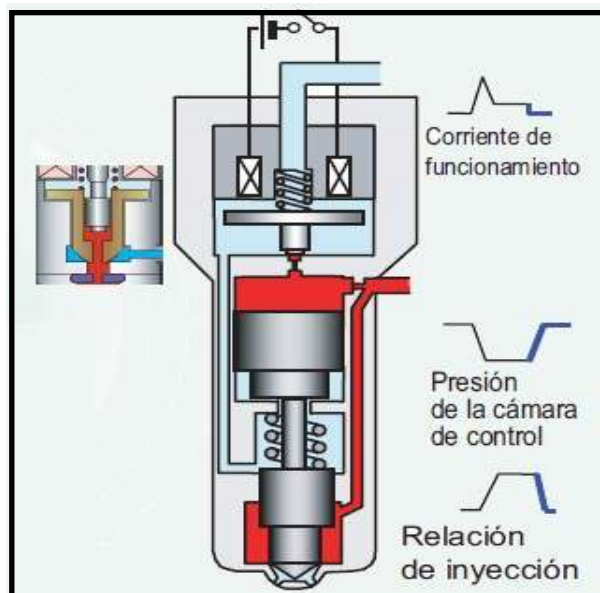
Figura 20 : inyector CRDI Denso plena inyección



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica.

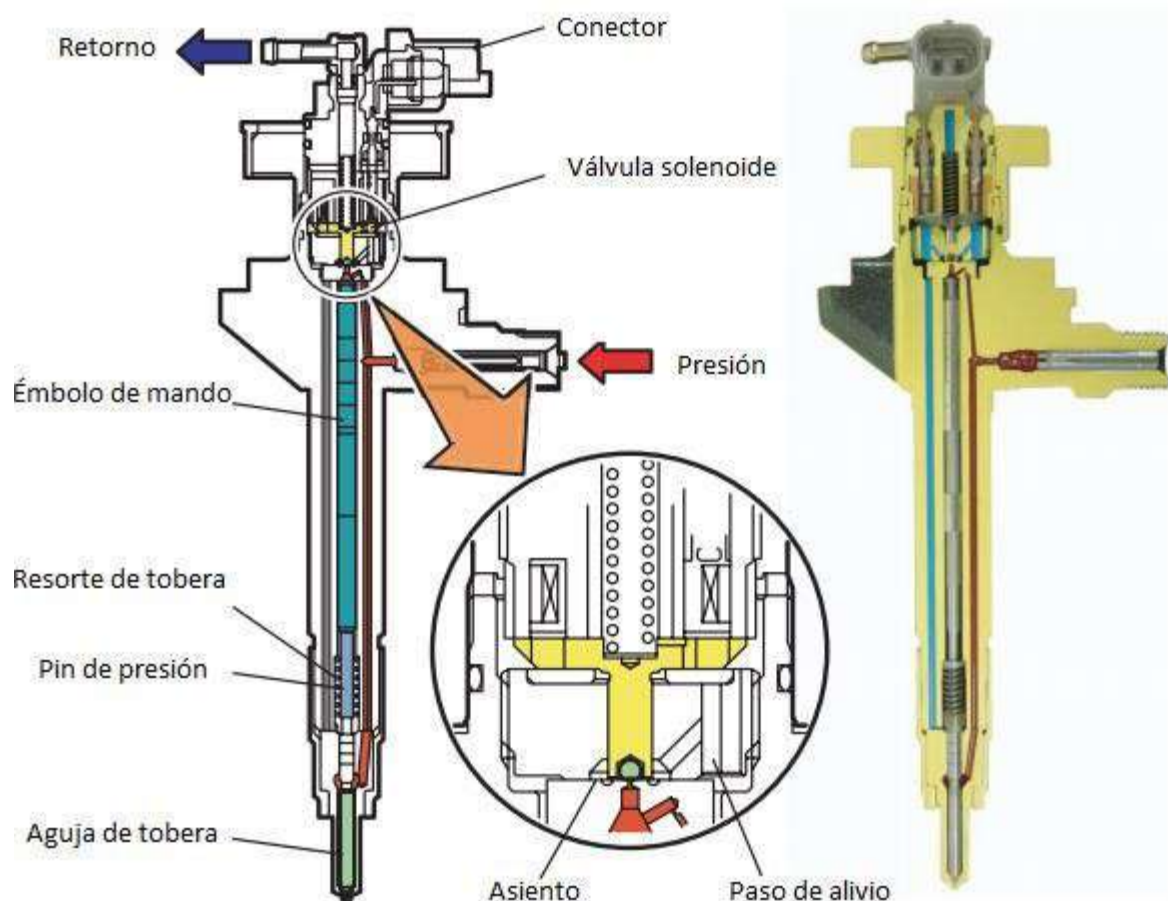
Una vez que se produce el punto más alto de la inyección, el inyector empieza a dejar de pulverizar el combustible, debido a que la UCE deja de aplicar tensión a la TWV, hace que la válvula descienda ya que el resorte vence la fuerza, aumentando la presión en la cámara de control hasta igualar la presión de la rampa la tobera se cierra y la inyección se para; este proceso se puede observar en la figura. [3]

Figura 21: Inyector CRDI Denso fin de inyección



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica.

Figura 22: inyector CRDI Denso (G2S, G3S)



Fuente: Manual de servicios funcionamiento Common rail.

Inyector Denso G2S Y G3S Durante la inyección

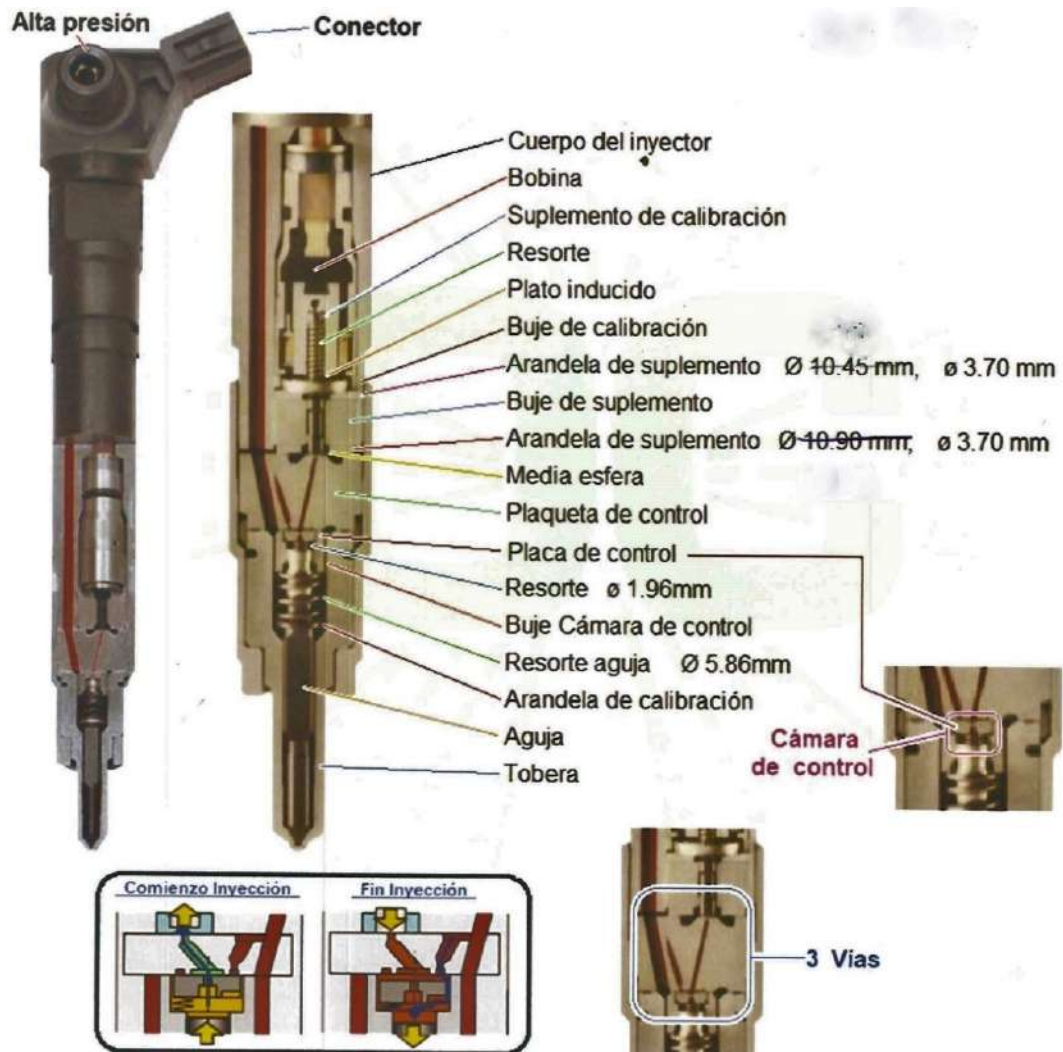
La presión de combustible en la cámara de control acoplada a la acción del resorte interno de la aguja empuja a la placa de control contra su asiento superior. Por lo tanto, puede fluir combustible desde la línea de alta presión hacia el tanque durante la inyección y en consecuencia las fugas dinámicas se reducen significativamente.

Inyector Denso G2S Y G3S al final de la inyección

La válvula de control (media esfera) cierra la línea de retorno de combustible al tanque, la placa de control es empujada hacia abajo por la acción del combustible de alta presión que llena nuevamente la cámara de control empujando hacia abajo la aguja y de esta forma dejando de inyectar. [16]

Nuevo concepto de inyector inductivo G4S con válvula de control de 3 vías para minimizar las fugas estáticas y dinámicas, mismo principio de funcionamiento.

Figura 23: inyector CRDI Denso G4S



Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

Denso G1(X2) → Inyector solenoide.

Denso G2S → Inyector solenoide con solenoide de alta respuesta.

Denso G2P → Inyector piezoeléctrico con válvula piloto de presión equilibrada.

Denso G3S → Inyector solenoide con solenoide de alta respuesta

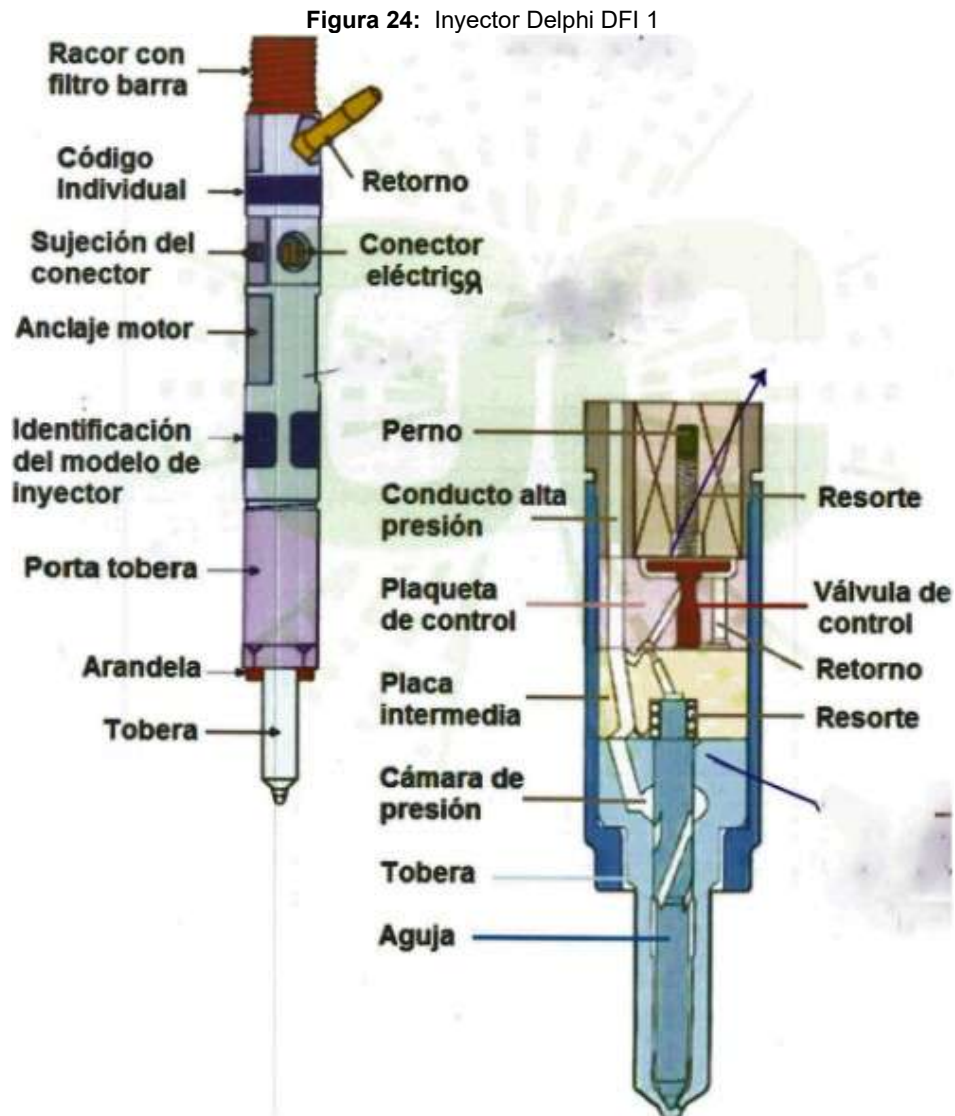
Denso G3P → Inyector piezoeléctrico con fugas dinámicas reducidas.

