

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Tema:

Estudio de caudal y retorno en diferentes inyectores CRDI.

Israel Guerra

Paul Loachamin

Javier Gomez

Director:

Ing. Miguel Granja

Quito, julio de 2017

CERTIFICADO

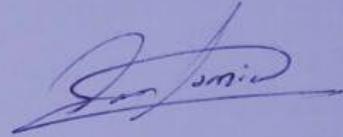
Yo, José Israel Guerra Naranjo, Geovanny Paul Loachamin Paucar, Byron Javier Gómez Figueroa declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o certificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según los establezca en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



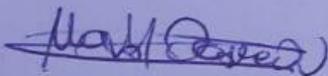
José Israel Guerra Naranjo

CI. 1716964497



Geovanny Paul Loachamin Paucar

CI. 1715109482

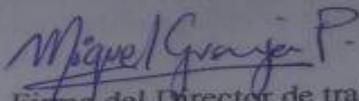


Byron Javier Gómez Figueroa

CI. 1722497870

Certificado

Yo, Ing. Miguel Granja, certifico que, conozco a los Señores José Israel Guerra Naranjo, Geovanny Paul Loachamin Paucar, Byron Javier Gómez Figueroa, son los autores del presente trabajo, siendo el responsable tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.



Firma del Director de trabajo de grado.

Ing. Miguel Granja

DEDICATORIA

A Dios quien abrió las puertas para poder estudiar siempre fue quien me dio las fuerzas y me levantaba para no desmayar porque preparo todo en tu tiempo para poder culminar con mi profesión, a pesar de las adversidades siempre vi su mano en mi vida nunca me dejo ahí sino que siempre lleno mi copa cuando estaba vacía, recogió mis lágrimas y me daba de su amor para culminar mis estudios.

A mis hermanos quienes veían las maneras de apoyarme para poder seguir adelante, a mi hermano David quien me dio la patadita para poder seguir con mi carrera sus consejos y aprendizajes a través del tiempo que permanecí en la UIDE y siempre me decía dale termina que después valdrá la pena el sacrificio que se ha hecho hasta hoy.

A mi abuelo Cesar Naranjo que desde niño solía decirme mijo estudia tu que tienes la oportunidad de hacerlo y los recursos para prepararte una frase de él que siempre la llevo presente es “FUI EL MEJOR EN MI CLASES RESULTARIA BUENO ENVIARLE A LA SECUNDARIA PERO NO TUVE LOS RECURSOS PORQUE ERA POBRE” y no puedo olvidarme del amor de mi vida mi Beatriz Yépez “Bachita” que siempre que la llamaba me decía mi ingeniero ya mismo culminas dale se fuerte confía en Dios que te ayudara en todo siempre fe en el la perdí muy pronto porque ya descansa en el Señor Jesucristo pero sé que desde el cielo vio a uno de sus nieto culminando su meta que desde niño lo quería la extraño con mi vida pero sé que ella estará orgullosa de mi la amo mama Bachita y gracias por siempre enseñarme a ser hombre de bien.

JOSE ISRAEL GUERRA NARANJO

AGRADECIMIENTO

La culminación de este proyecto va con agradecimiento a Dios que me ha dado, a mi abuelo y sobre todo a mi abuela que desde el cielo sé que estará viendo la culminación de una parte muy importante en mi vida quien ha sido el motor para conseguir una meta que sé que estaría orgullosa por alcanzar todas las metas que me propuse.

Mi agradecimiento sincero con la Universidad internacional del Ecuador quien abrió las puertas de sus instalaciones para acogerme y durante el tiempo que estuve ahí, aprendí principios y valores que me han ayudado a ser una gran persona y competitivo con la sociedad

Al Ing. Miguel Granja docente de la Universidad Internacional del Ecuador decirle que gracias por las paciencia, los conocimientos, los consejos por la guía que me brindo para poder culminar con este proyecto.

A mi padre José Guerra y mi madre Marlene Naranjo que desde niño me forjaron para ser un profesional hombre de bien por sus consejos a lo largo de mi vida como estudiante por las guías, el apoyo que recibí de ellos para poder ser lo que hoy en día he conseguido la terminación de este proyecto va dedica a ellos que los amo con toda mi vida.

