

ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIÉSEL CRDI DE LAS MARCAS DENSO Y DELPHI

Passo G. Rodrigo¹, Ulcuango M. Carlos², Toapanta T. Carmen³ y Luna V. Lisbeth⁴

{rodmpg19891, carsta3819902, carlutt4791}@hotmail.com^{1 2 3}

{lisbethluna1989}@gmail.com⁴

<https://orcid.org/0000-0002-0979-5335>¹

<https://orcid.org/0000-0002-5657-1449>²

<https://orcid.org/0000-0002-7853-1472>³

<https://orcid.org/0000-0002-5731-1438>⁴

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L^{1 2 3}, Universidad Técnica de Cotopaxi³ e Instituto Superior Tecnológico Siete de Octubre ^{1 2 4}

Recibido (29/10/19), Aceptado (06/11/19)

Resumen: En la investigación se pretende establecer los parámetros de activación y control de inyectores Diesel para riel común CRDI para efectuar un diagnóstico eficiente de los inyectores con energía electrónica mediante la comparación de los inyectores de marca denso y Delphi. La metodología para el desarrollo de la investigación se basa en el enfoque experimental, la deducción, la síntesis, la inducción, el análisis, lo experimental, y la comparación de resultados para el desarrollo de la investigación. El experimento se lleva a cabo buscando demostrar un sistema de inyección electrónico es más eficiente que el de combustible en la mejora de la eficiencia en el sistema de inyección de los carros.

Palabras Clave: Inyector, CRDI, Denso, Delphi.

ACTIVATION AND CONTROL OF DIESEL INJECTORS CRDI OF TRADEMARKS DENSO AND DELPHI

Abstract: The research aims to establish the activation and control parameters of Diesel injectors for CRDI common rail to efficiently diagnose injectors with electronic energy by comparing dense brand injectors and Delphin. The methodology for research development is based on the experimental approach, deduction, synthesis, induction, analysis, experimental, and comparison of results for research development. The experiment is carried out looking to demonstrate an electronic injection system is more efficient than that of fuel in improving efficiency in the car injection system.

Keywords: Injector, CRDI, Denso, Delphi.

I.INTRODUCCIÓN

Los sistemas de inyección directa diésel a diferencia de los sistemas convencionales, no poseen bombas de inyección lineal o rotativa, que proporciona carburante a alta presión hacia los inyectores. La generación de presión y el control de inyección son independientes, la computadora central ECU controla la cantidad y el calado de inyección con un alto grado de precisión, es incluso posible múltiples inyecciones en una sola carrera de inyección, con ello garantiza una presión de inyección estable a cualquier régimen del motor [1] [2] [3].

Los principales fabricantes de los sistemas son: Bosch, Siemens, Delphi, Denso los cuales presentan diferencias considerables al momento de regulación de presión y la cantidad de flujo que pasa a ser comprimido en la parte de alta presión, estructura de regulación, retorno y el sistema de control y activación de inyectores common rail direct injection CRDI [4]. La alta presión en el rail está presente en la válvula reguladora de presión [5], el objetivo es controlar la presión en el raíl, y permite disminuir la presión en el circuito de alta presión descargando el diésel, también controla de manera precisa los picos de oscilaciones de presión y limitando la presión en caso de que el sistema esté en sobrepresión en el rail [6].

La activación tiene lugar a través de la unidad de control, mediante el caudal de combustible que sale se modifica la presión del rail, y desviado fluye a través del conducto de retorno al depósito, en estado sin corriente está cerrada la válvula reguladora de presión [6].

Para abrir la válvula electromagnética debe incrementarse primero la corriente, con un flanco definido aproximadamente 20 A, para conseguir una reducida tolerancia y una elevada capacidad de reproducción de caudal de inyección. Esto se consigue mediante una tensión de refuerzo de hasta 60V. Se genera en la unidad de control y se almacena en un acumulador de tensión de refuerzo la corriente aumenta con más rapidez aplicando una alta tensión en la válvula electromagnética [2] [3].