Denso G4S → Inyector solenoide con fugas dinámicas reducidas

5.1.2 Inyectores Delphi

Este actuador tiene la capacidad de inyectar el combustible según la cantidad que necesite en el momento exacto y correcto, se caracteriza por tener una variación lo más pequeña posible en relación al volumen de la inyección y de la demora en el comienzo de la inyección. Se identifican por estar sujetos por medio de abrazaderas,

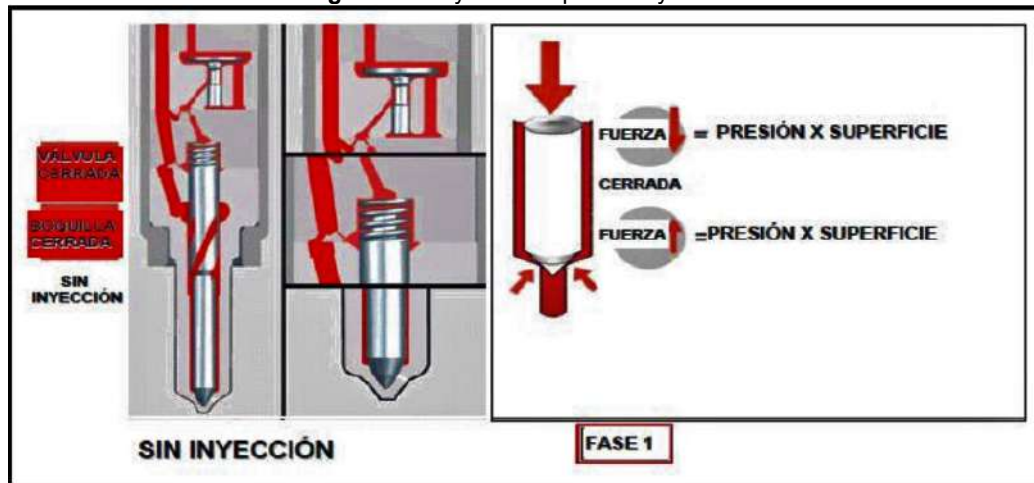
la apertura de los inyectores se da por medio de un solenoide de la válvula de control que se encuentra electrónicamente controlada por la ECM, se caracteriza por realizar varias inyecciones: piloto, principal y posterior. El impulso de transmisión se da en dos partes: por corriente de tracción y corriente de sujeción. [3]



Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

Funcionamiento del inyector Delphi: En su primera fase, cuando el inyector no se encuentra pulverizando, eso significa que no se está enviando corriente a la válvula solenoide por parte de la ECM, la válvula de control por ende se encuentra cerrada, es así que la cámara de control tiene una presión igual a la presión que se encuentra en el riel, en todo momento la boquilla (tobera) se encuentra cerrada, como se ilustra en la figura. [3]

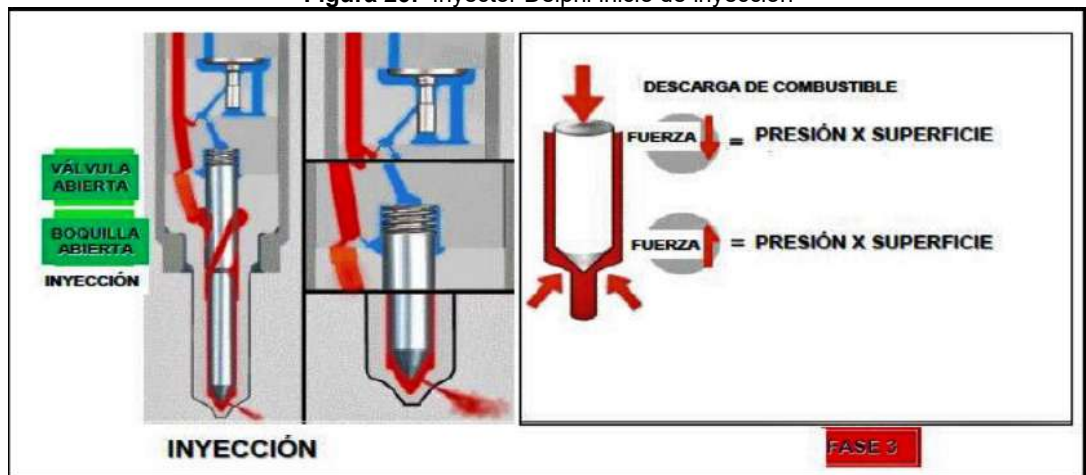
Figura 25: Inyector Delphi sin inyección.



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica.

En la siguiente fase, es decir, cuando el inyector empieza a actuar con la ayuda de la excitación de la válvula solenoide, es en ese momento cuando la válvula de control recibe energía de la ECM; en ese instante la válvula de control sube, con lo cual obliga a que la presión del diésel existente en la cámara de control que regula la aguja empiece a disminuir, pese a esto la boquilla o tobera sigue aún cerrada hasta el punto en que la presión ha bajado lo suficiente, en aquel caso, la presión que siempre se mantuvo constante fue la del combustible en el asiento de la aguja de la tobera. Esto obliga necesariamente a un desbalanceo de fuerzas y que la boquilla se mueva hacia arriba, permitiendo que se dé la inyección a la presión que se encontraba en el riel común del sistema, como se muestra en la figura. [3]

Figura 26: Inyector Delphi inicio de inyección

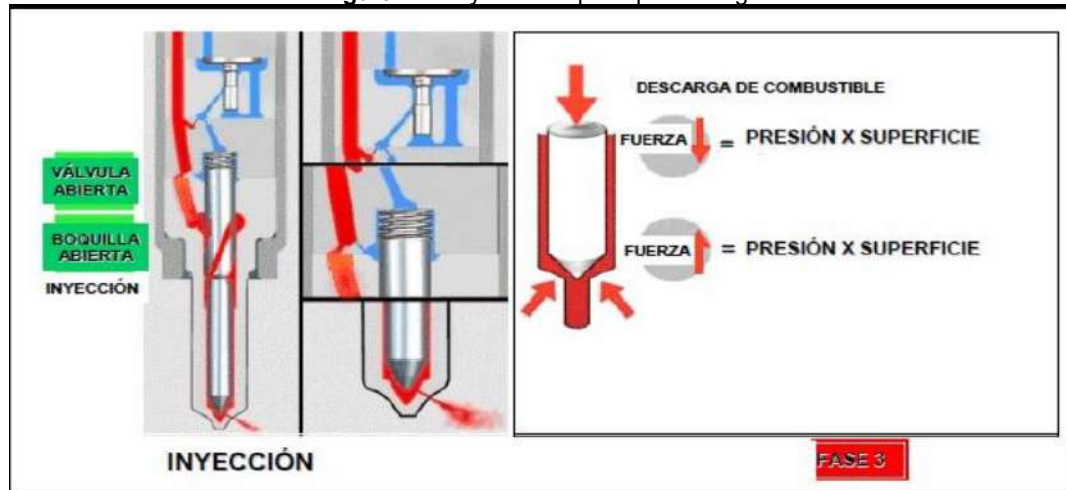


Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica.

En la siguiente fase de operación de los inyectores es la plena descarga de combustible hacia los cilindros, esto se da principalmente por que los orificios de la inyección en la boquilla del inyector se encuentran abiertos y se da la pulverización.

Este tiempo de descarga está directamente involucrado con el tiempo que permanece energizado el solenoide de la válvula de control. En este punto específico es donde se controla la cantidad de inyección para la presión determinada en el riel. En la figura se puede observar las condiciones que se necesita en los inyectores para realizar una carga plena. [3]

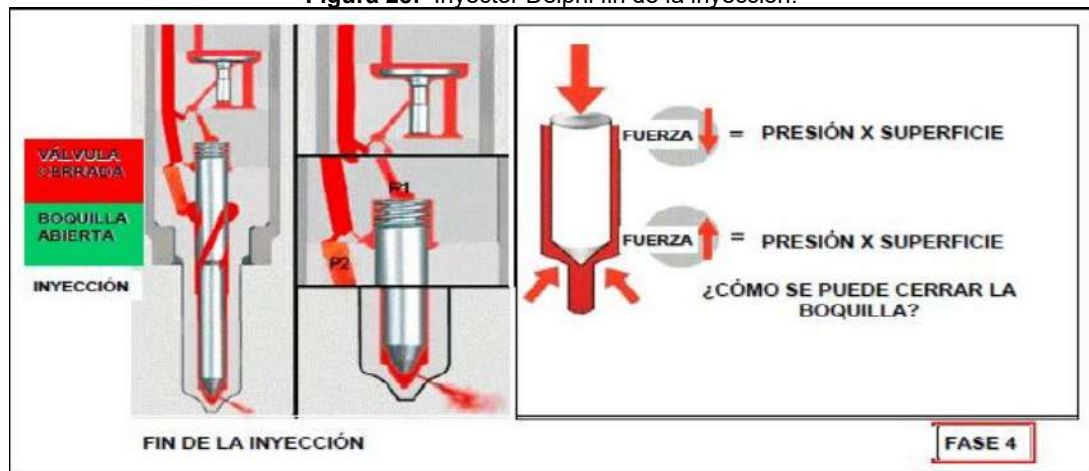
Figura 27: Inyector Delphi a plena carga



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica.

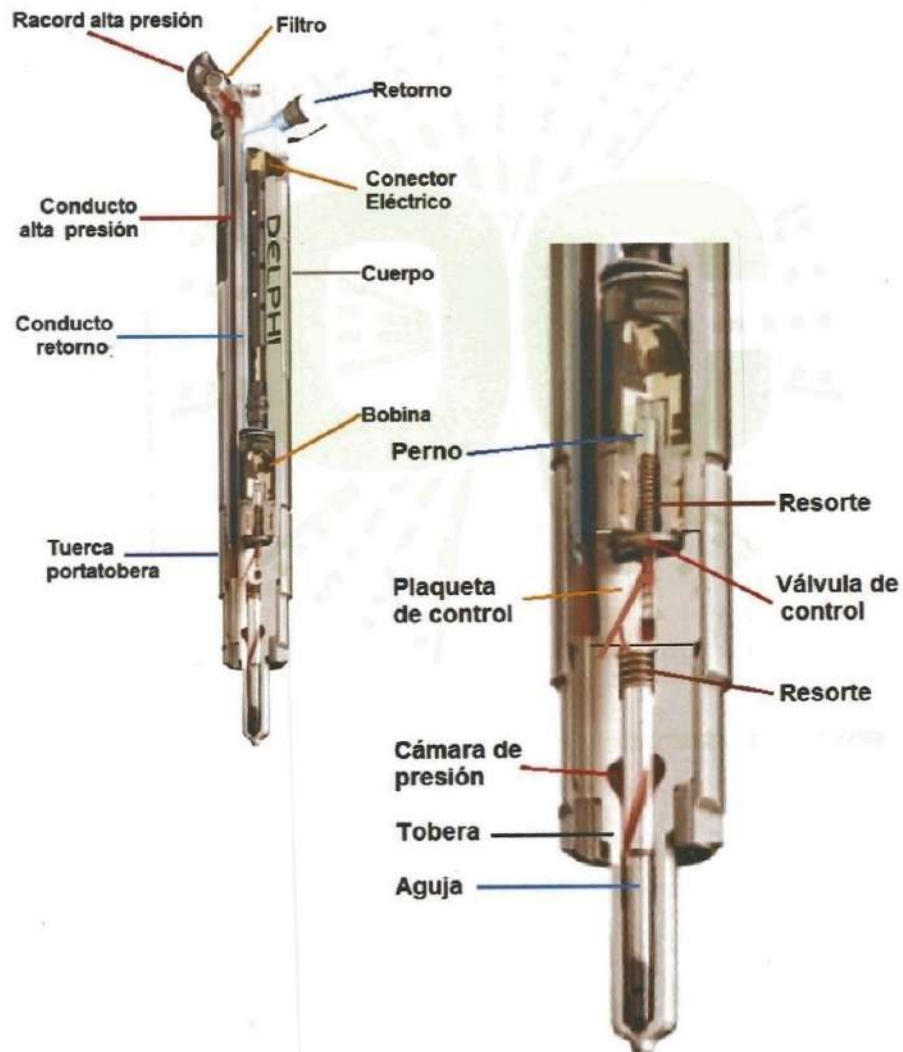
La fase 4 de la operación del inyector es cuando la boquilla comienza a cerrarse y la pulverización termina. En este paso, el ECM corta la corriente que fluye a través del solenoide de la válvula de control. Esta válvula regresa al asiento cuando la fuerza generada por el resorte del solenoide corta la energía. Esto se debe principalmente al aumento de presión en la cámara de control de la aguja, que es ligeramente superior a la presión existente en la lámina de boquillas, cerrando la aguja y deteniendo la inyección como se muestra en la figura. [3]

Figura 28: Inyector Delphi fin de la inyección.



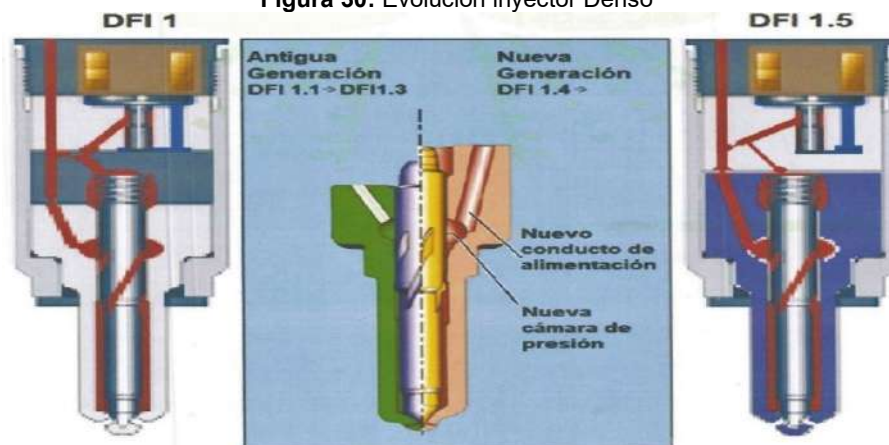
Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica,

Figura 29: Inyector Delphi piezoeléctrico DFI 1.5



Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

Figura 30: Evolución inyector Denso



Fuente: Laboratorio de inyección Common Rail O C

Delphi DFI 1 → Inyector solenoide con válvula piloto de presión equilibrada.

Delphi DFI 3 → Inyector piezoeléctrico de acción directa.

6. DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN INYECTORES CRDI.

6.1 Síntomas de mal funcionamiento en motores diésel por daños en inyectores.

Como se ha comentado en temas anteriores, los inyectores son los encargados de inyectar combustible a los cilindros del motor para su encendido, estos funcionan a alta presión (2200 bar/min) y alta temperatura (500°C a 600°C), por lo que el elemento puede sufrir desgaste del material, impregnación de carbón, concentración de barniz, bloqueo de la aguja, cuerpo extraño en la base de la boquilla, pérdida de carga, etc. Es por esto que el hecho de tener piezas desgastadas puede alterar dramáticamente el desempeño de un motor Diesel, provocando inestabilidad. Cuando estos problemas se dan en los inyectores, existen problemas en los autos desde el punto de vista mecánico funcional, por ejemplo, existen las siguientes causas, cuando falla un inyector:

- Marcha mínima irregular.
- El motor no desarrolla en el momento de su aceleración.
- Complicado en arranques en frío.
- Existe un consumo elevado de combustible.
- El motor empieza a fallar a altas velocidades.
- Excesiva emisión de humo de color negro en el escape.
- Aumento de la temperatura del motor.
- Mayor ruido de golpeo en el motor.

Esto se genera por desgastes en los elementos del inyector los cuales deben ser limpiados, calibrados o cambiarlos en caso de daño ya que las impurezas del combustible hacen que se desgasten, además de que estas expuestas a altas temperaturas y presiones de trabajo.