JOSE ISRAEL GUERRA NARANJO

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyectos planteados, agradezco a mi madre por su amor incondicional y a quien debo mis bases morales y éticas por ser siempre mi apoyo e inspiración para seguir siempre adelante, a mis primas por ser siempre mi apoyo, y a mis profesores por mi formación académica

A la Universidad Internacional del Ecuador por labrar en este camino de lucha y constancia, con conocimientos impartidos por profesores muy profesionales que más que docentes han sido amigos.

Paul Loachamin

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a **Martina** mi madre que me inculco el valor del respeto la constancia y sobre todo ser muy responsable, sus consejos me ayudaron a no desmayar y culminar con este trabajo de grado. A mis primas que siempre estuvieron con sus consejos y su apoyo incondicional.

A mis grandes amigos que me dejo esta noble institución, Universidad Internacional del Ecuador que pese a las dificultades que se presentaron en el camino pudimos superarlos.

Paul Loachamin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por cuidarme siempre y permitirme culminar esta meta en mi vida.

A mi Padre por su educación, paciencia y constancia, por empujarme a ser siempre mejor y no dejarme derrotar.

A mi Madre por su cariño infinito y su apoyo en todo momento, por enseñarme a ser una mejor persona cada día.

A mi sobrino Danielito por ser un oasis de felicidad y por su amor incondicional.

A mi novia Silvia por ser una gran mujer, por caminar a mi lado y apoyarme en cada uno de mis objetivos, por compartir mis sueños, te amo.

A mis amigos Edwin y Nicole, que siempre tuvieron una mano extendida cuando la necesite, y me han brindado su amistad y su ayuda desinteresadamente, sin ustedes esto no hubiera sido posible.

A mi abuelita Gloria, gracias por todo el amor que me diste, fuiste una madre más para mí, siempre estarás a mi lado.

DEDICATORIA

Es mi deseo sincero dedicar el presente trabajo como sencillo gesto de gratitud a todos y cada uno de quienes han aportado de alguna manera para mi formación profesional. A Dios por ser parte de mi vida y por su amor infinito, a mi Universidad por acogerme y formarme con base en valores morales y éticos, a mis profesores por su gran vocación de enseñanza y profesionalismo, a mis compañeros y amigos que han compartido conmigo el camino hasta alcanzar nuestra meta, a mi familia por ser un apoyo fundamental, por su amor y paciencia.

Estudio de caudal y retorno en diferentes inyectores CRDI

José Israel Guerra Naranjo¹, Geovanny Paul Loachamin Paucar², Byron Javier Gómez Figuera³

¹Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, joguerrana@internacional.edu.ec, Quito, Ecuador

²Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, geloachaminpa@internacional.edu.ec, Quito, Ecuador

³Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, bygomezfi@internacional.edu.ec, Quito, Ecuador

RESUMEN

En el funcionamiento de un motor a diésel la combustión es realizada al inyectar una cierta cantidad de combustible pulverizado por medio de inyectores con una alta presión que llega a los cilindros en el cual está el aire comprimido a una alta presión lo cual crea alta temperatura y permite que la mezcla se encienda. El sistema CRDI (Common-Rail) fue desarrollado por Magneti Marelli y Fiat en los años 90s, pero termino industrializado por la marca automotriz Bosch. Desde su creación se ha ido implementando en varios motores a diésel gracias a su fácil integración. La integración de este sistema da muy buenos resultados como una mayor suavidad de funcionamiento el cual ha incrementado el par a un 50% a bajas revoluciones, un aumento de potencia de un 25% y una reducción de consumo de combustible en un 20%. Lo que realmente hace relucir este sistema es la posibilidad de cumplir con las actuales y futuras reglamentaciones ambientales las cuales son muy restrictivas respecto a las partículas emitidas como son: Hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxidos de carbono.

Palabras claves: CRDI, inyectores, diésel, caudal.

ABSTRACT

In the operation of a diesel engine, the combustion is carried out by injecting a certain amount of pulverized fuel by injectors with a high pressure that reaches the cylinders in which the compressed air is at a high pressure, which creates high temperature and allows the mix to turn on. The CRDI (Common Rail) system was developed by Magnetic Marelli and Fiat in the 90s, but ended industrialized by the automotive brand Bosch. Since its inception, it has been implemented in several diesel engines thanks to its easy integration. The integration of this system gives very good results as a greater smoothness of operation which has increased the torque to 50% at low revs, a power increase of 25% and a reduction of fuel consumption by 20%. What really brings out this system is the possibility of complying with current and future environmental regulations which are very restrictive with respect to emitted particles such as: Hydrocarbons, nitrogen oxides and carbon monoxides.