La PCM vuelve a la alimentación de la batería y mantiene los 20 A de suministro con esto evita el sobrecalentamiento por potencia eléctrica, la PCM mantiene el voltaje de 12V, pero reduce la corriente sobre el solenoide aproximadamente a 12 A, con esta reducción de corriente se libera energía la cual es enviada al condensador y almacenada [4].

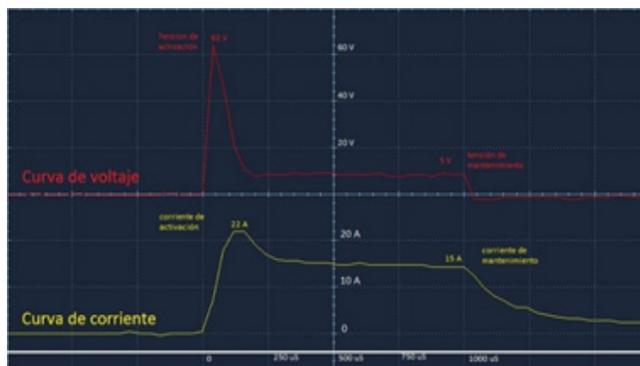


Figura 1. Fase de activación de corriente y voltaje.

En la fase de corriente inicial de arranque, la batería suministra la tensión a la válvula electromagnética, esto contribuye a una apertura rápida, la corriente inicial de arranque se limita con una regulación de corriente aproximadamente 22 A, En la fase de mantenimiento se reduce la corriente a 15 A para disminuir la potencia perdida en la unidad de control y en el inyector, al reducir la corriente inicial de arranque hasta la corriente de mantenimiento, se libera energía, esta es conducida hacia el acumulador de tensión de refuerzo [2] [3]. El módulo de control PCM corta toda la corriente al solenoide en ese momento toda la energía liberada va al condensador para una fase de recarga eso quiere decir que entre cada inyector existe un período en el cual se sigue cargando el condensador, esto ayuda a mantenerlo cargado para el siguiente ciclo [1] [5].

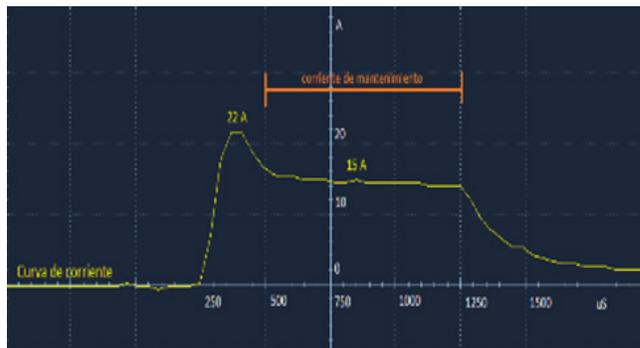


Figura 2. Corriente inicial y de mantenimiento.

La recarga se efectúa mediante un convertidor de refuerzo integrado en la unidad de control, la energía consumida en la fase de apertura se recarga al comienzo de la fase de retención, esto dura hasta que alcanza el potencial de energía original que es necesario para la apertura de la válvula electromagnética [2] [3].

La activación del inyector se realiza mediante la unidad de control electrónico se prescribe una tensión de activación inicial, la aplicación de la corriente se efectúa

en forma de impulsos hasta alcanzar una divergencia mínima entre la tensión de referencia y la tensión de regulación mediante la multiplicación hidráulica, la carrera del actor genera un incremento de la presión en el acoplador hasta que se elimina la igualdad de fuerzas en la válvula de mando y se abre la válvula [2] [3].

Tan pronto como la válvula de mando alcanza su posición final, comienza a descender la presión en la cámara de control a través de la aguja y se efectúa la inyección.

II. DESAROLLO

Inyector inductivo Denso
 Número de serie: 6520 10H0044
 Vehículo: Hino dutro
 Resistencia: 0,4 Ohmios
 Escala osciloscopio: Pinza amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.