En los vehículos que poseen el sistema Common rail se estima que el 14% de las averías o fallas tienen que ver con el sistema de inyección del motor, pero el 6% está directamente relacionado con el fallo de los inyectores, un porcentaje afortunadamente bajo ya que es una de las reparaciones más costosas del sistema CRDI.

Códigos de falla en inyectores

Para la lectura de códigos de falla se utiliza un scanner (Gscan2) el cual dará a conocer el número de fallo y la descripción del mismo. Existen códigos de falla en inyectores CRDI que son los siguientes:

- **P0200:** Localización de averías inyector circuito defectuoso. Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor.
- **P0201:** Localización de averías inyector 1 circuito defectuoso. Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor
- **P0202:** Localización de averías inyector 2 circuito defectuoso. Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor.
- **P0203:** Localización de averías inyector 3 circuito defectuoso. Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor.
- **P0204:** Localización de averías inyector 4 circuito defectuoso. Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor
- **P0205:** Localización de averías inyector 5 circuito defectuoso. Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor
- **P0206:** Localización de averías inyector 6 circuito defectuoso. Causa probable Cableado, inyector, módulo de control del motor
- **P0213:** Localización de averías inyector de arranque en frío 1 – circuito defectuoso. Causa probable cableado, inyector de arranque en frío, módulo de control del motor.
- **P0214:** Localización de averías inyector de arranque en frío 2 – circuito defectuoso. Causa probable cableado, inyector de arranque en frío, módulo de control del motor. [17]

Figura 31: Gscan2



Fuente: Scanner G-scan2 Car Test Colombia

Todos los elementos que componen el sistema CRDI son importantes para el funcionamiento, pero el elemento fundamental es el inyector, ya que se encuentra en contacto directo con la cámara de combustión y da la cantidad de combustible en forma de abanico para que se produzca un trabajo correcto. El inyector depende

totalmente del funcionamiento de todos los elementos anteriores, si existe algún inconveniente previo al inyector, el mismo puede ser el principalmente afectado, es decir depende directamente del estado de todo el sistema.

Tabla 2: Fallas en el vehículo por falta de mantenimiento en inyectores

N°	SINTOMAS DEL VEHICULO	VARIABLES	POSIBLES CAUSAS
1	Perdida de rendimiento. Inestabilidad Ruido, Grandes emisiones de humo	Inyector	• Suciedad en la válvula. • Corrosión de la válvula. • Aguja estancada por contaminación. • Filtro tapado. • Bobina defectuosa, circuito abierto. • Avería de conector.
2	Excesivo régimen del motor	Inyector	• Vástago de válvula rota. • Válvula abierta. • Muelle de válvula rota corrosión.
3	Ralentí inestable	Inyector	• Caudal de retorno fuera de rango. • Orificios internos obstruidos. • Fugas en la superficie de presión. • Desgaste en la aguja.
4	Ruido del motor fuera de limite	Inyector	• Tobera de inyección desgastada.
5	Consumo excesivo de combustible	Inyector	• Tobera • Fuga hidráulica interna.
6	Perdida de potencia en el motor	Inyector	• Recorrido de calibración desajustado. • inyector descalibrado. • Depósitos de carbonilla y corrosión.
7	El motor no desarrolla en el momento de su aceleración.	Inyector	• Aguja de tobera pegada o desgastada por ciclos de trabajo. • Filtro de entrada de combustible del inyector tapado
8	Aumenta la temperatura del motor	Inyector	• Fuga hidráulica interna • Alta temperatura en la tobera. • Desgaste en la arandela de ajuste de la tobera

Fuente: Autor

6.1.1 Diagnóstico de Banco de pruebas para inyectores CRDI.

El laboratorio cuenta con bancos especializados en diagnóstico y calibración de inyectores con sistema CRDI electrónico. Es por esto que cada inyector lleva un proceso para su calibración y reparación si es necesario. Estos bancos nos garantizan si el inyector está funcionando apropiadamente y si no nos ayuda en la detección de su avería y se lleva a cabo un mantenimiento correctivo.

Las pruebas que realiza el banco a todos los tipos de inyectores son las siguientes.

- Retorno de combustible en alta y baja (RPM).
- Emisiones de gases
- Prueba de fugas
- Prueba de limpieza
- Prueba eléctrica (resistencia, detección de cortocircuitos)
- Test de estanqueidad
- Test de entrega carga plena
- Test de entrega carga media
- Test de entrega ralentí
- Test de entrega en preinyección

Figura 32: Banco de prueba CRS708



Fuente: Inyector de bomba Common rail CRS708, banco de pruebas

El banco de prueba de inyectores Diésel Common rail hace el test de inyectores inductivos, piezoeléctricos y doble bobina de las marcas Bosch, Denso, Siemens (continental), Delphi. Prueba de sensores de presión en el riel de las

marcas Bosch, Denso, siemens, (continental), Delphi. Prueba válvulas DRV, de las marcas Bosch, Denso, siemens, (continental), Delphi. Puede generar códigos IMA /ISA para inyectores inductivos Bosch y QR Denso. Hace la prueba eléctrica a la bobina de cada inyector, identificando cortos circuitos / interrupciones, además hace el pulso del inyector mediante señales eléctricas, simulando el trabajo en los vehículos. El banco de prueba de inyectores Diésel common rail hace mediciones de entrega y retorno completamente digitales que garantiza la precisión en el diagnóstico del inyector. Genera informes prácticos y fáciles de entender.[18]

Tabla 3: Parámetros de funcionamiento del banco de prueba

DESCRIPCION	ESPECIFICACION
Pruebas de alta presión	100 a 1800 Bares
Potencia nominal	4,2 KW
Temperatura de servicio	5°C – 40°C*
Presión de aceite	180 Mpa
Cañerías de alta presión	6mm
Lubricante	ISO- 9113
Simulador sistemas crdi	Bosch, Denso, Delphi y Symens
Número de revoluciones máximo	3500 rpm

Fuente: Córdor Christian Giovanny, S., Montenegro Santiago

Cada inyector lleva un diagnóstico diferente según su tipo y código id algunos tiene más pruebas que otros, la siguiente tabla muestra el diagnóstico de un inyector Denso G2S que va ser reparado.

Tabla 4: Test de inyección Denso G3S 095000-6593

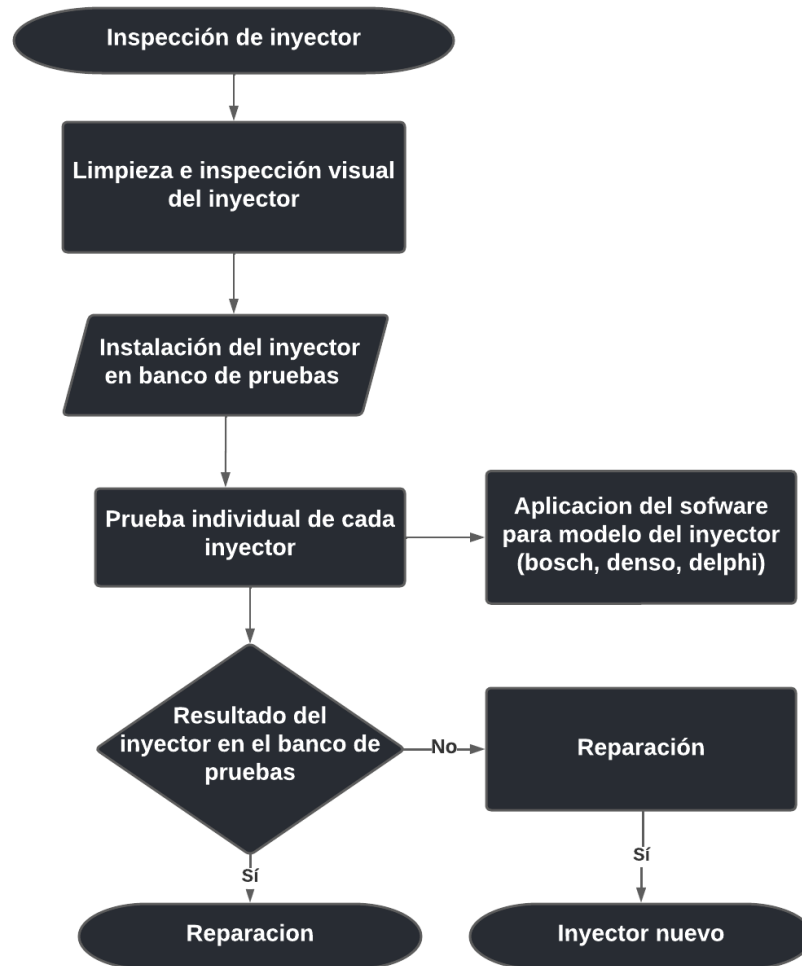
Prueba	Rango de operación	Datos del inyector
Fugas (LEAK)	0.00 – 70.00	9.25
Entrega (VLI)	154.80 – 176.80	77.06
Retorno ®	9.00 – 81.00	31.25
Emisiones (TL)	36.00 – 47.20	30.51
Mínimo (LL)	5.00 – 9.00	5.58
Preinyección (VE)	15.00 – 17.00	4.76
Limpieza (CLEAN)	0.00 – 200.00	32.42
Retorno en baja®	0.30 – 5.10	13.16

Fuente: Autor

Como podemos notar en la prueba de entrega, emisiones, preinyección, retorno en baja este inyector tiene un problema en alguno de los elementos internos que lo componen. Debido a esto, se lleva a cabo un proceso de mantenimiento correctivo haciendo un desarme del inyector y cambiando las piezas desgastadas o limpiándolas además de calibrarlas a las medidas establecidas por el fabricante

según su código y tipo de inyector para que funcione de manera apropiada. Estos datos de calibración son dados por el programa T-TEX.

Figura 33: Diagrama de flujo para proceso de diagnóstico de fallas en el inyector.



Fuente: Córdor Christian Giovanny, S., Montenegro Santiago

6.1.1.1 Pruebas básicas en inyectores.

Es indispensable que antes de hacer las pruebas en los inyectores, primero es necesario colocar el inyector en el banco de prueba según las recomendaciones del fabricante. Hay que purgar la bomba y la tubería de combustible de igual forma siguiendo las especificaciones del constructor en la cual se pueda obtener una inyección dos o tres veces mayor con el fin de desalojar cualquier partícula de carbonilla o de suciedad que se encuentren alojadas en el conjunto de la tobera del inyector. [3]

1. **Prueba de zumbido:** Para que exista una pulverización correcta del Diésel se precisa que la aguja del inyector oscile hacia atrás y hacia adelante a una alta frecuencia, en el momento de la inyección. También influye principalmente a que se produce una variación de presión de impulsión en el momento comprendido entre el inicio y el fin de la inyección. Este cambio de presiones hace que exista la vibración en la válvula de aguja del inyector, esto produce un zumbido. En caso de que esta vibración no se escuche o que sea irregular se debe por lo general a que el inyector se encuentra averiado, o también hay la probabilidad de que la válvula de aguja se encuentre pegada. [3]
2. **Forma del chorro:** Un chorro que no es uniforme, posee un semblante estriado, cortado o fragmentado, esto es indicio de que la tobera del inyector se encuentra sucia, obstruido de carbonilla o presenta algún tipo de daño. La forma de chorro que se desea en este tipo de prueba debe ser de forma regular, como se muestra en la figura 33, en forma de abanico y centralizado en función del eje de la aguja, sin interrupciones, cortes y lo fundamental sin goteos. [3]

Figura 34: Inyección aceptable e inaceptable



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica

3. **Presión de apertura del inyector:** El momento que se alcanza una presión determinada en la tobera del inyector (dada por el fabricante 175 bar por lo general) se tiene que abrir para producir la pulverización sin la presencia de goteos de combustible. Para este caso es necesario ubicar la presión de funcionamiento en el banco de prueba sea de forma manual o electrónica, y verificando la presión del manómetro. Si la presión que se necesita para la apertura del inyector es mayor, eso quiere decir que la espiga se encuentra pegada, que existe una obstrucción en la tobera o que la precarga del muelle de presión es incorrecta. Caso contrario si la presión que se necesita para

abrirlo es menor a la recomendada eso quiere decir que la válvula de aguja se encuentra pegada en la posición abierta, que el muelle pueda estar roto. De forma normal la presión de la apertura se lo ajusta levemente por encima del recomendado, esto con el fin de compensar la reducción de presión que se produce en la fase de inicio de inyección. Por ejemplo, una presión regular es de 175 bar, pero la más factible es calibrarlo en 180 bar. Este proceso se puede realizar ya que algunos inyectores poseen tornillos de ajuste, verificando primeramente la tuerca de bloque, la que permite mover el mecanismo de ajuste de presión. [3]

4. **Goteo del inyector:** En esta prueba el inyector debe mantener la presión de 175 a 180 bar durante el tiempo que estipula el constructor sin producirse fugas de combustible. El método más factible y fácil de verificar esto, es colocar un pedazo de papel absorbente en la parte inferior del inyector mientras se da la prueba. Si el inyector gotea luego después de limpiar la tobera y la válvula de aguja, se deberá sustituirlo. [3]
5. **Fugas internas del inyector:** Esta prueba consiste en medir el tiempo en el que se demora en realizarse una caída sostenida de la presión del Diésel desde un valor por debajo de la presión de apertura hasta un inferior. Se debe, tomar en cuenta que no se dé goteos. Una caída de presión muy rápida informa que la holgura entre el vástago de la aguja y su alojamiento (cuerpo del inyector) es muy ancha; este estado provoca que reemplacen los inyectores. La presencia de un inyector que se encuentre averiado puede provocar daños en la bujía de incandescencia, es por ello que se debe verificar el funcionamiento de esta, cuando hayan existido problemas en el inyector. [3]
6. **Pruebas mecánicas:** En las pruebas mecánicas realizadas se varían los parámetros de presión (300, 400, 500, 600, 700 Bar) conjuntamente con el tiempo de inyección (0,25; 0,50; 1; 1,50; 2 ms) y stroke (pulsaciones) (250, 500, 700, 990), estos parámetros permiten obtener y calcular los siguientes valores: [19]
 - Tiempo de disparo
 - Tiempo de retención
 - Caudal de inyección
 - Caudal de retorno
7. **Pruebas electrónicas:** En las pruebas electrónicas realizadas mediante la utilización del protocolo elaborado, la pinza amperimétrica, multímetro, medidor de inductancia y el osciloscopio con su respectivo programa Hantek permiten conocer los siguientes valores: [19]

-
- Corriente de activación
 - Voltaje de activación
 - Voltaje de retención
 - Resistencia en la bobina
 - Inductancia
 - Período

6.1.1.2 Comprobación de fallas y averías en la tobera de los inyectores.

El inyector es una pieza fundamental en el sistema de alimentación, una falla o avería en cualquiera de las partes de esta, genera problemas en el motor, incluso puede afectar a dañarlo, de forma que este necesite una reparación. Es por ello que se debe realizar verificaciones a estos componentes, se deben inspeccionar las caras de la unión del soporte de la tobera y la porta inyector. Para este caso es necesaria la presencia del rugosímetro para comprobar el desgaste que este pueda tener. En el caso que existieran rayaduras, presencia de corrosión o deformaciones, el inyector o el componente deberá ser reemplazado.