INTRODUCCION

Los motores a diésel siempre han tenido un menor consumo que sus homólogos de gasolina y lanzan a la atmosfera una menor cantidad de gases contaminantes.

Estos aspectos han hecho que los motores a diésel soporten sin modificaciones las crisis petroleras y con esto han ido mejorando su rendimiento con mejoras de materiales y mecanismos nuevos los cuales incrementan potencia, par y reducen gases contaminantes.

En los motores a diésel siempre funcionan con un exceso de aire, si este exceso disminuye las emisiones de hollín incrementarían.

Los motores a diésel siempre dan un mejor rendimiento, son económicos y poco contaminantes. En la actualidad los motores a diésel a diferencia de los antiguos motores a diésel los cuales eran ruidosos y humeantes, aportan algunas ventajas como son: más silencioso, económicos, limpios, rápidos y seguros.

El presente proyecto analiza las condiciones de caudal y retorno de los inyectores bajo las condiciones de trabajo del motor diésel.

MARCO TEÓRICO

El sistema Common Rail (riel común) es un sistema en el cual el diésel, es aspirado directamente del tanque de combustible a una bomba de alta presión la cual envía el combustible a un conducto común el cual reparte el combustible a todos los inyectores y a su vez estos descargan el combustible a altas presiones directamente en los cilindros. Este sistema envía el combustible logrando una mayor pulverización la cual es mucho mejor para el rendimiento del motor a comparación de los otros sistemas.

La mayor pulverización de este sistema logra que la inflamación de la mezcla sea instantánea, para esto los inyectores son fabricados con orificios de un diámetro mucho más pequeño lo que esto produce será el incremento de presión.

Los sistemas electrónicos como sensores, miden en un intervalo de tiempo va velocidad angular del motor (RPM), su temperatura, la presión, la temperatura del aire en el múltiple de admisión y la posición del árbol de levas.

Todo esto es enviado a la ECU (Engine Control Unit) en donde la información es digitalizada o cual permite que sean procesadas para dar señales a los actuadores encargados de inyectar el combustible controlando el retraso o adelanto de la inyección.

Estructura del sistema CRDI.

Bomba eléctrica de baja presión, encargada de proporcionar combustible a una presión baja desde el tanque de almacenamiento como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Bomba de alimentación [2]

La bomba de alta presión, es la encargada de suministrar a una alta presión el combustible que viene de la bomba eléctrica al sistema, como se observa en la figura 2.



Figura 2. Bomba de alta presión [3]

Regulador de presión, es el encargado de regular la presión con la que continuará su trayectoria el combustible por todo el sistema (figura 3)



Figura 3. Acumulador común. [2]

El riel de inyectores, desempeña la función de albergar presión y ser el centro de distribución de combustible para los inyectores, como se observa en la figura 4.

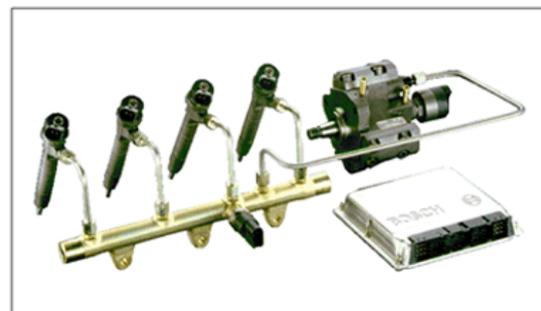


Figura 4. Inyectores según el número de cilindros. [4].

El inyector, cumple la tarea de inyectar partículas de combustible, según las partículas de aire que sean admitidas.

Definición y funcionamiento general del sistema CRDI.

El sistema de inyección a diésel CRDI, es un sistema integrado por diferentes elementos fundamentales que cumplen una acción determinada para el funcionamiento óptimo del motor, entre los más importantes la bomba de alta presión, la cual se encarga de proporcionar combustible al conducto común, en el cual se encuentran canales transversales con un diámetro mucho menor al del conducto, y por el cual desarrolla su última trayectoria el combustible. Cabe recalcar que la presión con la que emite el combustible la bomba suele ser de entre 300 y 2000 bares, la cual es abismalmente diferente a la presión de un motor a gasolina tomando en cuenta que usualmente es de hasta 0,3 bares.