Ángulo de disparo

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{h}{r}\right) \quad (1)$$

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{8}{40}\right) = 11,31^\circ$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{\theta + y}{r}\right) - \arctan\left(\frac{y}{r}\right) \quad (2)$$

$$\gamma_T \quad \beta = 19,92^\circ - 10,62^\circ$$

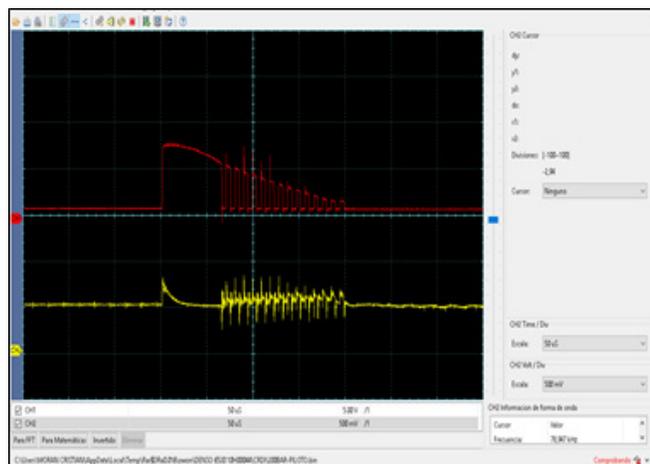


Figura 3. Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función pilot.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 68V y la curva amarilla de corriente tiene una apertura de la inyección de 20A, a un tiempo de inyección de 0,2 ms con un tiempo de cierre de 124,8 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

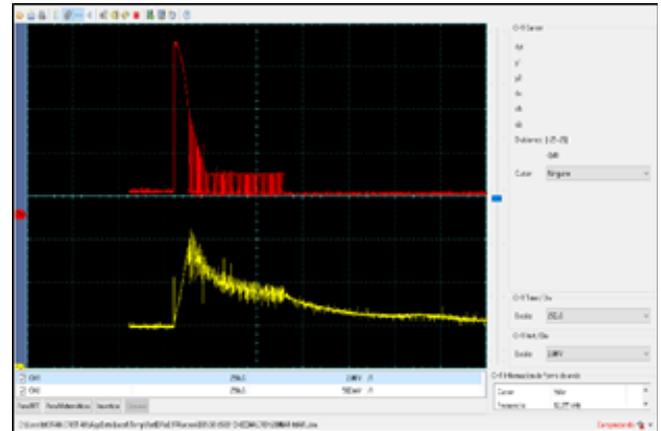


Figura 4. Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función main.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 68V y un voltaje de mantenimiento de 5V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 20A a un tiempo de inyección de 0,65 ms con un tiempo de cierre de 124,35 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

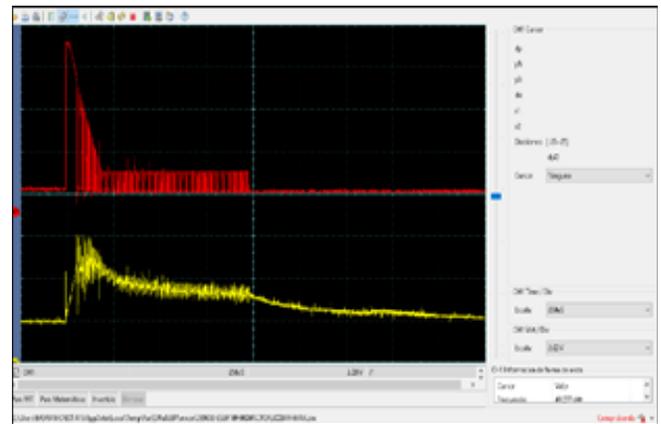


Figura 5. Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función máx.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 68V y un voltaje de mantenimiento de 5V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 20^a a un tiempo de inyección de 0,8 ms con un tiempo de cierre de 124,2ms, el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

Inyector inductivo Delphi

Número de serie: VQ5CB56B99
 Vehículo: Renault
 Resistencia: 0,5 Ohmios
 Escala osciloscopio: Pinza amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.