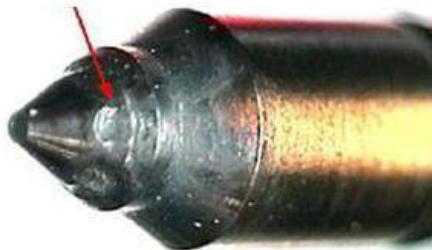
Las partes que están expuestas a rayaduras, desgastes u obturaciones, son las superficies de acoplamiento de la aguja del inyector con su respectiva tobera. Un claro ejemplo de que se está produciendo un desgaste anormal de este componente es la presencia de un color azulado en las superficies (destemplado del material) antes mencionadas. El asiento de la aguja debe presentar un buen acabado mate por lo general en las zonas de contacto, si se presenta rayaduras o pérdida ajuste entre la aguja y la tobera, estas deben ser reemplazadas. [3]

Figura 35: Desgaste en la aguja de la tobera del inyector.



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica

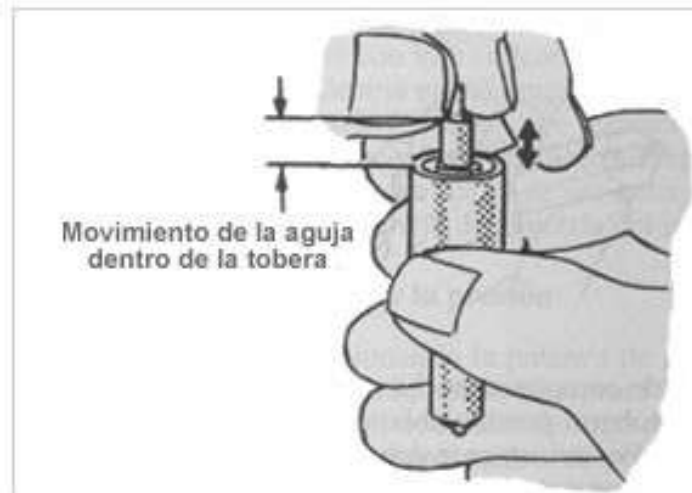
Figura 36: Desgaste en la tobera del inyector



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica

Otra de las comprobaciones que se realiza en un inyector, es la zona del conjunto de la tobera, es decir se tiene que verificar que la aguja se desliza fácilmente en el interior de la tobera, sin la presencia de agarrotamiento ni holguras. Para esta prueba se mantiene a la tobera en la posición vertical, por ello la aguja debe de caer hasta el fondo del asiento debido a su propio peso. Apretando ligeramente sobre ésta con los dedos contra el asiento, invertir la posición, la aguja debe permanecer en su asiento; si el conjunto se encuentra empapado de Diesel, al golpearla suavemente la aguja debe caer libremente. Como se muestra en la figura. En el caso de que no ocurra esta situación, se deberá desarmar nuevamente al conjunto para limpiarla, si al realizar de nuevo la prueba, esto no es suficiente, se debe sustituir el conjunto de la tobera. [3]

Figura 37: Comprobación de aguja



Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica

En la porta inyector lo que se revisa principalmente es la varilla de empuje, en este elemento no debe existir deformaciones ni la presencia de golpes, se debe dar preferencia de visualización al estado de desgaste. Además de aquello hay que comprobar el estado del muelle y del dispositivo de reglaje. Una vez que las pruebas estén finalizadas con éxito, se debe verificar la elevación de la aguja en el asiento, esta se encuentra limitada de funcionamiento en el momento de la inyección, en el instante en que la parte superior de la aguja hace contacto con la superficie de la porta inyector. La elevación de la aguja debe estar comprometida en límites, toda esta distancia va a influir en la calidad de la inyección, en caso de que la aguja tenga poca elevación va a provocar un descenso considerable de la presión del combustible que va a salir de los orificios, esto empeora la penetración y la pulverización en la cámara de combustión. [3]

En caso contrario de que haya una elevación excesiva va a producir un fuerte golpeteo de la aguja contra su asiento, en el momento del cierre de la inyección,

esto provoca un alto desgaste lo que acorta considerablemente el tiempo de duración de la tobera.

Tabla 5: Averías en el conjunto de la tobera

Conjunto	Pieza	Averías
Conjunto de la Tobera	Aguja	Presencia de partículas en las ranuras de Alimentación
		Rebabas en las ranuras de alimentación.
		Rayaduras.
		Daños en el cono de la aguja.
		Deformación en el lado del separador.
		Restos de corrosión.
		Restos de agarrotamiento.
	Cuerpo de tobera	Resaltes
		Restos de fugas
		Rayaduras en la superficie de presión.
		Corrosión en la superficie de presión.
		Grietas alrededor del orificio HP.
		Presencia de partículas y/o virutas.
	Muelle de aguja	Rayaduras en el diámetro.
		Orificios de inyección bloqueados.
		Presencia de partículas en las bobinas (solenoides).
		Muelles rotos.

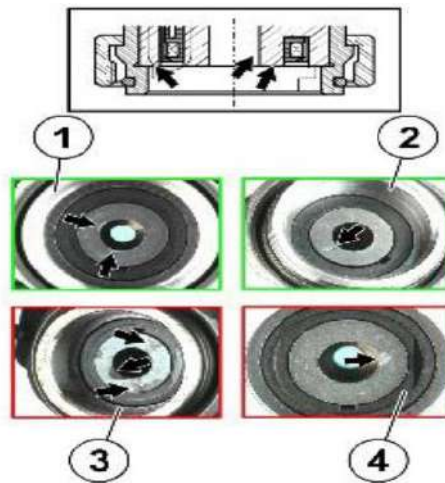
Fuente: Departamento de ciencias de la energía y mecánica

6.1.1.3 Comprobación de fallas y averías en el cuerpo del inyector

Averías en el núcleo magnético

Dado que el núcleo magnético es el elemento que produce la fuerza magnética necesaria para abrir e inyectar la válvula, este elemento no puede permitirse causar daños importantes, por ejemplo, causados por la presencia de suciedad o rebabas. Datos de calibración de fuerza magnética requeridos según el código de identificación del inyector. [20]

Figura 38: Averías en el núcleo magnético



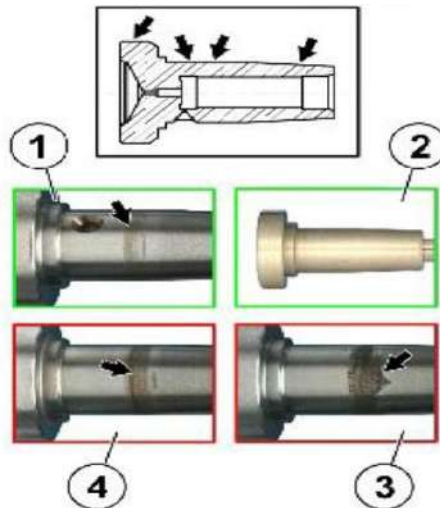
Fuente: Universidad internacional del Ecuador facultad de ingeniería mecánica automotriz

1. No hay desgaste
2. Leve desgaste
3. Mediano desgaste(reemplazar)
4. Fuerte desgaste(reemplazar)

Avería en el émbolo de la válvula del inyector

Esto es causado por la constante fricción que debe soportar cuando entra en contacto con la válvula dentro del inyector y desgasta el elemento. Además, no se permite la presencia de rebabas y ranuras radiales en este componente.

Figura 39: Averías en el embolo de la válvula



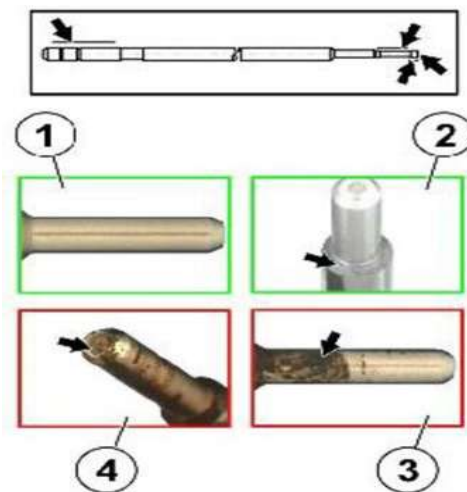
Fuente: Universidad internacional del Ecuador facultad de ingeniería mecánica automotriz

1. No hay desgaste
2. Leve desgaste
3. Mediano desgaste(reemplazar)
4. Fuerte desgaste (reemplazar)

Avería en la pieza de la válvula del inyector

Este elemento por estar en contacto directo con el émbolo de la válvula debe tener una superficie hermetizada sin presencia de rebabas, rasguños u oxidación, producidas por el rozamiento del desplazamiento de la válvula y el combustible utilizado. [20]

Figura 40: Avería en la pieza de la válvula del inyector



Fuente: Universidad internacional del Ecuador facultad de ingeniería mecánica automotriz

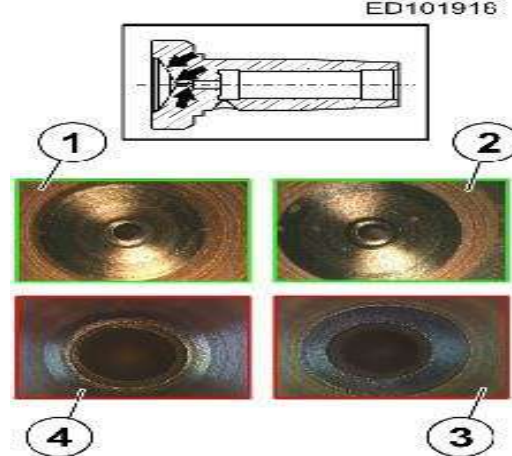
1. Leve desgaste
2. Mediano
3. desgaste(reemplazar)
4. Fuerte desgaste(reemplazar)

Avería en la válvula de la bolilla

Esta válvula se encarga de vigilar el retorno de combustible hacia el depósito generando un equilibrio de las presiones en las cámaras internas del inyector, en este elemento se pueden producir desgastes por el tipo de combustible utilizado teniendo como consecuencia una falta de hermeticidad, cambio del caudal y modificación de la inyección

En este elemento también es importante que no se presente ningún tipo de astilla y rebaba por el desprendimiento del material de otros componentes del inyector. [20]

Figura 41: Avería en válvula de la bolilla.

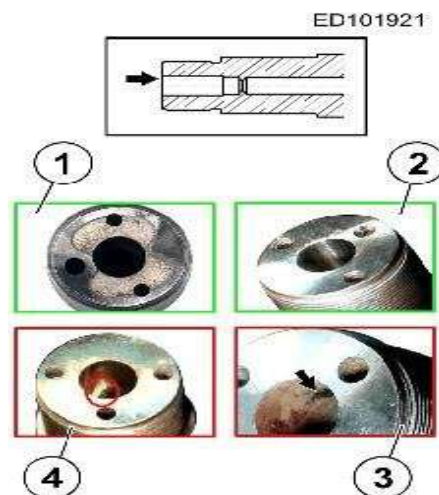


Fuente: Universidad internacional del Ecuador facultad de ingeniería mecánica

1. Leve desgaste
2. Leve desgaste
3. Fuerte desgaste(reemplazar)
4. Fuerte desgaste(reemplazar)

Averías en la superficie de apoyo del inyector: La superficie de apoyo del inyector, une herméticamente el cuerpo del inyector con el inyector, por el circula el combustible hacia las diferentes cámaras, el mismo que es propenso a sufrir averías por el tipo de combustible que se usa, en el mismo se pueden producir corrosiones tanto en su superficie como en sus taladros, lo que provocaría desprendimiento de óxido y taponamiento del inyector, también se pueden producir alzas extremas de temperatura por la falta de lubricación del combustible, fundiendo todas sus elementos, de ser este el caso se debe reemplazar todo el inyector. [20]

Figura 42: Averías en la superficie de apoyo del inyector



Fuente: Universidad internacional del Ecuador facultad de ingeniería mecánica automotriz

1. No hay desgaste
2. Leve desgaste
3. Fuerte desgaste(emplazar)
4. Fuerte desgaste(emplazar)

Tabla 6: Averías en el cuerpo del inyector

Conjunto	Pieza	Daño
Cuerpo del inyector	Desgaste en el cuerpo de la electro válvula	✓ Restos de fugas. ✓ Asientos rayados. ✓ Contaminantes del canal de partículas en el vástago.
Cuerpo del inyector	Desgaste Cuerpo	✓ Superficie de presión rayada. ✓ Canal de retorno defectuoso.
Cuerpo del inyector	Desgaste Filtro de entrada	✓ Residuos de aceite en la varilla filtro. ✓ Embolo de la válvula o aguja de inyector se mueve con dificultad. ✓ Varilla del filtro corroída.
Cuerpo del inyector	Arandela de la válvula	✓ Junta de alta presión desgastada. ✓ Error de montaje de anillo de apoyo.
Cuerpo del inyector	Cámara de cierre	✓ Residuos de aceite en cámara interior de cri. ✓ Embolo de la válvula o aguja de inyector se mueve con dificultad. ✓ Desgaste por erosión en el asiento de junta de bola del elemento de válvulas.