En el sistema CRDI es imprescindible hacer hincapié en el diseño del conducto común y de sus canales transversales, el diámetro del conducto común es mucho

mayor al de sus canales transversales, este motivo se basa en una buena razón, la cual demuestra el alza de presión de combustible que existe en el traspaso del mismo a los canales ya que su presión se incrementa directamente si es que disminuye la apertura de entrada.

Una vez que el combustible llega con una altísima presión mediante los canales a los inyectores, estos se encargan de pulverizar el mismo convirtiendo partículas mínimas a través de diminutas toberas que poseen un diámetro despreciable, lo cual provoca un efecto lucrativo para el proceso de combustión del motor.

El sistema CRDI realiza tres tipos de inyecciones, la inyección previa que consiste en la emisión de un pequeño caudal de diésel de hasta 4 milímetros cúbicos, obteniendo varios beneficios como la reducción del ruido de combustión, disminución de consumo de combustible y en muchos casos de gases contaminantes.

Su segunda inyección es la principal, la cual al poseer una presión constante es personaje principal de la generación del par motor.

Finalmente, la inyección posterior, la cual sigue a la inyección principal durante el tiempo de explosión, hasta 200 ° C, después del punto muerto superior. Este combustible sirve como elemento catalítico en los sistemas catalizadores de los motores contemporáneos diseñados para cumplir con estrictas normativas medioambientales (EURO).

Regulación de la presión en los Sistemas CRDI:

Existen dos tipos de regulaciones en el sistema de inyección dieses CRDI.

Regulación en el lado de alta presión.

Se regula la presión deseada mediante una válvula reguladora de presión del lado de alta presión. El combustible innecesario para la inyección circula al circuito de baja presión a través de la válvula reguladora de presión. Esta regulación nos permite obtener una rápida adaptación de la presión existente en el conducto común en caso de modificación del momento de servicio.

La regulación del lado de alta presión se utilizó en los primeros sistemas de common rail (riel común). La válvula reguladora de presión se encuentra

montada con más frecuencia en el riel de alta presión, en algunas aplicaciones directamente en la bomba de alta presión.

Regulación de caudal del lado de aspiración.

La unidad de dosificación bridada a la bomba de alta presión permite que la bomba suministre al conducto común el caudal de combustible exactamente necesario para mantener la presión de inyección precisa para el sistema. Una válvula limitadora de presión evita que se produzca un incremento inadmisibles de la presión del conducto común en caso de avería.

Con la regulación de caudal del lado de aspiración es menor el volumen de combustible a alta presión, y con ello también el consumo de potencia de la bomba. Esto tiene efectos positivos en el consumo de combustible. Al mismo tiempo se reduce la temperatura del combustible en comparación con la de la regulación en el lado de alta presión.

Los inconvenientes de los motores diésel, se han resuelto con la inyección electrónicamente controlada que ofrece el sistema CRDI, pues este sistema

mantiene los valores de presión prácticamente iguales haciendo que la forma de su diagrama presión tiempo como se muestra en la figura 5.

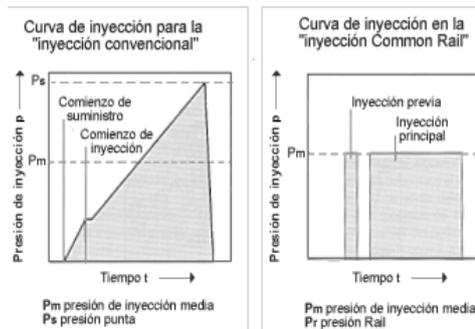


Figura 5. Diagrama presión-tiempo

La forma rectangular presente en el diagrama presión-tiempo, asegura que no habrá teóricamente desbalances entre presión media y presión real, además que ésta no variará ante cualquier régimen de velocidad de giro del motor (RPM).

Todas estas mejoras se traducen en una mayor flexibilidad y control de la inyección de combustible, y por ende: aumento del par motor y de la potencia, reducción del consumo de combustible, reducción de las emisiones contaminantes, reducción del ruido del motor en general y mejora en la facilidad de conducción.

INYECTOR ELECTRÓNICO.