Ángulo de disparo

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{h}{r}\right) \quad (3)$$

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right) = 9.23^\circ$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{\theta + y}{r}\right) - \arctan\left(\frac{y}{r}\right) \quad (4)$$

$$\gamma_T \quad \beta = 14,03^\circ - 4,29^\circ$$

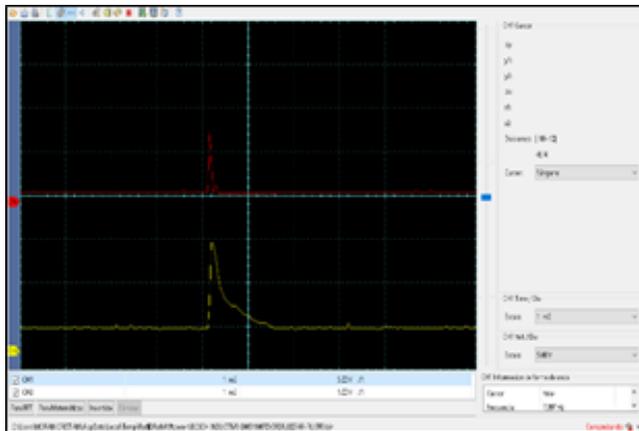


Figura 6. Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función pilot.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 12V y la curva amarilla de corriente tiene una apertura de la inyección de 20A, a un tiempo de inyección de 0,25 ms con un tiempo de cierre de 124,75 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

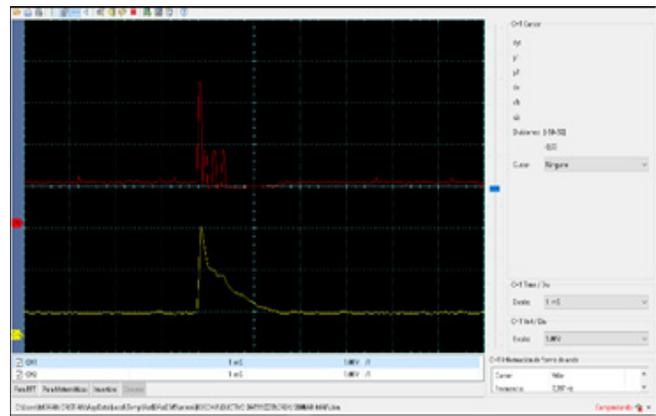


Figura 7. Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función main.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 12V y un voltaje de mantenimiento de 5V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 20A a un tiempo de inyección de 0,65 ms con un tiempo de cierre de 124,35 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

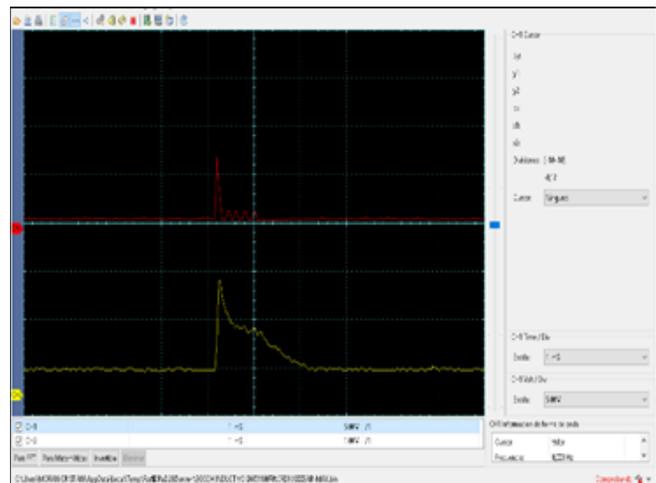


Figura 8. Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función máx.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 12V y un voltaje de mantenimiento de 5V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 20A a un tiempo de inyección de 1 ms con un tiempo de cierre de 124 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