Fuente: Autor

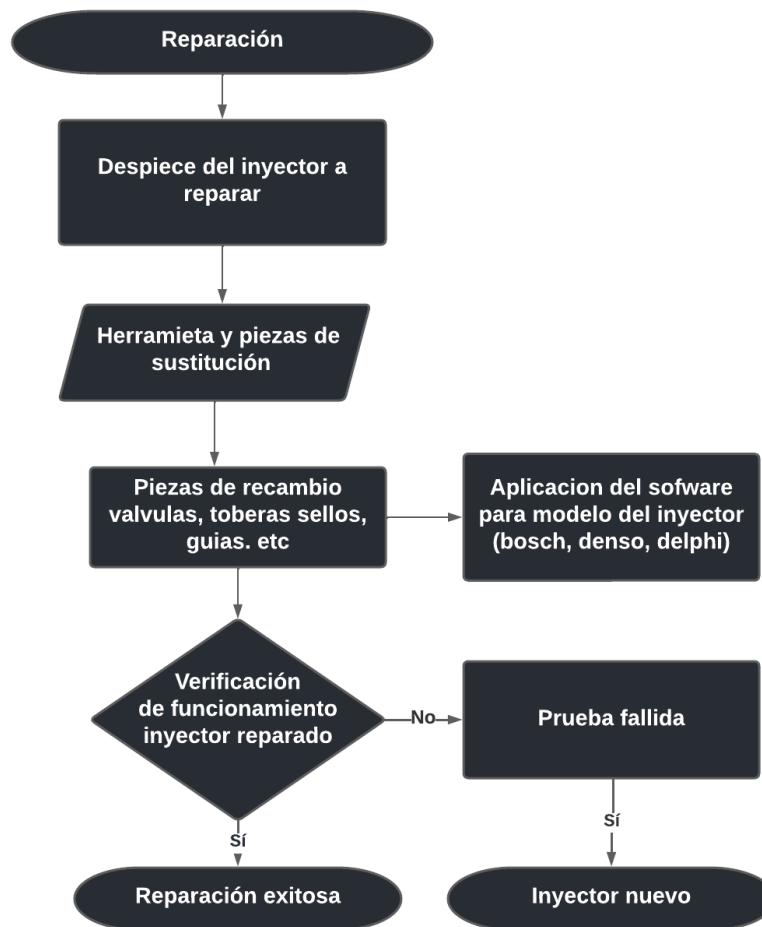
Al notar que los componentes del inyector están desgastados su calibración es más complicada. Por eso, se recomienda cambiarlos para evitar daños o que el inyector se descalibre con facilidad.

Para realizar una reparación se toma en cuenta el proceso a seguir para el despiece basándose en el manual apropiado de la marca y la utilización de las herramientas de precisión, tomar muy en cuenta que no se debe intercambiar partes internas del

7. HOJA DE RUTA DE REPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES BOSCH, DENSO Y DELPHI

inyector ya que influye al momento de una calibración o reparación, de preferencia utilizar piezas originales para un rendimiento óptimo del inyector. [20]

Figura 43: Diagrama de flujo proceso de reparación para inyectores



Fuente: Córdor Christian Giovanni, S., Montenegro Santiago

7.1 Procedimiento de reparación y calibración inyectores Bosch.

7.1.1 Inyectores Bosch CRI, CRI 1, CRI 2, CRI 2.2, CRIN 1, CRIN 1.6, CRIN 2, CRIN .

1. Montar el inyector en una morsa para CR, herramienta Z-0118.
2. Sacar la porta tobera, evaluar las condiciones de la tobera con microscopio, y realizar la medición con la herramienta N.º 24 con la pieza de presión puesta en el inyector.

-
3. Retirar el solenoide con herramienta Z-0116/0117/0147 según corresponda. Medir el mismo con la herramienta N° 17.
 4. medir la resistencia, inductancia, y aislación del bobinado con CR-40. Medir el plato inducido con la herramienta N° 19 con la arandela puesta en el inyector.
 5. Medir el recorrido de la bolilla con la herramienta Z-0103.
 6. Retirar válvula y vástago, con herramienta 2-3029 y Z-01201 el sello de fibra con herramienta Z-0122. Limpiar debidamente todos los componentes.
 7. Colocar el sello de fibra con herramienta Z-0122.
 8. Colocar válvula y vástago con herramienta Z-3029 y Z-01201.
 9. Armar plato inducido, y calibrar el juego axial midiendo con herramienta Z-0103.
 10. Calibrar Entrehierro con herramienta N 17 y N.º 19.
 11. Calibrar carrera de la aguja con herramienta N° 24, En el caso de no poder sacar la aguja de la tobera con unas pinzas.
 12. Armar el inyector y comprobar su funcionamiento en banco de pruebas.

TORQUE

- **Bobina:** 33 a 38 Kgf/m
- **Tuerca válvula:** 35 a 6.5 Kgf/m (Según Bomba)
- **Porta tobera:** 5.0 a 6.5 Kgf/m (Mariposa)
5.5 a 6.5 Kgf/m (Cruz de malta)
6.0 a 7.0 Kgf/m (Macizo)

CRI Common Rail Injector-Motores de automobiles CRIN- Common Rail Nutzfarzeuge – Motores industrial

7.1.2 Inyectores Bosch CRI 2.1

Como lo mencionamos anterior mente el principio de funcionamiento es el mismo que el CRI 1. El diseño de la válvula piloto es diferente porque el elemento anti rebote se ha eliminado.

1. Montar el inyector en una morsa para cr, herramienta Z-0118.
2. Sacar la porta tobera, evaluar las condiciones de la tobera con el microscopio.
3. Retirar el solenoide con herramienta Z-0117, medirlo con la herramienta N°17.
4. Medir la resistencia, inductancia. Y aislación del bobinado con CR-40.
5. Medir el plato inducido con herramienta N°19 con la arandela del inyector.

-
6. Retirar válvula y vástago, con herramienta Z-3029 y z-0120
 7. Retirar el sello de fibra con herramienta Z-0132
 8. Limpiar debidamente todos los componentes.
 9. Colocar el sello de fibra con herramienta Z-0122.
 10. Colocar válvula y vástago con herramienta Z-0131
 11. Calibrar entrehierro con herramienta N°17 y N° 19.
 12. Calibrar carrera de la aguja con herramienta N° 24
 13. En el caso de no poder sacar la aguja de la tobera utilizar unas pinzas
 14. Armar el inyector y comprobar su funcionamiento en banco de pruebas.

Torque:

- **Bobina:** 3.3 a 3.8 Kgf/m
- **Tuerca válvula:** 4.5 a 5.5 Kgf/m
- **Porta tobera:** 5.0 a 6.0 Kgf/m

7.1.3 Inyectores Bosch CRI 2.5.

1. Montar el inyector en una morsa para cr, herramienta Z-0118.
2. Sacar la porta tobera, evaluar las condiciones de la tobera con el microscopio.
3. Retirar el solenoide con herramienta Z-0117, medirlo con la herramienta N°17.
4. Medir la resistencia, inductancia. Y aislación del bobinado con CR-40.
5. Medir el plato inducido con herramienta N°19 con lamina y arandela del inyector.
6. Retirar válvula y vástago, con herramienta Z-3029 y Z-0120
7. Retirar el sello de fibra con herramienta Z-0132
8. Limpiar debidamente todos los componentes.
9. Colocar el sello de fibra con herramienta Z-0131.
10. Colocar válvula y vástago con herramienta Z-0131
11. Calibrar entrehierro con herramienta N°17 y N° 19.
12. Calibrar carrera de la aguja con herramienta N° 24
13. En el caso de no poder sacar la aguja de la tobera utilizar unas pinzas.
14. Armar el inyector y comprobar su funcionamiento en banco de pruebas.

Torque:

- **Bobina:** 3.3 a 3.8 Kgf/m
- **Tuerca válvula:** 3.5 a 4.5 Kgf/m

-
- **Porta tobera:** 4.3 a 4.8 Kgf/m

7.1.4 Inyectores Bosch CRI 3.0, 3.1, 3.2.

1. Montar el inyector en una morsa para cr, herramienta Z-0118.
2. Sacar la porta tobera, evaluar las condiciones de la tobera con el microscopio.
3. Evaluar el buje de la cámara de control y su asiento en la placa de control.
4. Medir la resistencia, capacitancia, y aislación del piezo con CR-40
5. Comprobar fugas y desgaste de la válvula de control
6. Comprobar fugas y desgaste en el amplificador hidráulico
7. Comprobar fugas y desgaste en la tobera
8. Limpiar debidamente todos los componentes
9. En el caso de remplazar la válvula de control, comprobar su calibración
10. En el caso de no poder sacar la aguja de la tobera utilizar unas pinzas.
11. Armar el inyector y comprobar su funcionamiento en banco de pruebas.

Torque:

- **Porta tobera:** 4.8 a 5.2 Kgf/m

7.2 Procedimiento de reparación y calibración inyectores Denso.

7.2.1 Inyectores Denso X2, G2S Y G3S.

1. Montar el inyector en el soporte Z-0105
2. Sacar la porta tobera, evaluar las condiciones de la tobera con microscopio
3. Retirar el solenoide con herramienta Z-0115, medir el mismo con la herramienta N.º 18, medir la resistencia, inductancia, y aislación del bobinado con CR-40.
4. Medir el plato inducido con la herramienta N° 17 con la arandela puesta en el inyector.
5. Comprobar estado de la plaqueta con microscopio,
6. Retirar la plaqueta con la herramienta Z-3025 utilizando un torquímetro calibrado a 7 Kgf/m.
7. De ser necesario remplazar el filtro del racor con la herramienta N° Z-0149
8. Limpiar debidamente todos los componentes.
9. Colocar la plaqueta, ajustar la tuerca con la herramienta Z-3025, torque de 7Kg f/m.
10. Asegurarse que la media esfera se encuentra con el plano hacia la plaqueta de control,
11. Calibrar Entrehierro con herramienta N° 18 y N° 17

-
12. En el caso de no poder sacar la aguja de la tobera utilizar la herramienta Z-0148
 13. Armar el inyector y comprobar su funcionamiento en banco de pruebas.

Torque:

- **Bobina:** 1.0 a 1.4 Kgf/m
- **Tuerca válvula:** 7.0 a 7.4 Kgf/m **Según herramienta**
- **Porta tobera:** 5.0 a 6.0 Kgf/m **3ra Generación**
5.5 a 6.5 Kgf/m **2ra Generación**
6.0 a 7.0 Kgf/m **1ra Generación**

7.2.2 Inyectores Denso G4S.

1. Montar el inyector en la morsa Z-0118
2. Sacar la porta tobera, evaluar las condiciones de la tobera con microscopio.
3. Evaluar el buje de la cámara de control y su asiento en la placa de control.
4. Comprobar la integridad y buen funcionamiento del microfiltro
5. Medir la resistencia, inductancia, y aislación del bobinado con CR-40.
6. Evaluar el estado de la plaqueta de control y la media esfera con microscopio.
7. Calibrar entrehierro en el caso de reemplazar buje de calibración, plato inducido o media esfera.
8. Limpiar debidamente todos componentes.
9. Asegurarse que la media esfera se encuentra con el plano hacia la plaqueta de control al momento del armado.
10. En el caso de no poder sacar la aguja de la tobera utilizar la herramienta Z-0148.
11. Armar el inyector y comprobar su funcionamiento en banco de pruebas.

Torque:

- **Porta tobera:** 5.3 a 5.8 Kgf/m

7.3 Procedimiento de reparación y calibración inyectores Delphi.

7.3.1 Inyectores Delphi DF1, DF1.1, DF1.2, DF1.3, DF1.4, DF1.5.

1. Montar el inyector en una morsa para CR, herramienta Z-0118

2. Sacar la porta tobera, evaluar las condiciones de la tobera con microscopio.
3. Limpiar debidamente todos los componentes.
4. Medir resistencia de la bobina, y aislación con CR-40.
5. En el caso de no poder sacar la aguja de la tobera utilizar la herramienta Z-0148.
6. Reemplazar plaqueta y/o tobera de ser necesario.
7. Armar el inyector y comprobar su funcionamiento en banco de pruebas.

Torque:

- **Porta tobera:** 3.8 a 4.5 Kg/m

Tabla 7 : Herramientas usadas en la reparación y calibración de inyectores Bosch, Denso y Delphi.

Nombre de la herramienta	Herramienta
Morsa CR o Fase 3 Herramienta usada para el desarme y calibrado de inyectores bosch y delphi.	
Z-0118 Herramienta usada para el ajuste del inyector en la morza cr	

Microscopio Analizar el desgaste de los elementos internos del inyector	
N.º 24 y copa de Tobera Herramientas usadas para desajustar la tobera y calibrar el recorrido de la aguja según su código	
Z-0116/0117/0147 Herramienta usada para desajustar el solenoide	

N°17
Calibrar recorrido del solenoide



CR-40
Herramienta usada para medir la resistencia, inductancia y aislación del bobinado



N° 19
Herramienta usada para medir el plato inducido con la arandela puesta en el inyector.



Z-0103
Medir el recorrido de la bolilla con la herramienta



2-3029 y Z-01201
Herramientas para retirar válvula y vástago



Z-0131 y Z-0122
Juego de puntas para colocar y retirar sello de la fibra



Z-3029

Herramienta usada para colocar
válvula del inyector



Z-01201

Herramienta usada para colocar
vástago del inyector



Z-0105

Soporte para desarme de inyectores
Denso.



Z-0115
Retirar solenoide inyector Denso



Z-3025
Herramienta para retirar plaqueta





Fuente: Autor

8. APLICATIVO

Para crear este aplicativo se tuvieron en cuenta varios factores el principal es implementar y simplificar la información obtenida en la creación del manual de fallas en inyectores. Con el fin, de hacerlo más práctico y óptimo para los técnicos y tecnólogos encargadas en mantenimiento de motores Diésel, ya que se adaptó un diseño para automatizar este proceso y generar mejores resultados para el laboratorio.

En este aplicativo además de implementar la información del manual, también se ingresó una presentación en la cual podemos conocer los pasos de calibración de los inyectores Bosch (CRI, CRIN) familia 110 y 120 que son todos los expuestos en el manual y Denso (X2, G2S, G3S). Ha el inyector Delphi, no se le realizo esté proceso ya que su ajuste de calibración es el más simple solo se calibra la tobera. Además de esto, se generó una base de datos con el fin de con el tiempo hacer un análisis de fallas más frecuentes para conocer con más simpleza las fallas del inyector en las pruebas echas en el banco en cada tipo de inyector.

Diseño del aplicativo

Node js es un entorno de tiempo de ejecución de nivel de servidor multiplataforma de código abierto basado en el lenguaje de programación JavaScript. Fue diseñado para crear aplicaciones de red escalables.

Figura 44: Funciones del programa Node js



Fuente: node js desarrollo de la web

Como se puede observar son varias las funciones que maneja este programa por eso se escogieron ya que cumple con lo requerido para obtener la información del manual de una manera más simple Debido a este ángulo, que es un marco de aplicación (framework) web desarrollado en TypeScript (lenguaje "Typed", en el que se requieren los tipos de datos de las variables), de código abierto, mantenido por Google, utilizado para crear y mantener la página de aplicaciones web.

Figura 45: Programa Angular.



Fuente: Todo sobre Angular el framework de JavaScript

la arquitectura del aplicativo como está desarrollado en angular es basada en componentes de usó HTML (código que se utiliza para estructurar y desplegar una página web y sus contenidos) y angular material para la parte de maquetación de la página. Con CSS (lenguaje informático que especifica cómo se presentan los documentos a los usuarios) se hizo todo esto para el diseño y para toda la parte lógica en TypeScript pues está basado en el uso de clases, funciones y objeto.