En el sistema Common Rail, la generación y la inyección de presión se realizan por separado, lo que significa que el combustible está siempre disponible y en la presión necesaria para su inyección

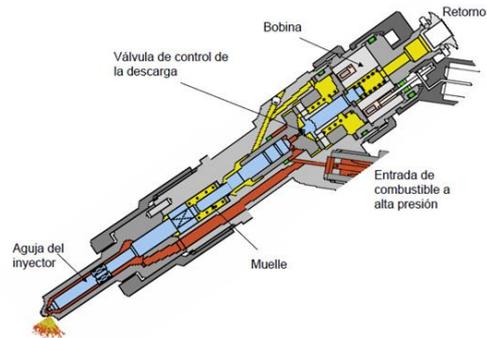


Figura 6. Inyector con bobina [4]

En la figura 6, se observa la estructura de un inyector con bobina y sus partes son las siguientes:

- 1.- Retorno de combustible
- 2.- Conexión eléctrica
- 3.- Electroválvula
- 4.- Muelle
- 5.- Bola de válvula
- 6.- Estrangulador de entrada
- 7.- Estrangulador de salida
- 8.- Embolo de control de válvula
- 9.- Canal de afluencia

10.- Aguja del inyector

11.- Entrada de combustible

12.- Cámara de control

Al iniciar el proceso el combustible a alta presión procedente del riel luego ingresa por "11" al interior del inyector para seguir por el canal de fluencia "9" hacia la aguja del inyector "10", así mediante el estrangulador de entrada "6" hacia la cámara de control "12". La cámara de control "12" está unida con el retorno de combustible "1" a través del estrangulador de salida "7" y la electroválvula "3".

Cuando la electroválvula "3" no está en funcionamiento el combustible que hay en la cámara de control "12" al no poder salir por el estrangulador de salida "7"; Se presiona sobre el embolo de control "8" que a su vez ajusta la aguja del inyector "10" contra su asiento por lo que no deja salir combustible y como resultado no se produce la inyección.

Cuando la electroválvula esta activada permite que el paso libre al combustible que hay en la cámara de control. El combustible deja de accionar sobre el embolo para irse por el estrangulador de

salida hacia el retorno de combustible "1" a través de la electroválvula. Mediante la aguja del inyector al disminuir la fuerza del embolo que presiona contra el asiento del inyector, es empujada hacia arriba por el combustible que la rodea por lo que se produce la inyección.

Como se ve la electroválvula no trabaja directamente en la inyección a lo contrario sirve de un servomecanismo hidráulico el cual está encargado de generar la suficiente fuerza para mantener cerrada la válvula del inyector y permitir la presión que se ejerce sobre la aguja que la mantiene pegada a su asiento.

El caudal de combustible utilizado para las labores de control dentro de cada inyector permite el retorno al depósito de combustible mediante el estrangulador de salida, la electroválvula y el retorno de combustible "1". Además del caudal de control existen caudales de fuga en el alojamiento de la aguja del inyector y del embolo. Estos caudales de control y de fugas son conducidos otra vez al depósito de combustible, mediante el retorno de combustible "1" con una tubería colectiva a la que están

colocados todos los inyectores y también la válvula reguladora de presión.

INYECTOR PIEZOELECTRICO

El principio de funcionamiento del inyector está basado en el efecto piezoeléctrico inverso. Dicho efecto consiste en aplicar tensión eléctrica a un conjunto de placas cristalinas, elemento piezoeléctrico -cuarzo o turmalina-, provocando de esta manera una dilatación del mismo. Al dilatarse se inicia el proceso hidráulico dentro del inyector, en la figura 7, se muestra la estructura de un inyector piezoeléctrico.

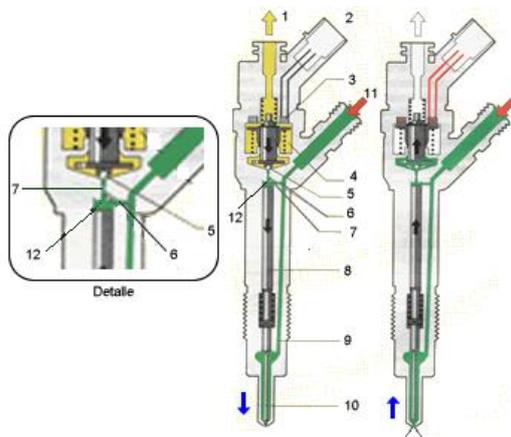


Figura 7. Estructura de un inyector piezoeléctrico. [5]

Con los inyectores piezoeléctricos es posible controlar de una forma más flexible y exacta las fases y cantidades de inyección. Al aplicar una tensión de aproximadamente de 70 voltios sobre

las placas del dispositivo piezoeléctrico, el mismo se contrae, dado que el cuarzo que esta actuado como dieléctrico tiene esta particular propiedad. La distancia entre las placas disminuye y se abre la válvula que posibilita el drenaje del diésel hacía el orificio de retorno. Pero al trabajar el dieléctrico contrayéndose genera voltaje, propiedad también del cuarzo presionado entre las placas, con lo que la tensión se eleva a unos 140 voltios, quedando este dispositivo cargado como si fuera un condensador. De esta forma se adapta el desarrollo del ciclo de la inyección a las exigencias que plantean las diferentes condiciones operativas del motor y se alcanzan las exigentes normas de emisiones gaseosas.

MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación hablaremos de los resultados que nos arrojaron las pruebas elaboradas la empresa laboratorio MANDIESEC BOSCH autorizado por la dicha empresa en máquinas BOSCH EP-200 Y 708 respectivamente de acuerdo a las nominales de cada tipo de inyector se procedió a media el retorno de cada uno de los inyectores usados en dichas maquinas comenzamos con un camión modelo MITSUBISHI FUSO

AÑO 2010 CON 400000 KM recorridos, tomamos en cuenta la serie de los inyectores que serán especificados en una tabla resumiendo los valores.

PROCESO DE MEDICION

Para la medición de los parámetros de funcionamiento del motor, se realiza el proceso descrito en la figura 8.

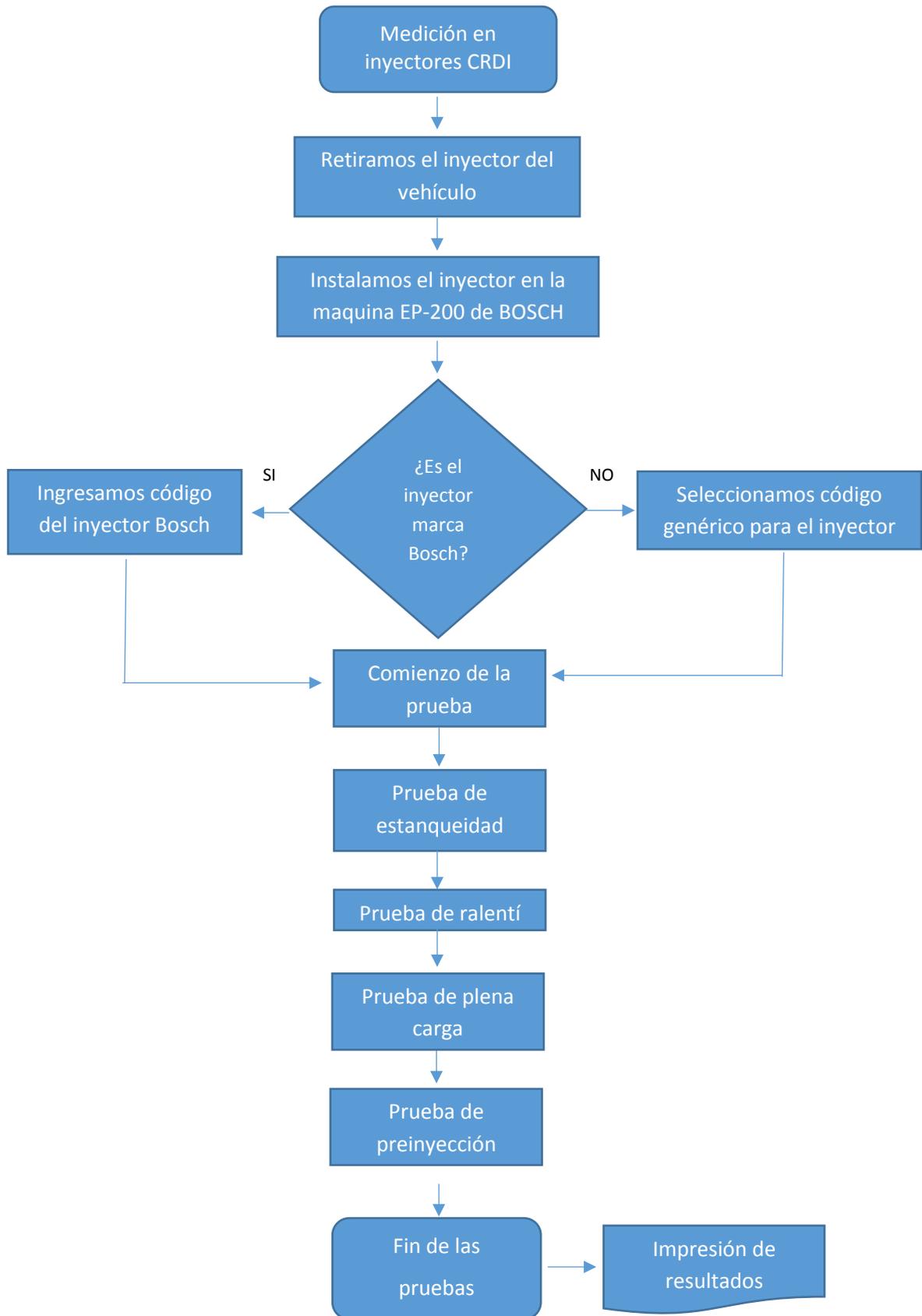


Figura 8. Proceso de medición de inyector

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

manual de referencia, respetándose las tolerancias indicadas en la tabla 7,8 y 9.

Pruebas con Inyectores Bosch

Los inyectores Bosch, al ser evaluados en una máquina de comprobación de la misma marca, nos ofrecen un valor nominal o de referencia para su análisis. Se muestran los resultados obtenidos con inyectores Bosch en las tablas 1, 2 y 3.

No.Tipo-pieza	
095000xxx_<10ohm	
Fabricante	Denso
Perfil activación	
Descripción	<1 Ohm

Inyector Common Rail

No.Tipo-pieza	0445120218
Fabricante:	Bosch
Perfil activación	28V-NA
Descripción	CRIN2

Pruebas con Inyectores Delphi

Las mediciones confirman el buen estado de los inyectores, según referencia del manual.

Las pruebas planteadas en la ficha técnica del inyector Delphi son comprobadas en el banco, las mediciones volumétricas se muestran en la tabla 4, 5 y 6.

No.Tipo-pieza	
095000xxx_<10ohm	
Fabricante	Delphi
Perfil activación	