III.METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo de la investigación, se basa en el enfoque experimental; a través de

equipos de diagnóstico especializado para establecer valores de tiempos de apertura y cierre del inyector, gráficas en el osciloscopio de las curvas de inyección y con los parámetros establecidos de las variables de investigación, se utiliza procedimientos con mayor o menor énfasis, al momento de su desarrollo los métodos que se aplican son la deducción, la síntesis, la inducción, el análisis, lo experimental, y la comparación de resultados para el desarrollo de la investigación. El conjunto de procesos y procedimientos lógicos para resolver el planteamiento del problema, con criterio estandarizado para enriquecer el conocimiento técnico que nos permite descubrir nuevos elementos o analizar resultados obtenidos y tabularlos mediante pruebas de aplicación, este proceso es organizado y garantiza la producción de conocimiento o de alternativas de solución viables [8].

En el diseño hidráulico para encender el circuito de baja presión necesitamos activar la electrobomba que se encuentra dentro del depósito de combustible, pasando por un filtro de partículas, y se observa que la presión esta tarada en 1 bar, abriendo la válvula de alivio del circuito de baja. Para la activación del circuito de baja presión necesitamos un switch, en cual abre el circuito de 12 V DC que poseemos en la fuente de poder. Para activar el circuito de la alta presión, necesitamos activar el motor trifásico a través de un segundo switch que se encuentra en el tablero, el motor eléctrico mueve la bomba de alta presión, generando altas presiones lo controlamos con la válvula manual de aguja y observamos la presión del sistema a través del manómetro.

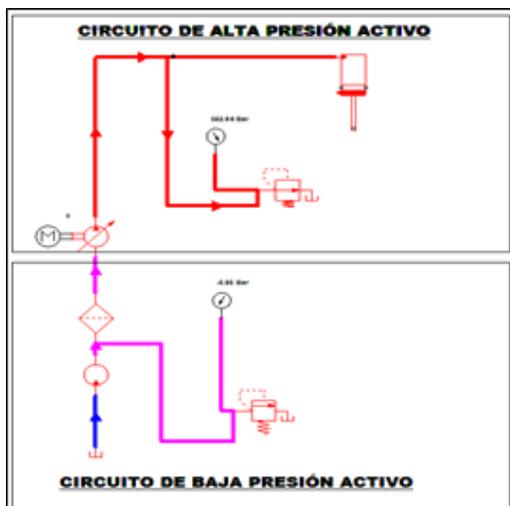


Figura 9. Circuito de baja presión en Automation Studio.

En el diseño mecánico se construyó a base de teorías de cargas mecánicas para la selección de la estructura metálica, de acuerdo a la disposición de los elementos

que lo constituyen, previo al montaje del sistema hidráulico, se realizó el diseño en sistema CAD con el software Inventor, para simular las cargas de flexión y puntos de ruptura.

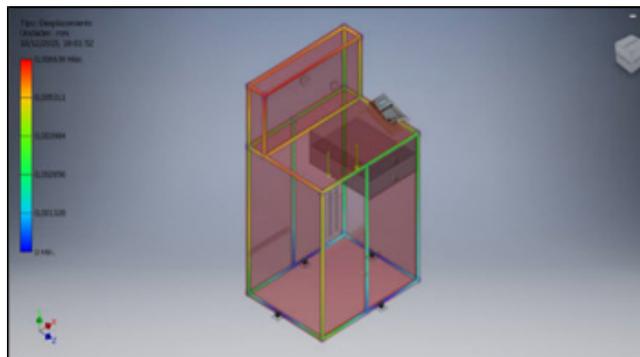


Figura 10. Análisis de fuerzas aplicadas en puntos críticos con un peso extremo.

El diseño cumple con los requerimientos de funcionalidad y seguridad para la aplicación del banco de pruebas de inyectores CRDI, se realizó cálculos para el correcto funcionamiento para determinar y seleccionar los materiales a utilizarse, para que este no esté expuesto a ningún tipo de deformaciones, sea resistente y seguro.

En el diseño electrónico dispone de un módulo de control que posee capacitores que almacenan 110uf, 12V, los tiempos de activación de las bobinas electromagnéticas van de 0.1 ms a 1 ms, las cargas de los capacitores ocurren en el tiempo de cierre que oscila entre 114 ms a 99 ms. El diseño se realizó en el programa Livewire, para simular el funcionamiento electrónico de cada uno de los componentes para activar los inyectores inductivos Bosch.