Funcionamiento del aplicativo.

El funcionamiento del aplicativo es muy simple, su estructura o página principal está compuesta por la reparación (ajuste y desajuste) de todos los tres tipos de inyectores documentados en el manual, junto con sus herramientas usadas para este proceso.

Además de esto, se agrega al aplicativo la información de la calibración de inyectores que ya ha sido mencionado anteriormente especificando porque no está la de Delphi, y por último se creó la base de datos la cual guarda las pruebas echas por el banco para cada tipo y generación de inyector, dependiendo de su código. Con esto, se desea llevar una documentación para realizar un análisis de falla más detallado detectando las pruebas que más fallan en estos tipos de inyectores por falta de mantenimiento preventivo y correctivo y con esto ser más eficaz detectando la avería en el elemento del inyector.

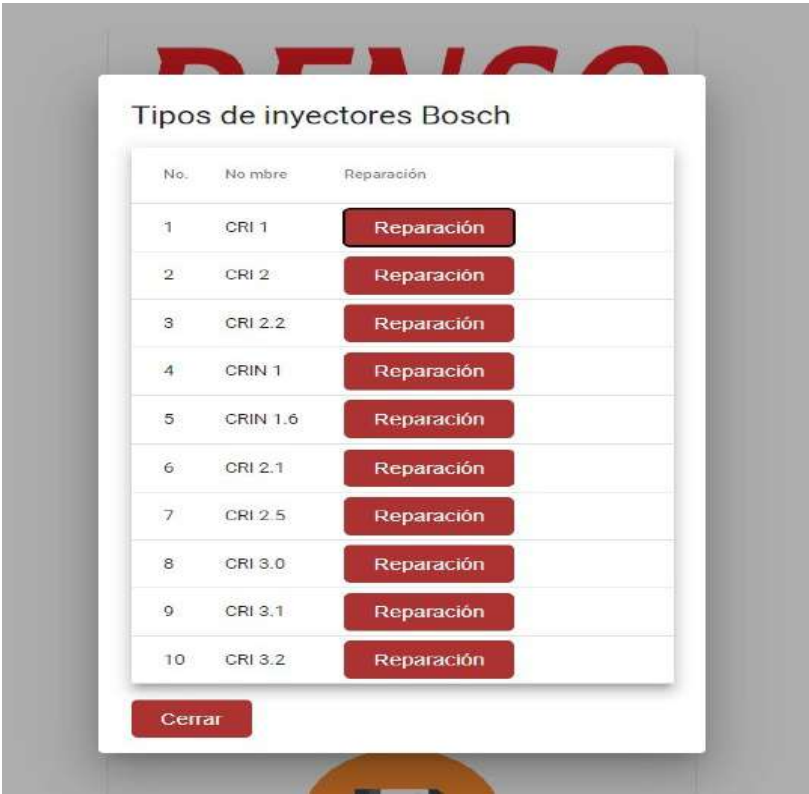
Figura 46: Aplicativo página principal



Fuente: Autor

Como podemos ver la primera fila nos muestra la reparación (Ajuste y desajuste) de los tres tipos de inyectores al hacer clic nos despliega la siguiente vista.

Figura 47: Tipos de inyectores Bosch para reparar.



Fuente: Autor

Seguido de esto, se escoge el inyector que va a ser reparado clic en reparación y nos despliega la vista de la reparación y del torque que lleva el inyector.

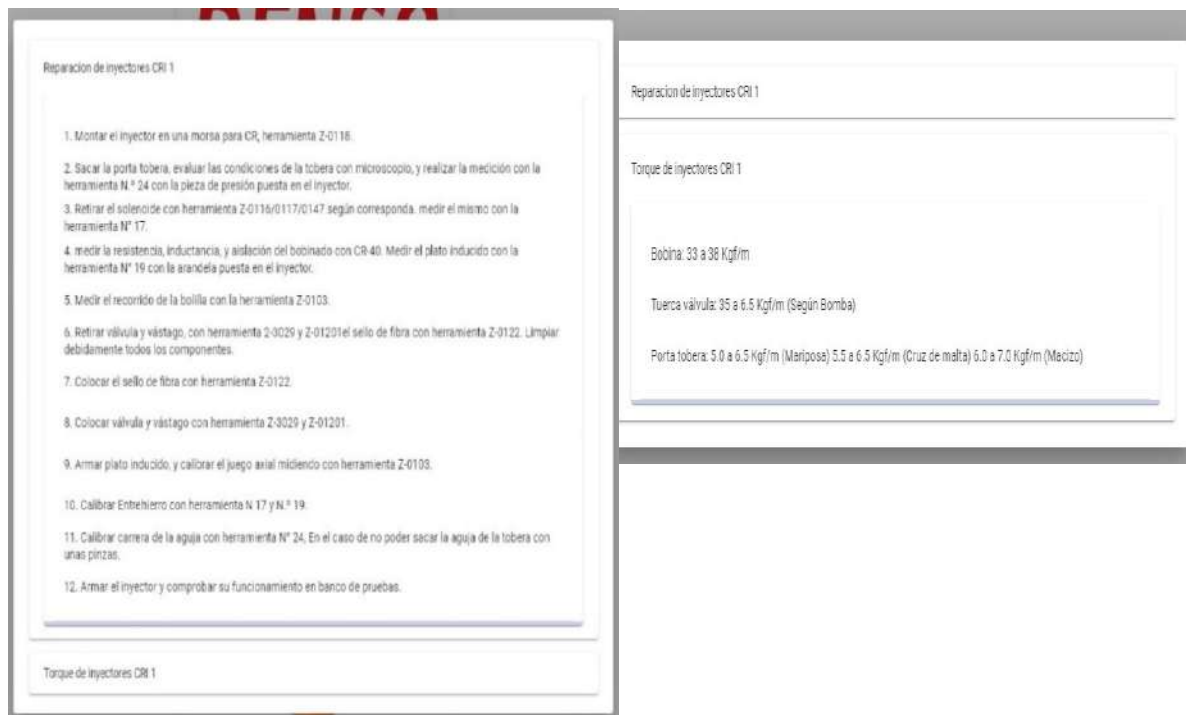
Figura 48: Vista reparación y torque del inyector.



Fuente: Autor

Esto mismo aplica para todos los tipos vistos en el manual en el cual se escoge que tipo y según su generación cual va ser reparado. Utilizando, el paso a paso del desarme expuesto en la hoja de ruta y los tipos de torque que aplica para los elementos internos que llevan un ajuste determinado. Como podemos notar su funcionamiento es muy simple y práctico, esto ayuda a mejorar constantemente ya que será fácil de memorizar y con el tiempo se grabarán un proceso estandarizado con el que puedan optimizar el trabajo de desajuste y ajuste del inyector a trabajar.

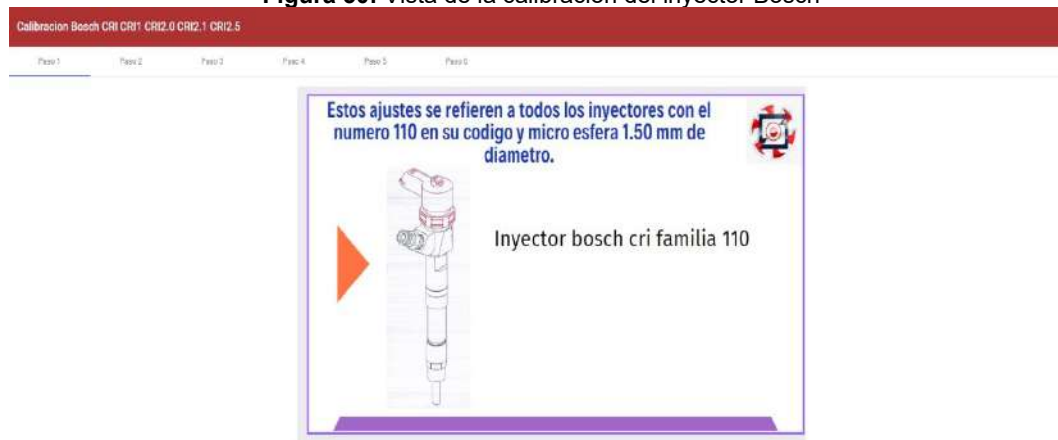
Figura 49: Vista de reparación y torque de inyector CRI 1 Bosch



Fuente: Autor

La calibración de los inyectores se ha realizado paso a paso, capturando inductancias y recorridos de los elementos internos del tipo de inyector a calibrar en forma de presentación para que sea más claro y comprensible. La calibración tuvo en cuenta la familia, el tipo de microesfera, si diámetro y material, las resistencias de trabajo. La gran mayoría de los inyectores presentados en el manual fueron calibrados con la ayuda del especialista en reparación (gerente de la empresa) y se le dio este valor agregado al aplicativo.

Figura 50: Vista de la calibración del inyector Bosch



Fuente: Autor

Lo siguiente a evidenciar fueron los iconos creados en la página de entrada para la base de datos y las herramientas usadas para el ajuste y desajuste del inyector. En la base de datos, se guardan las 8 pruebas que se le realizan a estos inyectores como se había mencionado anteriormente a algunos se les hacen más pruebas que ha otros dependiendo de su referencia y tipo de inyector.

Los datos que guardamos son los dados por el banco de prueba en cada test echo.

Figura 51: Tipo de inyector y pruebas guardadas en base de datos

Ingrese la prueba

Ingrese el rango de operacion

Ingrese datos del inyector

0

Ingrese el tipo del inyector

Ingrese codigo de la prueba

Guardar

Prueba	Rango de operacion	Datos del inyector	Tipo inyector	Codigo de la prueba
Retorno (R)	10.00-100.00	45.21	denso	095000-6366
Limpieza (LEAK)	5.00-35.00	10.08	Denso	095000-6366
Entrega (VLI)	94.31-111.59	84.8	denso	095000-6366

Fuente: Autor

Y en el icono de herramientas se guardó en forma de catalogo como las mostradas en el manual.

Figura 52: Vista de catalogo herramientas en el aplicativo

Herramientas		
Nombre	Descripción	Imagen
Morisa OR o Rase 5	herramienta usada para el desarme y calibrado de inyectores Bosch y Delphi	
Z 0110	herramienta usada para el ajuste del inyector en la morisa	
Microscopio	Analizar el desgaste de los elementos internos del inyector	
Nº 20 y copa de Tóbera	Herramientas usadas para desajustar la tobera y calibrar al momento de la aguja según su código	

Fuente: Autor

Esta fue toda la información que incluí, se piensa mejorar el aplicativo sobre todo en la base de datos para que la información que se guarda sea más fácil de ingresar, y de que el mismo aplicativo genere graficas que nos demuestre en porcentaje las fallas más recurridas en el test de inyectores.

9. CONCLUSIONES

- Se implemento un proceso de detección de fallas mediante un manual y un aplicativo con el que se pretende optimizar el diagnóstico y la reparación en inyectores para tres marcas diferentes Denso, Delphi y Bosch y con esto ahorrar tiempo, costos, y mejorar el ambiente laboral de la empresa.
- La hoja de ruta de reparación se llevó a cabo siguiendo unos pasos e identificando cada una de las herramientas usadas en el desmontaje y montaje del inyector. Esto se llevó a cabo, con personal capacitado técnicos y tecnólogos en esta área y el especialista en sistemas de inyección Diesel (Gerente de la empresa) con el fin de usarlo para capacitaciones nacionales e internacionales dadas en el laboratorio.
- El aplicativo nos ayuda a obtener de una manera más fácil la información del manual además de agregar el proceso de calibración de estos tipos de inyectores y generando una base datos para usarla con el tiempo como un análisis de fallas más frecuentes de cada tipo de inyector.
- Este manual y aplicativo fue realizado mediante datos reales obtenidos por bases teóricas confiables e información que fue dada en la práctica por el laboratorio.

10.RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- El laboratorio Inyecdieste&turbos necesita también de un manual de fallas en bombas de inyección tanto rotativas, como lineales el cual les ayude con un proceso más automatizado de detención y reparación ya que la cantidad de elementos que componen la bomba son bastantes y su ajuste y desajuste son tediosos y son de varias clases que se deben analizar tanto las convencionales como las electrónicas ellos recomiendan hacer otro manual o implementar un aplicativo.
- Además, se requiere de un mejor diagnostico en los elementos que componen todo el sistema de inyección de combustible incluyendo todo lo electrónico. Ya que a veces, por un mal diagnostico se repara algo y sigue con la falla el auto y esto genera pérdidas de tiempo y dinero y un mal ambiente laboral.
- Se desea automatizar el manual de mantenimiento de los equipos del laboratorio ya que los que están no han sido actualizados y los equipos si con el fin de prevenir fallas y perder horas de trabajo ya que estos equipos están en funcionamiento casi todo el día de trabajo.
- Junto con la base de datos creada en el aplicativo se puede generar como una futura investigación el análisis de fallas de estos tipos de inyectores se creó con este fin, para tener un análisis más detallado ya que son muy pocas las investigaciones que se han hecho sobre este tema.
- Diseñar la estrategia de gestión para el departamento de mantenimiento, define los procesos para la disponibilidad de los equipos, disminución de tiempo en actividades, hasta el manejo adecuado de los recursos y herramientas técnicas de los indicadores de mantenimiento.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Universidad Internacional del Ecuador Facultad de Ingeniería Automotriz.
- [2] Que es y cómo funciona el sistema de inyección Diesel.
- [3] Departamento de ciencias de la energía y mecánica, análisis de desgaste de las toberas de los inyectores de sistemas CRDI a través el uso del rugosímetro.
- [4] Zhao, J., Grekhov, L., Onishchenko, D., & Gabitov, I. (2021). Methods for calculating fuel heating in electrically controlled injectors of Common Rail Diesel systems. *Fuel*, 305.
- [5] Suntaxi Cóndor,Christian Giovanni;Auz Montenegro,Santiago Javier;Lisintuña Moreno, Jaime Jordano. (2018). Estudio de la entrega de carga en inyectores CRDI en periodo de mantenibilidad. Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Quito. 28p.
- [6] Noboa Asencio,Anthony Bryan. (2019). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250” del sistema Common Rail. Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Guayaquil. 100p.
- [7] Rojas Rishi,Raghani. (2017). Desarrollo de un manual de procesos para la comprobación de inyectores common rail del motor Hyundai J3. Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Guayaquil. 77p.
- [8] Viláñez Ponce,Bryan Ricardo. (2017). Estudio de los inyectores CRDI (Common Rail Direct Injection) Bosch en el Ecuador, Mantenimiento preventivo y correctivo. Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Quito. 157p.
- [9] Zhao, W., Yan, J., Gao, S., Lee, T. H., & Li, X. (2022). The combustion and emission characteristics of a common-rail diesel engine fueled with Diesel, propanol, and pentanol blends under low intake pressures. *Fuel*, 307, 121692.
- [10] Dspace de la Universidad del Azuay: Análisis de averías en componentes Diesel crdi (common rail direct injectionRepositorio Digital Universidad Técnica del Norte: Guía de operación del banco de pruebas de inyectores electrónicos CRDI (MT - 3000).