Descripción	<1 Ohm

Pruebas con Inyectores Denso

Inyector Common Rail

Las mediciones obtenidas, en el banco, son similares a las obtenidas en el

CONCLUSIONES

- La regulación en el caudal de inyección y retorno en estos sistemas es determinante para el correcto funcionamiento del vehículo evitando así que humee excesivamente y que pierda potencia.
- Un motor a diésel con sistema de inyección CRDI es mucho más beneficioso que un motor a gasolina ya que gracias a sus tres inyecciones realizadas permite abaratar los costos de combustible y reducir la emisión de gases contaminantes.
- Con este análisis determinamos que los inyectores de diferentes fabricantes que fueron sometidos a pruebas, trabajan en un rango similar de caudal de inyección y de retorno.
- Mediante este análisis del sistema de inyección diésel CRDI estudiamos a profundidad el funcionamiento tanto mecánico como electrónico del mismo, de esta forma en un futuro seguir optimizándolo, logrando así mayor eficiencia en el funcionamiento del motor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Autofácil. (2003). Alfa Romeo 156 JTD 16v Distinctive. *Autofacil* .
2. Autoviva.com. (2010). *Autoviva.com*. Recuperado el 16 de Febrero de 2017, de http://www.autoviva.com/fiat_croma_2_0_tdi/version/6256
3. Mecánica Aplicada. (2014). *aficionadosalamecanica.net*. Recuperado el 16 de Febrero de 2017, de http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail1.htm
4. Reveco, L. (3 de Octubre de 2012). *Sistemas auxiliares*. Recuperado el 16 de Febrero de 2017, de <http://sistemas-auxiliares.blogspot.com/>
5. Cadena, F. A. (2013). *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel CRDI para la escuela de Ingeniería Automotriz* . Riobamba .