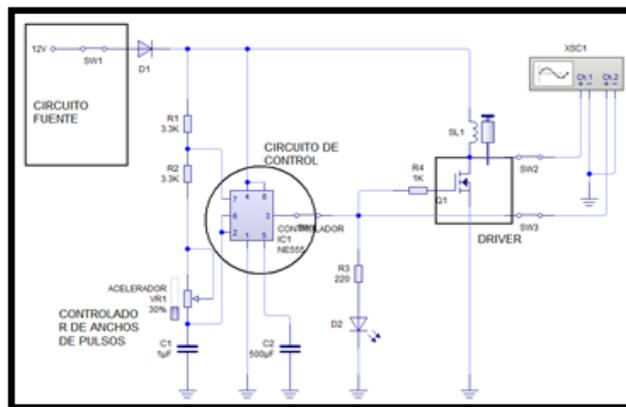


Figura 11. Diseño de la placa de control de inyectores inductivos.

El banco de pruebas presenta dos partes fundamentales para el diagnóstico de inyectores CRDI, la parte de generación de presión y la activación de inyectores diésel common rail, para la generación de presión, el banco dispone de una bomba HP3 Denso, la cual genera hasta 1000 bares y se puede visualizar en un manómetro

de alta presión, también se puede regular el sistema de 0 a 1000 bar con una válvula reguladora manual para distintas pruebas de presión y para la activación de los inyectores se utiliza una placa de control de anchos de pulsos.

IV. RESULTADOS

Tabla I. Análisis de los tiempos de activación y cierre del inyector inductivo Denso.

PRESIÓN (bar)	CAUDAL INYECCIÓN (ml)	CAUDAL RETORNO (ml)	Ta (ms)	Ti (ms)	Tr (ms)	Tc (ms)	V (v)
200	1	3	0,2	0,065	0,135	124,8	65
700	8	7	0,2	0,065	0,135	124,8	56
1000	11	9	0,2	0,065	0,135	124,8	67
200	1,5	3,5	0,6	0,08	0,52	124,4	55
700	17	8	0,6	0,08	0,52	124,4	66
1000	21	10	0,6	0,076	0,524	124,4	24
200	2,5	3	0,98	0,06	0,92	124,02	60
700	24	9	0,98	0,06	0,92	124,02	66
1000	27	11	0,98	0,06	0,92	124,02	63
200	3	6	0,15	0,065	0,085	124,85	66
700	8	7	0,15	0,065	0,085	124,85	67
1000	13	10	0,15	0,065	0,085	124,85	67
200	1	3	0,8	0,04	0,76	124,2	66
700	20	9	0,8	0,04	0,76	124,2	57
1000	23	10	0,8	0,04	0,76	124,2	65
200	7	5	1,5	0,065	1,435	123,5	64
700	29	10	1,5	0,065	1,435	123,5	65
1000	36	16	1,5	0,065	1,435	123,5	63

En la tabla I muestra el tiempo de apertura oscila entre los 0.15 y 1,5 milisegundos con voltajes de 50 V y corrientes de 20 A son parámetros característicos para activar los inyectores Denso se realizó pruebas a (200, 700, 1000) bares de presión.

Se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo máx. con 11 ml a 1000 bares a comparación de 1000 bares modo main que tiene un retorno de 10 ml, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 3 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

Se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo máx. con 11 ml a 1000 bares a comparación de 1000 bares modo main que tiene un retorno de 10 ml, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 3 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

Se puede observar en la tabla 1 que los tiempos de cierre son de 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 27 ml a 1000 bares con 1 ms de apertura.

Tabla II. Análisis de los tiempos de activación y cierre del inyector inductivo Delphi.