-
- [11] Trabajos Academicos de la Universidad de Jaen: Estudio y caracterización de un Inyector Common-Rail. (n.d.). Retrieved November 22, 2021, from.
- [12] Ferrari, A., Mittica, A., Paolicelli, F., & Pizzo, P. (2016). Hydraulic Characterization of Solenoidactuated Injectors for Diesel Engine Common Rail Systems. *Energy Procedia*, 101, 878–885.
- [13] Análisis y comprobación del funcionamiento de inyectores CRDI piezoeléctricos con el equipo CRT-3500 de KIA. (n.d.). Retrieved May 8, 2022.
- [14] Guía de operación del banco de pruebas de inyectores electrónicos CRDi (MT - 3000)
- [15] Jaén, U. de, Robles Lorite Tutor, L., & ^a Eloísa Torres Jiménez Dpto, D. (2019). Escuela Politécnica Superior de Jaén ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE UN INYECTOR COMMON-RAIL.
- [16] Robiel Injeção Diesel | Soluções para Injeção Diesel.
- [17] Suntaxi Cóndor, Christian Giovanni; Auz Montenegro, Santiago Javier; Lisintuña Moreno, Jaime Jordano. (2018). Estudio de la entrega de carga en inyectores CRDI en periodo de mantenibilidad. Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Quito. 28p.
- [18] Inyector de bomba common rail CRS708, banco de pruebas EUI EUP, soporte de helii, inyección de combustible Diésel de alta presión - AliExpress Automóviles y motocicletas.
- [19] Noboa Asencio, Anthony Bryan. (2019). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch
- [20] Iturralde, F. E. B., Fernando, D., Murillo, E., Xavier, A., & Salcedo, M. (n.d.). universidad internacional del Ecuador facultad de ingeniería mecánica automotriz artículo de investigación previo a la obtención del título de ingeniero en mecánica.
- [21] Curso-de-reparacion-de-inyectores-BOSCH
- [22] Laboratorio de inyección Common Rail O C. (n.d.).
- [23] electrónico de los inyectores marca Denso, 05s00047 y 06s00387 del sistema de inyección crdi (common rail diesel injection).

-
- [24] Partes y funcionamiento de los inyectores diésel - Reynasa. (n.d.). Retrieved November 22, 2021, from.
- [25] El Inyector Common Rail - ¿Qué es y cómo funciona? (n.d.). Retrieved November 22, 2021.
- [26] ¿Qué es el ECM? - Glosario de mecánica | Hello Auto
- [27] Definición de sensor -Qué es, Significado y Concepto.
- [28] Principales actuadores en el vehículo y sus posibles fallos - Revista Autocrash.
- [29] Precámara - Wikipedia, la enciclopedia libre.
- [30] Qué es el ciclo Diésel - Motor Diésel - Definición.
- [31] Solenoide: qué es, cómo funciona y cuáles son sus síntomas de avería.
- [32] Bomba De Transferencia - 4612 Palabras | Monografías Plus.
- [33] [21] common-rail.pdf - VSIP.INFO
- [34] Tesis de como calibrar y control comun rail - Universidad Técnica del Norte Facultad de Educación, - StuDocu.
- [35] Que es y cómo funciona el sistema de inyección diesel. (n.d)
- [36] Córdor Christian Giovanny, S., Montenegro Santiago, A., & Jordano, J. (n.d.). I CERTIFICADO DE AUTORÍA.
- [37] Zhao, J., Grekhov, L., Onishchenko, D., & Gabitov, I. (2021). Methods for calculating fuel heating in electrically controlled injectors of Common Rail diesel systems. Fuel, 305.
- [38] "0445120289" y "0445110250" del sistema Common Rail. Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Guayaquil. 100p.
- [39] Rojas Rishi,Raghani. (2017). Desarrollo de un manual de procesos para la comprobación de inyectores common rail del motor Hyundai J3. Facultad de Mecánica Autromotriz. UIDE. Guayaquil. 77p .

-
- [40] Universidad Internacional del Ecuador Facultad de Ingeniería Automotriz.
 - [41] Laboratorio de Inyección Diesel Naval: Bosch y los sistemas "Common Rail."
 - [42] CÓDIGO P0200 (todas las marcas) | Síntomas y Soluciones.
 - [43] Scanner G-scan2 Car Test Colombia
 - [44] Manual de servicio (funcionamiento) Common Rail Denso.
 - [45] ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, 05S00047 Y 06S00387 DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION)
 - [46] Inyectores CRI y CRIN Teoria | PDF | Internal Combustion Engine | Rotating Machines.
 - [47] node js en el desarrollo web su importancia y uso actualmente.
 - [48] Todo sobre Angular, el framework de JavaScript respaldado por Google.

12.ANEXOS.

En esta parte subiré toda la evidencia que obtuve haciendo mis prácticas empresariales en el laboratorio y todo lo hecho por mi para crear el aplicativo

Presentación del proceso de calibración planteado en el aplicativo Bosch y Denso.



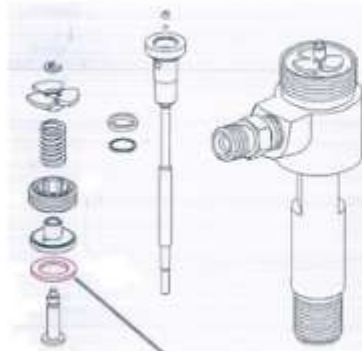
Estos ajustes se refieren a todos los inyectores con el numero 110 en su codigo y micro esfera 1.50 mm de diametro.



Injector bosch cri familia 110

Ajuste del curso de la microesfera

El curso de la microesfera es de 0,052 a 0,056 mm



Ajuste de la arandela inferior

- Armar el inyector con todos los componentes como en la imagen.
- verificar en la hoja de ruta la herramienta para el ajuste

AJUSTE DE LA PRIMERA INDUCTANCIA

la primera inductancia es con el inyector montado sin arandela y sin resorte, debe estar de 195 a 205 mH con el multímetro en la escala de 2mH



Ajuste arandela superior



AJUSTE DE LA SEGUNDA INDUCTANCIA



la segunda inductancia con los inyectores montados con arandela y con resorte es de 170 a 185 mH



Si el valor de la segunda inductancia es incorrecto comprobar el curso de la microesfera y la primera inductancia si el problema persiste sustituir la boina.

Ajuste del curso de la aguja de la tobera



El curso de la aguja de la tobera es de 0.25 a 0.30mm

1. Armar el inyector con todos los componentes como en la imagen.
2. Verificar en la hoja de ruta el ajuste de desarme y montaje la herramienta específica para el ajuste



Montaje y torques finales para comprobación

- Torque de la tuerca de la bobina 30Nm
- Torque de la tuerca hexagonal 60Nm
- Torque de la tuerca de la tobera 60Nm



Para el ajuste del inyector en el banco de prueba siempre iniciar por el ajuste del pre inyección. En primero lugar cambiar la arandela de la bobina, ajuste de 0,05 en 0,05mm, arandela menor, más pre inyección, arandela mayor, menos pre inyección.

Si no es suficiente cambiar la arandela superior, ajuste en 0,01 en 0,01mm, arandela superior menor más pre inyección, arandela superior mayor menos pre inyección.

Es posible ajustar solamente la entrega máxima cambiando la arandela chiquita que es montada entre la varilla e la tobera. Arandela menor, más entrega máxima, arandela mayor, menos entrega máxima.

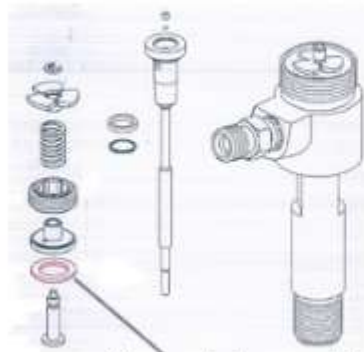
Estos ajustes se refieren a todos los inyectores con el numero 110 en su codigo y micro esfera 1.34 mm de diametro.



Inyector bosch cri familia 110
Resistencia de la boina 0.3 a 0.6 Ω

Ajuste del curso de la microesfera

El curso de la microesfera es de 0,038 a 0,042 mm



Ajuste de la arandela inferior

- Armar el inyector con todos los componentes como en la imagen.
- verificar en la hoja de ruta la herramienta para el ajuste

AJUSTE DE LA PRIMERA INDUCTANCIA



la primera inductancia es con el inyector montado sin arandela y sin resorte, debe estar de 275 a 285 mH con el multímetro en la escala de 2mH



Ajuste arandela superior



Ajuste del curso de la aguja de la tobera



El curso de la aguja de la tobera es de 0.40 a 0.45mm

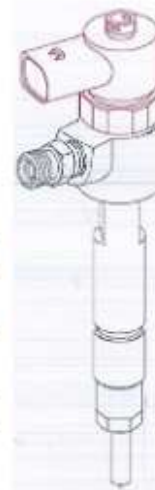
1. Armar el inyector con todos los componentes como en la imagen.
2. Verificar en la hoja de ruta el ajuste de desarme y montaje la herramienta específica para el ajuste



Montaje y torques finales para comprobación



- Torque de la tuerca de la bobina 30Nm
- Torque de la tuerca hexagonal 60Nm
- Torque de la tuerca de la tobera 60Nm



Para el ajuste del inyector en el banco de proba siempre iniciar por el ajuste del pre inyección. En primero lugar cambiar la arandela de la bobina, ajuste de 0,05 en 0,05mm, arandela menor, más pre inyección, arandela mayor, menos pre inyección. Si no es suficiente cambiar la arandela superior, ajuste en 0,01 en 0,01mm, arandela superior menor más pre inyección, arandela superior mayor menos pre inyección. Es posible ajustar solamente la entrega máxima cambiando la arandela chiquita que es montada entre la varilla e la tobera. Arandela menor, más entrega máxima, arandela mayor, menos entrega máxima.

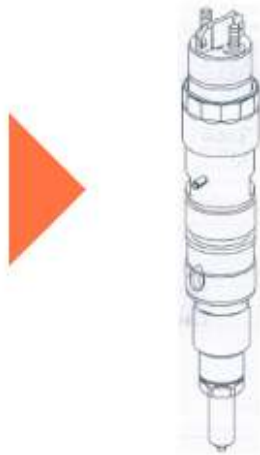
Inyectores familia 110



Son aproximadamente 240 inyectores con código 110 en su id.

- Bosch cri
- Bosch cri 1
- Bosch cri 2.0
- Bosch cri 2.1
- Bosch cri 2.5

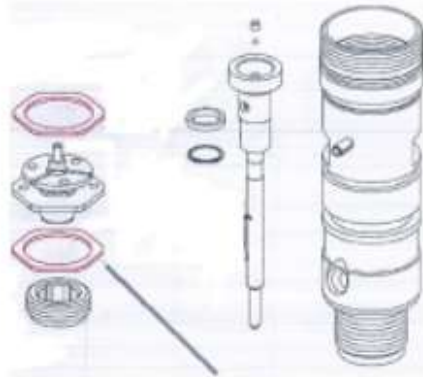
Estos ajustes se refieren a todos los inyectores con el número 120 en su código micro esfera de 1.34



Inyector bosch CRIN familia 120

Ajuste del curso de la microesfera

El curso de la microesfera es de 0,038 a 0,042 mm



- Si no se encuentra el curso de la micro esfera comprobar la folga del juego de valvulas de 0.07 a 0.11 cm para el desarme use la oja de rta del crin 1.6

Ajuste de la arandela inferior

AJUSTE DE LA PRIMERA INDUCTANCIA



la primera inductancia es con el inyector montado sin arandela y sin resorte, debe estar de 220 a 230 mH con el multmetro en la escala de 2mH y una resistencia de 0.3 a 0.6 Ω



Ajuste arandela superior



AJUSTE DE LA SEGUNDA INDUCTANCIA



la segunda inductancia es con el inyector montado con arandela y con resorte, debe ser de 195 a 205 mH



Si el valor de la segunda inductancia es incorrecto comprobar el cursor de la micro esfera y la primera inductancia si el problema persiste sustituir la boina

Ajuste del curso de la aguja de la tobera



El curso de la aguja de la tobera es de 0.25 a 0.30 mm

1. Armar el inyector con todos los componentes como en la imagen.
2. Verificar en la hoja de ruta el ajuste de desarme y montaje la herramienta específica para el ajuste



Montaje y torques finales para comprobación



- Torque de la tuerca de la bobina 30Nm
- Torque de la tuerca hexagonal 60Nm
- Torque de la tuerca de la tobera 60Nm



Para el ajuste del inyector en el banco de prueba siempre iniciar por el ajuste del pre inyección. En primero lugar cambiar la arandela de la bobina, ajuste de 0,05 en 0,05mm, arandela menor, más pre inyección, arandela mayor, menos pre inyección. Si no es suficiente cambiar la arandela superior, ajuste en 0,01 en 0,01mm, arandela superior menor más pre inyección, arandela superior mayor menos pre inyección. Es posible ajustar solamente la entrega máxima cambiando la arandela chiquita que es montada entre la varilla e la tobera. Arandela menor, más entrega máxima, arandela mayor, menos entrega máxima.

Inyectores familia 120



Son aproximadamente 240 inyectores con código 120 en su id.

- Bosch CRIN 1
- Bosch CRIN 1.6
- Bosch CRIN 2 normal y con conector
- Bosch CRIN 3 normal y con conector
- Bosch CRIN 3.3 normal y con conector

Estos ajustes se refieren a todos los inyectores con
Resistencia electrica entre 0.9 a 1.2 Ohms



Injector Denso X2,G2s,G3s.

AJUSTE DE LA PRIMERA INDUCTANCIA



La inductancia con el inyector montado con
arandela y con resorte es de 540 a 610 mH con el
multimetro en escala 2mH



Ajuste arandela mayor



Estos ajustes se refieren a todos los inyectores con Resistencia electrica entre 0.3 a 0.6 omhs



Injector Denso X2,G2s,G3s.