ANEXOS

Pruebas con Inyectores Bosch

Inyector 1								
Tipo de Prueba	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm ³ /H)		Caudal de retorno (mm ³ /H)		Evaluacion
				Valor nominal	Valor real	Valor nominal	Valor real	
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160				37,5 \pm 37,5	30,45	ok
Plena carga	2200	160	90	315,7 \pm 12,9	317,5	47,5 \pm 37,5	55,5	ok
Preinyeccion	900	100	40	87,9 \pm 11,7	85,4			
Relanti	800	25	40	5,7 \pm 3,5	4,39			
Emisiones	250	100	40	2,8 \pm 2,3	2,56			

Tabla 1

Fuente: Autores

Inyector 2								
Tipo de Prueba	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm ³ /H)		Caudal de retorno (mm ³ /H)		Evaluacion
				Valor nominal	Valor real	Valor nominal	Valor real	
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160				37,5 \pm 37,5	24,94	ok
Plena carga	2200	160	90	315,7 \pm 12,9	313,21	47,5 \pm 37,5	55,22	ok
Preinyeccion	900	100	40	87,9 \pm 11,7	84,83			
Relanti	800	25	40	5,7 \pm 3,5	4,75			
Emisiones	250	100	40	2,8 \pm 2,3	2,56			

Tabla 2

Fuente: Autores

Inyector 3								
Tipo de Prueba	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm ³ /H)		Caudal de retorno (mm ³ /H)		Evaluacion
				Valor nominal	Valor real	Valor nominal	Valor real	
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160				37,5 \pm 37,5	17,86	ok
Plena carga	2200	160	90	315,7 \pm 12,9	305,76	47,5 \pm 37,5	52,25	ok
Preinyeccion	900	100	40	87,9 \pm 11,7	86,5			
Relanti	800	25	40	5,7 \pm 3,5	4,27			
Emisiones	250	100	40	2,8 \pm 2,3	2,08			

Tabla 3

Fuente: Autores

Pruebas con Inyectores Delphi

DELPHI								
Tipo de Prueba Inyector 4	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm3/H)		Caudal de retorno (mm3/H)	Evaluacion	
				VN(mm3/h)	VR(mm3/h)	VN(mm3/h)	VR(mm3/h)	
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160	120			35+35	32,5	OK
Carga completa	800	160	90		112,35			
Relanti	750	25	40		6,45			
Inyeccion previa	300	80	40		4,69			

Tabla 4

Fuente: Autores

DELPHI								
Tipo de Prueba Inyector 5	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm3/H)		Caudal de retorno (mm3/H)	Evaluacion	
				VN(mm3/h)	VR(mm3/h)	VN(mm3/h)	VR(mm3/h)	
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160	120			35+35	29,65	OK
Carga completa	800	160	90		114,69			
Relanti	750	25	40		8,65			
Inyeccion previa	300	80	40		6,34			

Tabla 5

Fuente: Autores

DELPHI								
Tipo de Prueba Inyector 6	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm3/H)		Caudal de retorno (mm3/H)	Evaluacion	
				VN(mm3/h)	VR(mm3/h)	VN(mm3/h)	VR(mm3/h)	
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160	120			35+35	28,31	OK
Carga completa	800	160	90		107,56			
Relanti	750	25	40		7,65			
Inyeccion previa	300	80	40		5,98			

Tabla 6

Fuente: Autores

Pruebas con Inyectores Denso

DENSO							
Tipo de Prueba Inyector 1	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm ³ /H)		Caudal de retorno (mm ³ /H)	Evaluacion
				VN(mm ³ /h)	VR(mm ³ /h)	VN(mm ³ /h)	VR(mm ³ /h)
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160	120			35+35	26,3 OK
Carga completa	880	160	90		114,02		
Relanti	850	25	40		7,56		
Inyeccion previa	360	80	40		5,93		

Tabla 7

Fuente: Autores

DENSO							
Tipo de Prueba Inyector 2	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm ³ /H)		Caudal de retorno (mm ³ /H)	Evaluacion
				VN(mm ³ /h)	VR(mm ³ /h)	VN(mm ³ /h)	VR(mm ³ /h)
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160	120			35+35	25,41 OK
Carga completa	880	160	90		115,92		
Relanti	850	25	40		7,92		
Inyeccion previa	360	80	40		5,35		

Tabla 8

Fuente: Autores

DENSO							
Tipo de Prueba Inyector 3	Duracion de activacion (μ s)	Presion (Mpa)	Tiempo de medicion (s)	Caudal de inyeccion (mm ³ /H)		Caudal de retorno (mm ³ /H)	Evaluacion
				VN(mm ³ /h)	VR(mm ³ /h)	VN(mm ³ /h)	VR(mm ³ /h)
Leak test (alta presion, sin corriente)	0	160	120			35+35	22,51 OK
Carga completa	880	160	90		109,63		
Relanti	850	25	40		8,89		
Inyeccion previa	360	80	40		5,89		

Tabla 9

Fuente: Autores