PRESIÓN A PRUEBA (bar)	CAUDAL INYECCIÓN (ml)	CAUDAL RETORNO (ml)	Ta (ms)	Ti (ms)	Tr (ms)	Tc (ms)	v (v)
200	0	2	0,22	0,08	0,14	124,78	12
700	3	7	0,2	0,08	0,12	124,8	11
1000	5	8	0,21	0,08	0,13	124,79	11
200	1	3	0,61	0,08	0,53	124,39	12
700	10	6	0,61	0,08	0,53	124,39	12
1000	12	10	0,65	0,08	0,57	124,35	12
200	2	4	1	0,08	0,92	124	11
700	12	6	1	0,08	0,92	124	12
1000	16	10	0,95	0,08	0,87	124,05	12
200	1	2	0,2	0,08	0,12	124,8	12
700	3	5	0,18	0,08	0,1	124,82	11
1000	6	12	0,2	0,08	0,12	124,8	11
200	2	3	0,81	0,08	0,73	124,19	12
700	11	6	0,75	0,08	0,67	124,25	12
1000	13	9	0,8	0,08	0,72	124,2	12
200	4	5	1,5	0,08	1,42	123,5	12
700	15	9	1,6	0,08	1,52	123,4	11
1000	20	11	1,6	0,08	1,52	123,4	12

En la tabla II se muestra el tiempo de apertura oscila entre los 0.15 y 1,5 milisegundos con voltajes de 12 V y corrientes de 20 A son parámetros característicos para activar los inyectores Delphi se realizó pruebas a (200, 700, 1000) bares de presión.

Los tiempos de cierre son de 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,16 a 1) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba.

Se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo máx. con 10 ml a 1000 bares y es igual al retorno a 1000 bares de 10 ml en función main, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 2 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

Se puede observar en la tabla 2 que los tiempos de cierre son de 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección

es 16 ml a 1000 bares con 1 ms de apertura.

Los inyectores fueron probados arrojando en el análisis una variación de la presión establecida con la presión de prueba por el efecto de apertura de la válvula del inyector donde el manómetro de alta no mantuvo constante la presión de trabajo en el acumulador de alta, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba de régimen de giro a distintas presiones de trabajo y un ciclo de trabajo del 10% al 30% con caudales de inyección y retorno variables, los valores se tabuló en una tabla por cada prueba que se realizó, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 2-3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg con revoluciones de motor de 3000 rpm para este ejemplo.

III. Análisis de los tiempos de activación y cierre del inyector inductivo Delphi a varios regímenes de giro del motor.

Tabla III. se muestra los diferentes valores de funcionamiento y prueba sometido a los inyectores en donde se aprecia datos para el análisis de confiabilidad y porcentaje de error.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Periodo	Frecuencia	RPM	Cycle Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	12	6	9,74	16	11	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
200	150	23	8	9,74	15	11	7	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
200	150	28	10	9,74	14	11	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
200	150	36	12	9,74	14	11	7,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
400	300	19	6	9,74	16	11	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
400	250	42	10	9,74	16	11	7	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
400	225	57	14	9,74	15	11	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
400	200	72	16	9,74	14	11	7,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
600	425	27	7	9,74	15	11	7 a 5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
600	325	42	8	9,74	14	11	7 a 4,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
600	300	56	11	9,74	14	11	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
600	250	63	14	9,74	14	11	7,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
800	550	31	10	9,74	16	11	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
800	450	45	11	9,74	15	11	7	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
800	400	55	12	9,74	14	11	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
800	350	63	16	9,74	14	11	7,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
1000	700	32	8	9,74	16	11	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
1000	500	51	11	9,74	16	11	7	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
1000	450	59	13	9,74	15	11	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
1000	400	71	16	9,74	14	11	7,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8

Las pruebas de banco y modelos matemáticos se estableció que el nivel de confianza es del 85 ±10%, ya que estas presiones se liberó por efecto propio de las aperturas de los inyectores según el porcentaje de ciclo duty programado en el módulo de control, la presión si libera más cuando el ciclo de trabajo es mayor, los anchos de pulso son visualizados por medio de un osciloscopio donde se aprecia la caída de voltaje por ende la caída de presión estableciendo un rango de confiabilidad.