AJUSTE DE LA PRIMERA INDUCTANCIA



La inductancia con el inyector montado con arandela y con resorte es de 300 a 350 mH con el multmetro en escala 2mH



Ajuste arandela mayor



Montaje y torques finales para estos inyectores con resistencia electrica



- Torque de la tuerca de la bobina 30Nm
- Torque de la tuerca hexagonal 50Nm
- Torque de la tuerca de la tobera 80Nm

Test de inyección para inyectores Denso en banco de pruebas para base de datos del aplicativo.

Test de inyección Denso G25 095000-6366			Test de inyección Denso G25 095000-6366			Test de inyección Denso G25 095000-6366		
Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector
Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	10.08	Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	21.40	Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	15.91
Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	84.80	Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	16.21	Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	72.68
Retorno (R)	10.00 - 100.00	45.21	Retorno (R)	10.00 - 100.00	53.98	Retorno (R)	10.00 - 100.00	52.33
Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	25.36	Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	42.18	Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	25.47
Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	9.02	Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	65.83	Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	7.60
Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	4.81	Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	12.96	Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	4.42

Test de inyección Denso G25 095000-6366			Test de inyección Denso G25 095000-6366			Test de inyección Denso G25 095000-6366		
Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector
Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	17.54	Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	18.44	Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	9.25
Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	82.44	Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	118.65	Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	77.68
Retorno (R)	10.00 - 100.00	51.98	Retorno (R)	10.00 - 100.00	58.70	Retorno (R)	10.00 - 100.00	31.25
Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	43.45	Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	36.29	Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	30.51
Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	9.20	Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	7.09	Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	5.58
Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	5.28	Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	3.40	Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	4.76

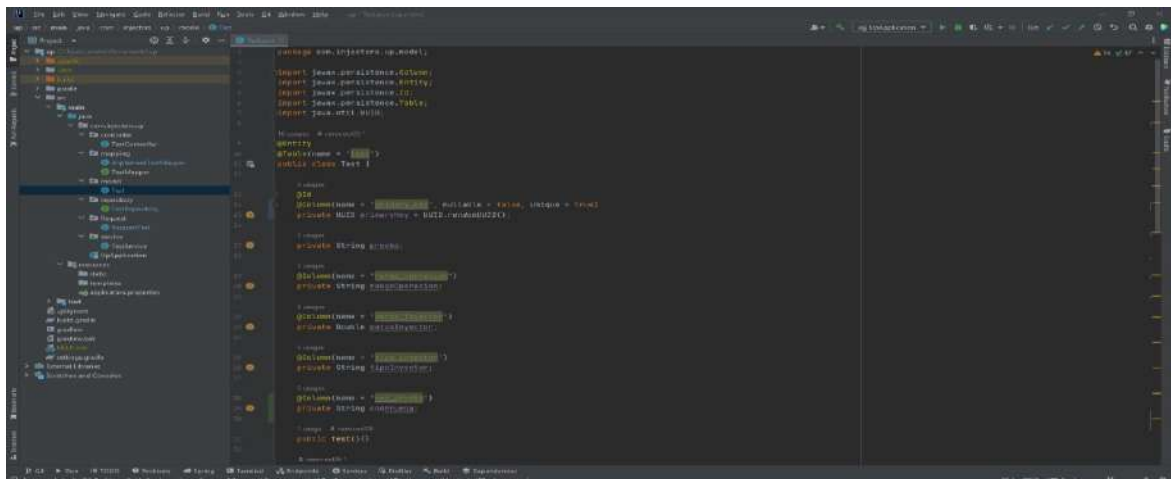
Test de inyección Denso G25 095000-6366			Test de inyección Denso G25 095000-6366			Test de inyección Denso G25 095000-6366		
Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector
Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	17.54	Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	18.44	Limpieza (LEAK)	5.00 - 35.00	9.25
Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	82.44	Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	118.65	Entrega (VLI)	94.31 - 111.59	77.68
Retorno (R)	10.00 - 100.00	51.98	Retorno (R)	10.00 - 100.00	58.70	Retorno (R)	10.00 - 100.00	31.25
Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	43.45	Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	36.29	Emisiones (EM)	25.60 - 34.40	30.51
Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	9.20	Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	7.09	Mínimo (LL)	9.20 - 14.80	5.58
Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	5.28	Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	3.40	Preinyección (VE)	3.40 - 7.60	4.76

Test de inyección para inyectores Bosch en banco de pruebas para base de datos del aplicativo.

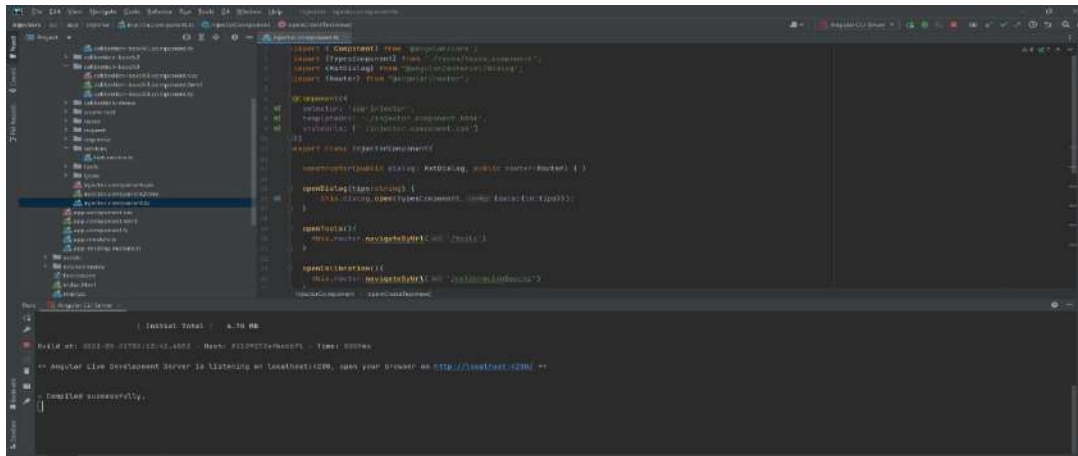
Test de inyección Bosch CRI 2.1 0445120289			Test de inyección Bosch CRI 2.0 04451160284			Test de inyección Bosch CRI 2.2 0445116001		
Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector
Fugas (LEAK)	0.00 - 70.00	18.33	Fugas (LEAK)	0.00 - 70.00	18.33	Fugas (LEAK)	0.00 - 70.00	22.95
Entrega (VLI)	139.60 - 160.60	111.26	Entrega (VLI)	139.60 - 160.60	53.45	Entrega (VLI)	139.60 - 160.60	63.98
Retorno (R)	10.00 - 80.00	49.46	Retorno (R)	10.00 - 80.00	34.62	Retorno (R)	10.00 - 80.00	44.90
Emisiones (TL)	28.70 - 45.70	13.99	Emisiones (TL)	28.70 - 45.70	6.93	Emisiones (TL)	28.70 - 45.70	47.23
Mínimo (LL)	9.80 - 21.80	5.58	Mínimo (LL)	9.80 - 21.80	3.10	Mínimo (LL)	9.80 - 21.80	8.26
Preinyección (VE)	0.31 - 4.89	4.38	Preinyección (VE)	0.31 - 4.89	2.07	Preinyección (VE)	0.31 - 4.89	5.90
Limpieza (CLEAN)	0.00 - 200.00	34.28	Limpieza (CLEAN)	0.00 - 200.00	32.21	Limpieza (CLEAN)	0.00 - 200.00	29.27

Test de inyección Bosch CRI 2.1 0445110634			Test de inyección Bosch CRI 2.1 0445110794			Test de inyección Bosch CRI 2.1 0445120075		
Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector	Prueba	Rango de operación	Datos del inyector
Fugas (LEAK)	0.00 - 70.00	60.07	Fugas (LEAK)	0.00 - 70.00	7.38	Fugas (LEAK)	0.00 - 70.00	21.31
Entrega (VLI)	139.60 - 160.60	33.27	Entrega (VLI)	139.60 - 160.60	46.90	Entrega (VLI)	139.60 - 160.60	101.87
Retorno (R)	10.00 - 80.00	49.46	Retorno (R)	10.00 - 80.00	21.79	Retorno (R)	10.00 - 80.00	23.76
Emisiones (TL)	28.70 - 45.70	13.99	Emisiones (TL)	28.70 - 45.70	13.26	Emisiones (TL)	28.70 - 45.70	21.80
Mínimo (LL)	9.80 - 21.80	5.58	Mínimo (LL)	9.80 - 21.80	4.19	Mínimo (LL)	9.80 - 21.80	3.80
Preinyección (VE)	0.31 - 4.89	4.38	Preinyección (VE)	0.31 - 4.89	0.70	Preinyección (VE)	0.31 - 4.89	1.46
Limpieza (CLEAN)	0.00 - 200.00	34.82	Limpieza (CLEAN)	0.00 - 200.00	26.27	Limpieza (CLEAN)	0.00 - 200.00	43.20

Códigos usados para la creación del Aplicativo java (SpringBoot)



Códigos usados para la creación del Aplicativo Angular y sus componentes del proyecto.



```
import { Component } from '@angular/core';
import { HttpClient } from '@angular/common/http';
import { Router } from '@angular/router';

@Component({
  selector: 'app-root',
  templateUrl: './app.component.html',
  styleUrls: ['./app.component.css']
})
export class AppComponent {
  title = 'aplicacion-angular';

  constructor(private http: HttpClient, private router: Router) {}

  ngOnInit(): void {
    this.http.get('http://localhost:3000/api/tipos').subscribe(
      (data) => {
        console.log(data);
      }
    );
  }
}
```

Imágenes tomadas como comprobante de las practicas echas

Inyectores Bosch CR11



Inyectores Bosch CRIN 1,6 Y CRIN 3.0



Inyectores Bosch CRI 2.5



Injectores Bosch 2.1



T-TEX CRI medidor de corriente y voltaje



Inyectores Denso G2S EURO 3



Banco de pruebas CRI



Inyectores Denso G3S, G4S, e inyector G2S instalado en el banco de pruebas



Inyector Denso y herramientas de ajuste y calibración



Diagnóstico del banco de pruebas echo al inyector Denso G2S



Diagnóstico del banco de pruebas echo al inyector Denso G3S



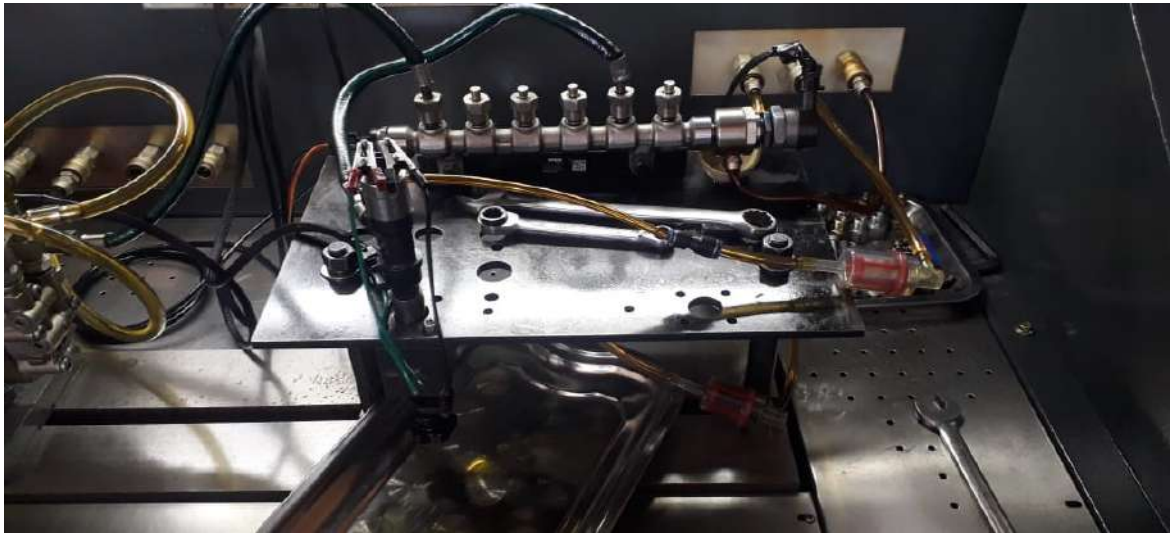
inyector Delphi Armado y su despiece



Desgaste en la válvula de la microesfera inyector Bosch CRI 2.5



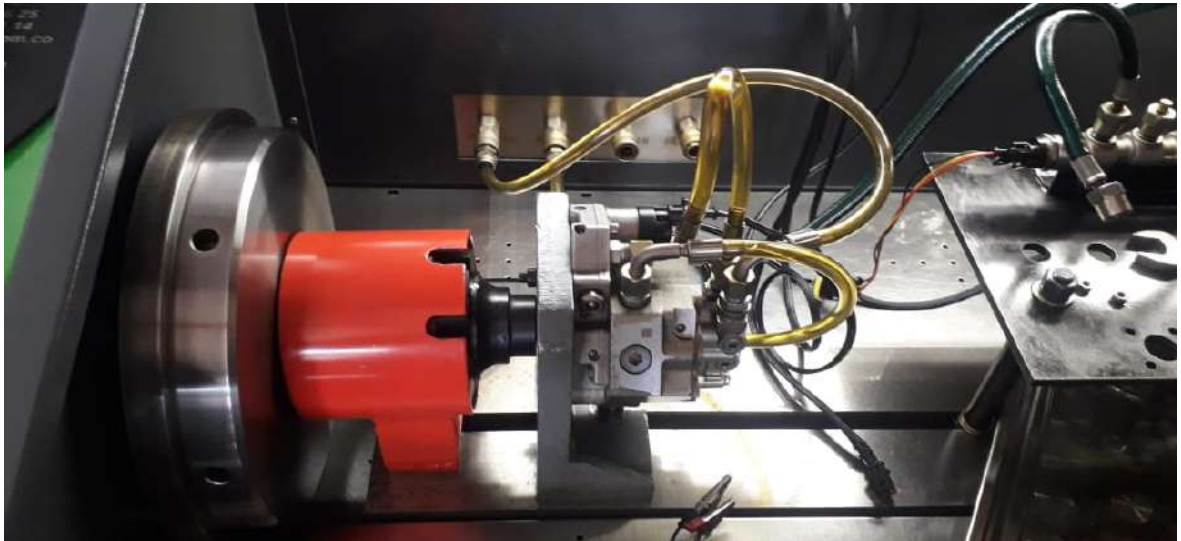
Partes del banco de prueba, riel común e inyector



Fase 3 y calibrador de caudal de inyectores Carbon Zab



Bomba de inyección banco de pruebas



Common Rail Banco de pruebas



Tobera o Aguja de la Tobera Bosch desgastada



Herramientas de ajuste y calibración de inyectores.



Injectores Denso G3S despiece



Desgaste en la punta de la tobera y eje



Toberas Denso nuevas