Las prueba en modo CRDI para los inyectores inductivos se mantiene constante, con un tiempo promedio de cierre 124 ms establecidas en el funcionamiento del mismo en base a la programación de la ECU los anchos de pulso PWM no tienen variación en el funcionamiento a diferentes régimen de giro del motor, variando solamente los tiempos de activación y cierre de las válvulas del inyector manteniéndose así el periodo mas no el ancho de pulso, la modulación de PWM para cada inyector varia de 0,15 a 1,5 ms.

El voltaje para activar los inyectores Bosch y Denso esta entre 50 y 60 voltios con corrientes elevadas de 20 A, para el caso del inyector Delphi tiene un voltaje de activación de 12V y una corriente de 8 A corroborados en función del catálogo de cada uno de los inyectores realizados el mantenimiento.

Para converger este experimento se basó en función de tablas de calibración de los diferentes fabricantes de inyectores dejando así una base de datos necesarios por los técnicos en sistemas de inyección diésel tanto en valores de pruebas de funcionamiento y ondas obtenidas por osciloscopio.

V.CONCLUSIONES

La investigación tuvo la intervención de varios especialistas en laboratorios diésel, esto fue preciso para el diseño y construcción del proyecto de investigación para establecer los parámetros de activación y control de inyectores diésel para riel común CRDI para efectuar un diagnóstico eficiente de los inyectores con tecnología electrónica.

Se desarrolló pruebas de caudal, ángulos de pulverización, presión de inyección y pruebas retorno de sistemas CRDI formando una base de datos para graficar cuadros comparativos, de las características de funcionamiento de los inyectores.

Se observó que la prueba en modo CRDI del módulo de control electrónico el tiempo de cierre se mantiene en 124 ms lo que varía es la modulación de ancho de pulso entre 0,15 a 1,5ms, variando la frecuencia la cual hace las veces de las revoluciones del motor RPM, y así se observó que el voltaje para activar los inyectores Denso oscila entre 50 y 60 voltios con corrientes elevadas de 15 a 20 amperios, para el caso de inyectores piezoeléctricos los voltajes de activación oscilan entre 80 y 150 voltios. El voltaje para activar los inyectores inyector Delphi tiene un voltaje de activación de 12 voltios y una corriente de 8 amperios.

Los caudales de inyección y retorno son proporcionales a la presión de trabajo, el caudal de inyección debe ser mínimo, para reducir el consumo de combustible. El retorno en cada una de las pruebas es en una relación de 3 a 1 con proporción al caudal inyectado.

REFERENCIAS

- [1]Corporation, C.E., Inyectores Diesel Piezoeléctricos, 2015.
- [2]M. Kochanowski y e. al, Fuel injector, Google Patents, 2017.
- [3]A. Jha, I. Bose y E. Ngai, «Platform based innovation: The case of Bosch India,» International journal of production economics, vol. 171, pp. 250-265, 2016.
- [4]D. Corporation, «COMMON RAIL SYSTEM (CRS),» BOSCH worldwide, 2007. [En línea]. Available: br.bosch-automotive.com/en/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_sytems/diesel/crs_sistema_common_rail/crs_sistema_common_rail_1.html.
- [5]Daimlerchrysler, «Descripción del sistema Inyección Diesel Common-Rail CDI2 y CDI3,» 2004.
- [En línea]. Available: docshare04.docshare.tips/files/26062/260620793.pdf.
- [6]C. Fernando, Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel crdi para la escuela de ingeniería automotriz, Riobamba, 2013.
- [7]G. Passo y C. Morán Vega, Diseño y construcción del sistema de activación y control de inyectores diesel riel común CRDI, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz., 2016.
- [8]J. Díaz Quiñones, M. Valdés Gómez y A. Boullosa Torrecilla, «El trabajo interdisciplinario en la carrera de medicina: consideraciones teóricas y metodológicas,» Medisur, vol. 14, n° 2, pp. 213-223, 2016.